



Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

Programa de Pós-graduação em Agronomia

**MANEJO ALTERNATIVO DE SORGO GRANÍFERO PARA SAFRINHA
EM CONSÓRCIO COM SOJA SUPERPRECOCE**

FELIPE ALVES DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

Brasília/DF

Junho/2014



Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

Programa de Pós-graduação em Agronomia

**MANEJO ALTERNATIVO DE SORGO GRANÍFERO PARA SAFRINHA
EM CONSÓRCIO COM SOJA SUPERPRECOCE**

FELIPE ALVES DOS SANTOS

ORIENTADORA: Maria Lucrecia Gerosa Ramos

COORIENTADOR: Walter Quadros Ribeiro Júnior

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

Brasília/DF

Junho/2014



Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

Programa de Pós-graduação em Agronomia

MANEJO ALTERNATIVO DE SORGO GRANÍFERO PARA SAFRINHA EM CONSÓRCIO COM SOJA SUPERPRECOCE

FELIPE ALVES DOS SANTOS

**Dissertação de Mestrado em Agronomia submetido
à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
da Universidade de Brasília como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia.**

Aprovado por:

MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS, PhD. CPF: 002094438-12
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV- Universidade de Brasília)
(Orientadora)

EIYTI KATO, DSc. CPF: 143.483.571-53
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV- Universidade de Brasília)
(Examinador interno)

ARMINDA MOREIRA DE CARVALHO, DSc. CPF: 409.440.034-11
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa dos Cerrados)

Brasília/DF

Junho/2014

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, Felipe Alves dos

Manejo alternativo de sorgo granífero para safrinha em consórcio com soja superprecoce / Felipe Alves dos Santos; Orientação: Maria Lucrecia Gerosa Ramos; Coorientação: Walter Quadros Ribeiro Júnior – Brasília, 2014. 90f.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

1. MANEJO DO SOLO. 2. CARBONO ORGÂNICO DO SOLO. 3. NITROGÊNIO TOTAL DO SOLO. 4. PRODUTIVIDADE.

I. Ramos, M.L.G. II. Ph.D.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, F. A. dos. Manejo alternativo de sorgo granífero para safrinha em consórcio com soja superprecoce. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. 90f.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Felipe Alves dos Santos

TÍTULO: Manejo alternativo de sorgo granífero para safrinha em consórcio com soja superprecoce.

GRAU: Mestre

ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias dessa dissertação de mestrado para único e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

**Felipe Alves dos Santos
CPF: 021.068.821-14
dosantos_felipe@hotmail.com**

Dedico,

Aos meus pais Ariovaldo e Marluce.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Maria Lucrécia Gerosa Ramos e Walter Quadros Ribeiro Júnior, pelo apoio e atenção ao longo do desenvolvimento do trabalho.

À EMBRAPA Cerrados, por ter possibilitado a execução desse projeto.

Aos pesquisadores da EMBRAPA Cerrados, Arminda Carvalho, Lourival Vilela, e Karina que auxiliaram na execução desse projeto.

Ao Leonardo Pasini, Kleberson Worsley, Neurivan, Luciano, José Reis, Beto, Geraldo e Pernambuco, pela grande ajuda fornecida na execução do trabalho.

A todos do Laboratório de Bioquímica dos Solos da Universidade de Brasília, especialmente Dejene, Marcos, Sávio, Neto, por toda ajuda na obtenção desses resultados.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio, carinho e atenção.

À Juliane Calaça por toda ajuda concedida na execução desse trabalho e por toda força, atenção e carinho que me proporcionou ao longo do nosso namoro e na execução desse trabalho.

Ao Reubert e à Vanessa pela grande ajuda fornecida.

À Capes, pela bolsa de estudos.

A todas as pessoas que de alguma forma auxiliaram na execução e conclusão desse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIACÕES.....	12
MANEJO ALTERNATIVO DE SORGO GRANÍFERO PARA SAFRINHA EM CONSÓRCIO COM SOJA SUPERPRECOCE	14
RESUMO	14
MANAGEMENT ALTERNATIVE OF SORGHUM FOR OF-SEASON INTERCROPPED WITH SOYBEAN SUPERPRECOCIOUS.....	16
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO	18
OBJETIVOS.....	20
Objetivo geral:	20
Objetivos específicos:.....	20
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
Cerrado	21
Plantio direto.....	22
Soja	23
Soja superprecoce	24
Sorgo granífero	25
Consórcio soja – sorgo granífero.....	27
Uso de regulador de crescimento.....	28
Atributos do solo	29
Carbono no solo.....	29
Nitrogênio no solo	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
CAPITULO I	42
RESUMO	42
SOYBEAN AND SORGHUM PRODUCTIVITY IN MONOCULTURE AND INTERCROPPED.....	43

ABSTRACT	43
INTRODUÇÃO	44
MATERIAL E MÉTODOS	46
Localização e caracterização da área experimental	46
Delineamento experimental e tratamentos empregados	48
Instalação e condução dos experimentos	48
Análises de produtividade e peso de 1000 grãos	50
Análises de qualidade do grão	50
Análise estatística	50
RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
Produtividade da soja	50
Produtividade de grão do sorgo granífero	51
Peso de mil grãos do sorgo granífero	53
Nutrientes no grão	55
CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPITULO II	64
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NOS SISTEMAS EM CONSÓRCIO E EM MONOCULTIVO DE SOJA E SORGO GRANÍFERO	64
RESUMO	64
ABSTRACT	65
INTRODUÇÃO	66
MATERIAL E MÉTODOS	68
Localização e caracterização da área experimental	68
Delineamento experimental e tratamentos empregados	70
Instalação e condução dos experimentos	71
Análises do solo	72
Coleta de solo	72
Carbono orgânico	73
Nitrogênio total	73
Nitrato e amônio	74

Análise estatística	75
Resultados e discussão	75
Nitrogênio total do solo	75
Amônio	77
Nitrato	79
Carbono orgânico do solo.....	80
CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS	89

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I.

Figura 1. Precipitações pluviométricas acumuladas e temperatura média mensal durante a safra 2012/2013. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.....46

Figura 2. Média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas. Dados coletados na estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.....47

Capítulo II.

Figura 1. Precipitações pluviométricas acumuladas e temperatura média mensal durante a safra 2012/2013. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.....68

Figura 2. Média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas. Dados coletados na estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.....69

Anexos

Figura 1. Área dessecada antes do plantio da soja superprecoce.....89

Figura 2. Plantio manual do sorgo granífero em safrinha.....89

Figura 3. Comparação entre as plantas de sorgo em sistema solteiro (esquerda) e em consórcio (direita).....90

Figura 4. Plantas de sorgo granífero na entrelinha da soja superprecoce.....90

LISTA DE TABELAS

Capítulo I.

Tabela 1. Análise química do solo realizada anteriormente à implantação do experimento.....47

Tabela 2. Produtividade da soja ($t\ ha^{-1}$) em sistema solteiro e em consórcio com o sorgo granífero.....51

Tabela 3. Produtividade do sorgo granífero ($t\ ha^{-1}$) em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.....52

Tabela 4. Peso de mil grãos do sorgo granífero (gramas) em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.....55

Tabela 5. Teor de macronutrientes nos grãos de sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.....57

Tabela 6. Teor de proteína bruta nos grãos de sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.....58

Tabela 7. Teor de micronutrientes nos grãos de sorgo granífero ($mg\ kg^{-1}$) em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.....58

Capítulo II.

Tabela 1. Análise química do solo realizada anteriormente à implantação do experimento.....70

Tabela 2. Teor de nitrogênio total ($g\ N\ kg^{-1}$ solo) no solo em diferentes profundidades, cultivado com soja e sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio e sorgo em safrinha.....76

Tabela 3. Teor de amônio no solo ($mg\ N\ kg^{-1}$) em diferentes profundidades, cultivado com soja e sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio e sorgo em safrinha.....78

Tabela 4. Teor de nitrato no solo ($mg\ N\ kg^{-1}$) em diferentes profundidades, cultivado com soja e sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio e sorgo em safrinha.....79

Tabela 5. Teor de carbono orgânico no solo ($g\ C\ kg^{-1}$) em diferentes profundidades, cultivado com soja e sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio e sorgo em safrinha.....81

LISTA DE ABREVIACOES

kg – Kilograma

mg - Miligrama

ha – Hectare

C – Carbono

CO₂ – Dióxido de carbono

CH₄ - Metano

N – Nitrogênio

N₂ - Nitrogênio gasoso

N₂O - Óxido nitroso

MS – Matéria seca

t – Tonelada

mm – Milímetros

ml - mililitro

N total – Nitrogênio total do solo

C org – Carbono orgânico

NO₃⁻ - Nitrato

NH₄⁺ - Amônio

NO₂⁻ Nitrito

ILP – Integração lavoura - pecuária

MOS – Matéria orgânica do solo

TFSA – Terra fina seca ao ar

KCl - cloreto de potássio

MANEJO ALTERNATIVO DE SORGO GRANÍFERO PARA SAFRINHA EM CONSÓRCIO COM SOJA SUPERPRECOCE

RESUMO

O consórcio entre gramíneas e leguminosas têm se mostrado uma alternativa interessante ao monocultivo. Os objetivos desse trabalho foram avaliar a viabilidade da produção de soja superprecoce por meio do consórcio com o sorgo granífero, com ou sem redutor de crescimento, bem como avaliar o efeito dos sistemas produtivos no carbono e nitrogênio do solo. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina/DF, na safra 2012/2013. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso. O experimento foi fundamentado no plantio da soja, cultivar superprecoce BRS 7580, e posteriormente na semeadura de sorgo granífero, BRS 332, nas entrelinhas da soja. Os tratamentos utilizados foram: soja com redutor de crescimento; soja sem redutor de crescimento; soja + sorgo granífero com redutor de crescimento; soja + sorgo granífero sem redutor de crescimento; sorgo granífero solteiro; sorgo granífero em safrinha. Foram coletadas amostras de solo nas seguintes profundidades: 0 – 5, 5 - 10, 10 – 20, 20 – 40, 40 – 60 cm. Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para a produtividade dos grãos de soja nos diferentes tratamentos, não foi observada diferença estatística significativa. Com relação ao sorgo, o sistema solteiro apresentou a maior produtividade de grãos, o sorgo em consórcio, com ou sem redutor, exibiram valores intermediários e o sorgo em safrinha mostrou-se menos produtivo. O sorgo em safrinha também apresentou menores valores para o peso de mil grãos. Foram observados valores de proteína bruta e cálcio nos grãos de sorgo em safrinha superiores aos demais tratamentos e para o fósforo, potássio e magnésio este tratamento apresentou menores teores que os demais. O nitrogênio total do solo apresentou distribuição estratificada entre as camadas para todos os tratamentos, com valores mais elevados nas camadas superficiais do solo, sendo que nestas camadas o solo sob Cerrado apresentou os maiores valores, não ocorrendo tal distinção para as demais camadas. Para o teor de amônio no solo, a camada 0-5 cm apresentou maiores índices que a camada 40-60 cm. Não foi observado teor de nitrato no solo sob Cerrado nativo, sendo este atributo encontrado em níveis mais elevados no sistema soja solteira para diferentes camadas. De

maneira geral, o solo sob Cerrado nativo apresentou maiores teores de carbono orgânico em todas as camadas, não ocorrendo diferença estatística significativa entre os sistemas de produção de sorgo.

Palavras-chave: manejo do solo, carbono orgânico do solo, nitrogênio total do solo, produtividade.

MANAGEMENT ALTERNATIVE OF SORGHUM FOR OF-SEASON INTERCROPPED WITH SOYBEAN SUPERPRECOCIOUS

ABSTRACT

The consortium between grasses and legumes has been shown to be an interesting alternative to monoculture. The objectives of this study were to verify the feasibility of producing soybeans superprecoce through the consortium with sorghum, with or without growth reducer, as well as the effect of production systems in soil carbon and nitrogen. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Cerrados, Planaltina / DF in the 2012/2013 season. The experimental design was randomized blocks. The experiment was based on the planting of soybean cultivar BRS superprecocious 7580, and later sowing sorghum, BRS 332, between the lines of soybean. The treatments were: soybean with growth reducer; soybean without growth reducer; soybean + sorghum with growth reducer; soybean + sorghum without growth reducer; sorghum; sorghum in the second crop (off-season). Soil samples were collected at the following depths: 0 - 5, 5-10, 10 - 20, 20 - 40 and 40 - 60 cm. Data were analyzed by the statistical program Sisvar and the comparison of means was performed by Tukey test at 5% probability. For the soybean yield in different treatments, no statistically significant difference was observed. With respect to sorghum, single system had the highest grain yield, grain sorghum intercropped with or without growth reducer and sorghum exhibited intermediate values and this crop in off-season was less productive. Sorghum in off-season also had lower values for grain weight. The values of crude protein and calcium were higher in sorghum grains in off-season, on the other hand, this treatment had lower values of phosphorus, potassium and magnesium. The total soil nitrogen showed stratified distribution between depths for all treatments, with higher values in the upper soil layers, and these layers the soil under Cerrado showed the highest values, such a distinction does not occur for the other layers. For the ammonium content in the soil, the depth 0-5 cm had higher amount than the 40-60 cm depth. No nitrate was observed in the soil under native Cerrado, this attribute is found in higher levels in the system for different single layers soybeans. In general, the soil under native Cerrado presented higher concentrations of organic carbon at all depths, with no statistical significant differences between the systems of production of sorghum.

Key words: Soil management, soil organic carbon, soil organic nitrogen, yield.

INTRODUÇÃO

A área do Cerrado é de aproximadamente 204 milhões de hectares, destacando-se como uma região de grande importância agrícola (SANO et al., 2008). O clima da região é marcado por uma estação chuvosa nos meses de primavera e verão, com precipitação média anual variando de 1200 a 1800 mm, e uma estação seca, correspondentes aos meses de outono e inverno (ADÁMOLI et al., 1986).

No período de abril a setembro, quando os índices pluviométricos reduzem bastante, a estação seca pode variar de 3 a 5 meses, o que inviabiliza ou aumenta de maneira significativa o risco da produção da segunda safra em locais da região em que a estação seca é mais prolongada. Dessa forma, a variação climática representa a principal limitação ambiental no bioma Cerrado (ADÁMOLI et al., 1986).

Existem no mercado brasileiro cultivares de soja com diferentes ciclos. Recentemente, a Embrapa desenvolveu a cultivar superprecoce BRS 7580, com ciclo médio de 110 dias, para a região central do Brasil (EMBRAPA, 2011).

No Cerrado, frequentemente a soja é plantada em novembro, colhendo-se aproximadamente em março, época em que é realizado o plantio da segunda safra. A adoção da soja superprecoce, com ciclo menor que o das variedades atuais, permite o plantio antecipado de gramíneas, como o sorgo, com maior chance de sucesso por meio do consórcio, o que pode viabilizar ou mesmo potencializar a produção da segunda safra pelo melhor aproveitamento das chuvas.

Os sistemas agrícolas de produção devem buscar manter a qualidade do solo, já que é dele que as plantas retiram nutrientes e água. Nas operações agrícolas que envolvem a mobilização ocorrem alterações substanciais na estrutura dos solos, transformando as condições da rizosfera, com frequente degradação da qualidade do solo (REICHERT et al, 2003). Nesse contexto, a introdução da semeadura direta, com utilização do consórcio entre plantas pode contribuir para melhorar a qualidade do solo.

A maioria dos conceitos propostos na atualidade definem qualidade do solo como a habilidade deste atuar dentro dos limites do ecossistema e relacionar-se de modo positivo com o meio ambiente (LARSON e PIERCE, 1994), com vista a manter a produtividade vegetal e animal. Ao contrário de outros conceitos, não há regulamentações como forma de aferir a qualidade do solo (KARLEN et al., 1997) e devido sua heterogeneidade e dinâmica, esta não pode ser avaliada diretamente, podendo ser estimada pelo uso de indicadores e utilizados para o monitoramento de alterações no ambiente (ARAÚJO et al., 2012), sendo esses indicadores os próprios atributos do solo (FIALHO, et al., 2006).

Vários indicadores têm sido empregados para aferir a qualidade do solo e a escolha deste depende da finalidade a que se propõe o uso do solo. A adoção de indicadores, associados à sua funcionalidade, é uma maneira útil de mensurar a qualidade do solo. Nesse contexto, as características de funcionalidade devem estar relacionadas, entre outros, àquelas exercidas pela pedosfera no sistema solo-planta, como a ciclagem de nutrientes e a regulação de trocas gasosas entre a atmosfera (KARLEN e STOTT, 1994). Alterações no teor carbono e o nitrogênio do solo estão relacionados à ciclagem de nutrientes e na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal (ARAÚJO et al., 2012).

No consórcio entre soja e gramíneas, a adoção de herbicida em subdosagem tem se mostrado uma prática viável (SILVA et al., 2004). Ele é adotado com a finalidade de diminuir o crescimento da gramínea a fim de evitar competição entre as culturas. Porém, a demanda por sistemas de produção menos prejudiciais ao meio ambiente pressiona a substituição do herbicida por produtos de menor impacto. O redutor de crescimento é uma alternativa potencial, mas que ainda necessita de estudos a respeito das alterações nos componentes de produções para diferentes sistemas de produção das culturas.

Os objetivos desse trabalho foram avaliar a viabilidade da produção de soja superprecoce por meio do consórcio com o sorgo granífero, com ou sem o uso do redutor de crescimento, bem como avaliar os efeitos dos sistemas produtivos no carbono e nitrogênio total e mineral do solo.

OBJETIVOS

Objetivo geral:

Os objetivos desse trabalho foram avaliar a viabilidade da produção de soja superprecoce por meio do consórcio com o sorgo granífero, com ou sem o uso do redutor de crescimento, bem como avaliar os efeitos dos sistemas produtivos no carbono e nitrogênio total e mineral do solo.

Objetivos específicos:

1. Avaliar a possibilidade de produzir soja superprecoce e sorgo, em sistema solteiro e em consórcio;
2. Avaliar a viabilidade de uso de redutor de crescimento na produção de sorgo, em consórcio com a cultura da soja superprecoce.
3. Avaliar os efeitos dos sistemas de cultivo sobre os teores de macro e micronutrientes nos grãos de sorgo granífero.
4. Avaliar o efeito dos sistemas produtivos no carbono e nitrogênio do solo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, depois da Amazônia. Além de apresentar uma vasta biodiversidade, o Cerrado também se destaca como uma região de grande importância no cenário agrícola (SANO et al., 2008). O clima da região é definido como tropical sazonal, com uma estação chuvosa, que se concentra na primavera e verão, e outra estação seca (RESCK et al., 2008). A precipitação média anual varia entre 1200 e 1800 mm, e as temperaturas médias do ar ficam entre 22 e 27 °C (ADÁMOLI et al., 1986).

Os solos predominantes no Cerrado são: Argissolo, Cambissolo, Gleissolo, Latossolo e Luvisolo (EMBRAPA, 2005). Os Latossolos ocupam 46% da área e apresentam boa qualidade física, mas possuem limitações quanto ao fornecimento de nutrientes para as plantas (GOEDERT et al., 2008). Os latossolos são, em geral, de baixa fertilidade natural, e com elevados teores de alumínio trocável, porém profundos e bem estruturados (ADÁMOLI et al., 1986). A introdução dos latossolos ao processo agrícola foi ocasionada, principalmente, pelo esforço em pesquisas e a geração de tecnologias, como a adubação e a correção do pH do solo, além do lançamento de cultivares adaptadas à região (LOPES, 2012).

Até o ano de 2008, o bioma Cerrado já havia perdido aproximadamente 48% da área original, estimada em 204 milhões de hectares. Entre os anos de 1930 e 1945, no governo de Getúlio Vargas, tiveram início as políticas de desenvolvimento agrícola para a região, por meio do fornecimento de subsídios aos produtores interessados (KLINK e MACHADO, 2005). Existem hoje projeções que apontam a expansão agrícola nessa região, com consequente aumento da pressão sobre o Cerrado. Todavia, esse desenvolvimento pode trazer alguns aspectos negativos caso o solo não seja bem manejado. Entre essas consequências destacam-se a redução no teor de matéria orgânica, compactação e erosão do solo (HERNANI et al., 1999).

Plantio direto

O preparo do solo por métodos da agricultura convencional, com uso excessivo de implementos agrícolas, que somado à retirada da cobertura vegetal estão relacionados com o processo erosivo (DERPSCH et al., 1991). Estas práticas agrícolas podem ocasionar a degradação do solo e perda da sua capacidade produtiva. A adoção de formas de manejo mais sustentáveis, como o sistema de plantio direto, ocasiona menor grau de perturbação, se comparado ao preparo convencional (BARTZ e BROWN, 2011).

O plantio direto é definido como um sistema de plantio em que ocorre o revolvimento do solo somente na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas antecedentes na superfície do solo (DERPSCH et al., 1991). Esse sistema é baseado em três princípios: mínimo preparo do solo; rotação de culturas; e cobertura permanente do solo (BARTZ e BROWN, 2011). Esses resíduos têm papel importante no sistema, pois previnem a erosão pela redução do impacto das gotas de chuva, além de promover a preservação da umidade e dos nutrientes no solo, e também controlam plantas daninhas (ROMAN e DIDONET, 1990).

Estudos sobre plantio direto se iniciaram na Inglaterra na década de 40, mas foi nos Estados Unidos onde a tecnologia se difundiu mais rapidamente, com vários agricultores realizando testes a nível de fazenda na década de 60 (FIDELIS et al., 2003; LANDERS, 2005).

No Brasil, a introdução desse sistema ocorreu no final dos anos de 1960, com uma área experimental no Sul do país. Contudo, a adoção deste sistema por agricultores brasileiros só ocorreu em 1972, em Rolândia-PR (BORGES, 1993). Apesar de o sistema ser adotado comercialmente desde a década de 70, foi nos anos 90 que ocorreu o maior crescimento, saltando de uma área plantada de aproximadamente 1 milhão de hectares (ha) no início para mais de 14 milhões de hectares ao final da década. Atualmente, a área cultivada sob plantio direto no país já ultrapassa a marca dos 30 milhões hectares, atingindo mais de 50 % da área cultivada com grãos (FEBRAPD, 2012).

A utilização do sistema de plantio direto no Brasil só se tornou possível após avanços tecnológicos no setor agrícola como a introdução de herbicidas apropriados, que permitem o controle adequado das plantas daninhas antes e depois do plantio, e após a fabricação de

semeadeiras com capacidade de cortar a camada de restos vegetais na superfície do solo (DERPSCH et al., 1991).

A utilização da cultura do sorgo ao sistema de plantio direto é interessante, visto que essa planta é capaz de produzir palhada de elevada qualidade, a qual pode proporcionar proteção do solo contra a erosão, elevar a quantidade de matéria orgânica disponível e melhorar capacidade de retenção de água no solo. Além disso, apresenta um sistema radicular capaz de ciclar os nutrientes nas diferentes camadas do solo, característica importante àqueles sistemas que adotam mais de uma cultura (RODRIGUES, 2010).

Soja

A soja, *Glycine max* (L.) Merr., é uma herbácea anual, pertencente à família Fabaceae. O ciclo da planta pode ser alterado em decorrência da variedade e das condições ambientais, variando, em geral, entre 80 a 200 dias (SEDIYAMA et al., 1993). Acredita-se que a planta tenha origem na Ásia Central, onde foi domesticada pelos chineses há aproximadamente 5 mil anos. É um alimento rico em proteínas e o grão de soja é um dos mais importantes alimentos da humanidade. Foi inserida no ocidente a cerca de 300 anos, onde foi utilizada primeiramente como adubo verde. Com uso diversificado, a planta adquiriu maior importância econômica, sendo utilizada hoje na produção de óleo vegetal, ração animal, na indústria alimentícia, entre outros (HASSE e BUENO, 1996).

O primeiro plantio de soja no país foi realizado em 1882 na Bahia. Entretanto, foi no Rio Grande do Sul que o grão de soja apareceu, em 1941, pela primeira vez na estatística agrícola de um estado da federação. Somente no início da década de 60 a soja chega ao Centro-Oeste, graças ao trabalho de produtores vindos de outras regiões, especialmente do sul do país (HASSE e BUENO, 1996). Somente a partir da década de 70 que a cultura da soja teve uma evolução significativa entre os estados produtores. Avanços na pesquisa e lançamento de cultivares adaptadas a condições distintas concedeu ao país o status de segundo maior produtor mundial do grão, atrás somente dos Estados Unidos. A produção de soja no país tem crescido em função não somente do melhoramento genético, mas também pela adoção de práticas de manejo mais adequadas às condições do país (BORÉM, 1999).

Estima-se que no Brasil a área plantada na safra 2012/2013 tenha sido de 53,34 milhões de hectares, o que representa um aumento de 4,8 % em relação à safra 2011/2012. Para a cultura da soja o aumento da área cultivada entre as respectivas safras foi de 10%, alcançando a marca de 27,72 milhões de hectares, com produtividade média de 2.937 kg ha⁻¹ (CONAB, 2013).

O comprimento do dia influencia o processo de indução floral da soja, e esse fenômeno é denominado fotoperiodismo (GARNER e ALLARD, 1920). A soja é uma planta de dias curtos (noites longas), florescendo somente quando períodos mais curtos de luz estão associados a períodos mais longos de escuro (HAMNER e BONNER, 1938), e por isso no início seu cultivo dominava em regiões acima de 30^o de latitude (HARTWIG, 1973). O período entre a emergência e o florescimento da soja pode ser dividido em três diferentes fases: pré-indutiva, indutiva e pós-indutiva. Na primeira fase, a planta não é influenciada pelo fotoperíodo, sendo este fenômeno conhecido como período juvenil. Somente na fase indutiva, a planta é afetada pelo fotoperíodo e na pós-indutiva novamente é indiferente ao fotoperíodo (BORÉM, A. 1999).

Cultivares de clima temperado, quando cultivadas em regiões de clima tropical, podem sofrer encurtamento do ciclo, diminuição no porte da planta e redução na produção de grãos (HARTWIG e KIIHL, 1979). A época de semeadura é outro fator que também exerce influência na duração do fotoperíodo da planta (URBEN FILHO e SOUZA, 1993).

O melhoramento possibilitou a expansão do cultivo dessa cultura para baixas latitudes, como no caso do Cerrado, por meio da introdução do período juvenil longo em cultivares produtivas que eram adaptadas ao sul do Brasil (ALMEIDA et al., 1982).

Soja superprecoce

A introdução de variedades superprecoces, como a BRS 7580, com redução do ciclo em aproximadamente em 30% em relação à soja precoce pode permitir uma segunda safra antes do início do período seco na região do Cerrado. Além disso, permite a antecipação da colheita e obtenção de melhores preços do produto no Mercado (EMBRAPA, 2011).

A cultivar da soja BRS 7580 apresenta as seguintes características: bom potencial produtivo; precocidade; crescimento determinado e ciclo médio de 100 a 117 dias; apresenta resistência às principais doenças da cultura (EMBRAPA, 2011).

Apesar das características desejáveis, são escassos os trabalhos sobre soja superprecoce e são necessárias pesquisas sobre seu desempenho agrônomo em diferentes sistemas de cultivo.

Sorgo granífero

O sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) é uma planta originária da África que, possivelmente, foi introduzido no Brasil pelo Nordeste, por meio dos escravos africanos que trabalhavam na atividade açucareira (RIBAS, 2003). Atualmente é o quinto cereal mais plantado no mundo, atrás do trigo, arroz, milho e da cevada (MAY et al., 2011).

O sorgo proporciona grande utilidade, podendo ser utilizado na alimentação humana ou animal, como volumosos ou na composição de rações (MAGALHÃES et al., 2000). O cultivo de sorgo se destina principalmente à produção de ração. O milho, principal produto utilizado na alimentação animal no país, tem se valorizado, principalmente pela crescente expectativa de exportação do produto. Nesse cenário, o sorgo se desponta como o principal grão alternativo ao milho (RODRIGUES, 2010).

A agroindústria de carnes tem se expandido, e com isso tem aumentado à busca por matérias primas de menor custo para alimentação de plantéis de aves, suínos e bovinos. O cultivo do sorgo tem se tornado interessante para a oferta de matéria-prima de qualidade e de baixo custo para produção de ração animal. Esse cereal se destaca ainda por apresentar liquidez para o produtor (RODRIGUES, 2010).

A coincidência na época de plantio do sorgo no Sul e Sudeste do país com as principais culturas de verão, ou seja, milho e soja, dificultou a expansão desta cultura durante muitos anos. Com o desenvolvimento agrícola na região dos Cerrados nas últimas décadas, tornou-se imprescindível a busca por uma cultura para realização de um segundo cultivo com características desejáveis, como rusticidade e pouca exigência em nutrientes, afim de otimizar os

recursos da propriedade agrícola. A partir daí o sorgo passou a ser plantado no sistema de sucessão (RODRIGUES, 2010).

Segundo estimativas da CONAB (2013), a área plantada na safra 2012/2013 com a cultura no Brasil foi de 801,7 mil hectares, com uma produtividade média de 2.621 kg ha⁻¹, alcançando a produção de 2.101,5 toneladas.

O sorgo granífero é caracterizado por plantas de porte baixo (até 1,60m), adaptadas à colheita mecânica (RIBAS, 2003). Possui sistema radicular desenvolvido (ALVARENGA, 1994), é resistente à seca, e possui a capacidade de se desenvolver em solos com baixa fertilidade. Além disso, é uma planta C4 e, portanto, possui alta taxa fotossintética (MAGALHÃES et al., 2000). Por apresentar essas características, o sorgo tem se destacado como uma boa opção para a produção de grãos em situações que o déficit hídrico e a baixa fertilidade do solo oferecerem maiores riscos para outros cultivos (MAGALHÃES et al., 2000; RODRIGUES, 2010). Esses aspectos conferem ao sorgo vantagem competitiva em relação às outras culturas, tornando-se uma espécie bastante utilizada pelos produtores na safrinha (ZAGO, 1991). Segundo Resende et al. (2009), mais de 90% do sorgo produzido no país é cultivado na segunda safra, com o aproveitamento das últimas chuvas e do adubo residual da cultura anterior.

A produtividade do sorgo está relacionada com diversos fatores, sendo que a radiação solar, a precipitação, a disponibilidade de água no solo, e a temperatura do ar são aqueles que exercem maior influência na sua produtividade (RODRIGUES, 2010).

Apesar do sorgo ser uma cultura de clima quente, com mecanismos eficientes de tolerância à seca, existem variedades adaptadas às mais diferentes condições climáticas, inclusive a locais de baixa temperatura (RODRIGUES, 2010), apesar da maior parte dos materiais genéticos utilizados comercialmente necessitarem de temperaturas superiores a 21 °C para um bom desenvolvimento (PAUL, 1990).

A tolerância do sorgo ao estresse hídrico é devido às suas características xerofíticas, que o mantém dormente durante o período de seca (LANDAU e SANS, 2009). Embora seja uma planta resistente ao déficit de água, a produtividade do sorgo pode ser reduzida consideravelmente caso seja submetida a estresse severo, o que afeta de maneira diferenciada de

acordo com o estágio fenológico da planta e da duração do mesmo (RODRIGUES, 2010). Nesse sentido, o plantio de sorgo no verão e em consórcio, ou logo após a colheita da soja superprecoce, pode ser uma alternativa interessante para a região do Cerrado, pois duas culturas podem ser plantadas com um maior aproveitamento das chuvas pela gramínea.

O sorgo é uma planta resistente a diversas condições de solo (DOGGETT, 1970), podendo ser cultivado em solos que variam de argilosos a ligeiramente arenosos, não tolerando solos mal drenados. Apesar de crescer melhor que outros cereais em solos arenosos e de baixa fertilidade, responde de maneira mais satisfatória em solos bem preparados (RODRIGUES, 2010).

O potencial de produção dessa cultura ultrapassa 7,0 toneladas/hectare em plantios de sucessão. Entretanto, a produtividade média alcançada nas lavouras do Brasil está em torno de 2,4 toneladas/hectare, tendo em vista as condições em que o sorgo é cultivado (RODRIGUES, 2010).

Consórcio soja – sorgo granífero

O monocultivo tende a favorecer a degradação física, química e biológica do solo, reduzindo a produtividade das culturas. Ademais, a monocultura proporciona condições mais propícias ao aparecimento de pragas e doenças (EMBRAPA, 2003). O cultivo isolado de leguminosas favorece a incidência de doenças. O sorgo, por se tratar de uma Poacea, não hospeda alguns desses patógenos e pode se tornar uma alternativa interessante para o consórcio com a soja (REUNIÃO..., 2005).

No monocultivo da soja, a rápida decomposição de seus resíduos favorece a perda de nitrogênio pela lixiviação ou volatilização (HERNANI e FEDATTO, 2001). No Cerrado, soma-se ainda a exposição do solo à radiação solar, principalmente durante o inverno seco, que reduz o teor de matéria orgânica no solo, com impactos negativos nas propriedades do solo. Nesse aspecto, a proteção do solo por meio da cobertura vegetal, proporcionado pela adoção de diferentes espécies, torna-se prática relevante à exploração agrícola nesse ambiente (SPEHAR, 2008). Além disso, a soja produz biomassa de rápida decomposição, proporcionando pouca

quantidade de resíduos, sendo nesse caso, a adoção de espécies com elevada relação C/N, como o sorgo, prática útil para o sucesso da atividade (SPEHAR, 2004; SPEHAR e TRECENTI, 2011).

Outros efeitos positivos advindos da adoção do consórcio entre gramíneas e leguminosas é o favorecimento da agregação e estruturação do solo, e a produção de resíduos com relação C/N intermediária, que propicia a mineralização gradual do nitrogênio e promove o acúmulo de carbono no solo (HERNANI e FEDATTO, 2001). Em trabalho realizado com aveia, sob sistema de plantio direto, Floss (2000) observou que a palhada produzida pela gramínea é capaz de fornecer nutrientes, a médio e longo prazo, às culturas sucessoras.

Ainda que o consórcio seja uma prática bastante utilizada nas propriedades, há a necessidade de complementação entre as espécies para que o resultado da adoção de mais de uma cultura seja positivo em relação ao monocultivo (CORTE et al., 2003). Ao realizarem experimento em casa-de-vegetação, Bresan et al. (1998) constataram que o consórcio entre a soja e sorgo proporcionou aumento de 58% na matéria seca do sorgo em relação ao monocultivo. Em relação à concentração de fósforo nas plantas consorciadas, houve redução de 80% para o sorgo e 42% para a soja, revelando uma possível transferência desse nutriente do sorgo para a soja.

Uso de regulador de crescimento

O desenvolvimento vegetativo é regulado, basicamente, por cinco grupos de hormônios: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico (TAIZ; ZEIGER, 2004). Os reguladores de crescimento são compostos orgânicos sintetizados exogenamente e, quando aplicadas nas plantas, mesmo em pequenas quantidades, podem alterar o processo fisiológico destas, assim como os hormônios vegetais (CASTRO e VIERA, 2001; LEITE, et al., 2003).

Uma diferença entre hormônios vegetais e reguladores de crescimento é que aqueles são substâncias naturais produzidas pela planta, enquanto estes são compostos sintéticos que provocam reações similares aos hormônios vegetais (HARTMANN et al., 1988). Os reguladores, entre outras finalidades, podem reduzir o crescimento vegetal indesejável, por meio do

retardamento da alongação e divisão celular (RADEMACHER, 2000) e podem, desta forma, ser uma alternativa ao uso de herbicidas no consórcio entre culturas.

Os reguladores apresentam efeito sobre o metabolismo das plantas e causam respostas fisiológicas nas mesmas (SALISBURY e ROSS, 1994). Aqueles que reduzem o porte da planta são, em geral, antagonistas da giberilina (RODRIGUES et al., 2003).

O etil-trinexapac é um composto, que após absorvido pela planta, passa a atuar seletivamente por meio da redução do nível de giberelina ativa. A giberilina é responsável pelo alongamento do caule, e desta forma, a redução nos níveis do hormônio induz a planta a uma inibição temporária ou redução na taxa de crescimento, sem afetar, entretanto, o processo de fotossíntese e (SYNGENTA, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2004). A dose e as condições ambientais são determinantes no retorno ao ritmo normal de crescimento das plantas (SYNGENTA, 2002).

Estudos têm demonstrado os efeitos no uso de reguladores de crescimento na cultura da soja (CAMPOS et al, 2010; CARVALHO et al., 2013). Porém, os efeitos dos reguladores vegetais na cultura da soja em consórcio são escassos, necessitando de mais estudos.

ATRIBUTOS DO SOLO

Carbono no solo

O carbono pode ser armazenado no solo de duas maneiras: na matéria orgânica ou na forma inorgânica como carbonatos no solo. Este se acumula especialmente em regiões áridas, não sendo expressivo para Oxissolos, solos profundos e bastante intemperizado, como os Latossolos (BRADY e WEIL, 2013). Desta forma, estudos sobre o carbono orgânico do solo, especialmente em regiões tropicais, são importantes para a avaliação da qualidade do solo.

Sabe-se que o solo é influenciado em diferentes aspectos pela matéria orgânica do solo (MOS). Os atributos e teores desta, consequência das taxas de produção, modificação e decomposição de resíduos orgânicos, são determinados por vários fatores, como temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes no solo, sendo alguns destes diretamente relacionados ao manejo dos solos (NASCIMENTO et al., 2010).

Por meio da fotossíntese, as plantas obtêm o elemento carbono a partir do dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, formando algumas moléculas orgânicas. Parte do carbono é perdido pela respiração das plantas, retornando à atmosfera na forma de CO_2 , e o restante é armazenado temporariamente pelo vegetal. Grande parte deste é adicionada ao solo como resíduo vegetal, constituindo-se a principal fonte de MOS, em outras palavras, a matéria orgânica do solo é uma complexa combinação de substâncias orgânicas, composta especialmente pelo elemento carbono (BRADY e WEIL, 2013).

A taxa de MOS é determinada pelo equilíbrio entre entrada e saída de carbono (BRADY e WEIL, 2013). Em solos não cultivados, sob vegetação nativa, há um equilíbrio entre entrada e saída de carbono no sistema, não ocorrendo variação considerável no teor de carbono orgânico ao longo do tempo (BAYER e MIELNICZUK, 2008). Entretanto, o constante revolvimento do solo, prática adotada no sistema convencional de cultivo, causa a fragmentação dos agregados, o que beneficia a exposição da MOS aos microrganismos decompositores, e isto resulta em maior emissão de gases do efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4), para a atmosfera (SCHUMAN et al., 2002; BRUCE et al., 1999; SIX et al., 1999).

As condições ambientais ideais para decomposição da MOS são temperaturas elevadas e umidade considerável no solo (BRADY e WEIL, 2013). Essas condições, associadas ao constante revolvimento do solo, favorecem a oxidação e conseqüente perda do carbono orgânico do solo para a atmosfera (CASTRO FILHO et al., 1991).

Há ultimamente grande preocupação em relação à emissão de gases do efeito estufa. Na atmosfera, ocorrem processos importantes para o clima terrestre como interação da radiação eletromagnética com gases e partículas que a compõem. Os gases que retêm pouca radiação solar, mas absorvem de maneira eficiente a radiação emitida pela superfície terrestre são denominados gases estufa. Acredita-se que essa interação pode resultar em um aquecimento adicional da superfície da Terra (XAVIER e KERR, 2004), apesar de não ser um consenso no meio científico. Segundo Brady e Weil (2013), os gases produzidos nos processos biológicos,

como aqueles que ocorrem no solo, são responsáveis por grande parte desse aquecimento adicional.

Práticas conservacionistas como o plantio direto podem reduzir as perdas de carbono. Isto ocorre porque a manutenção do resíduo vegetal na superfície do solo, limitando o revolvimento do solo apenas à linha de plantio, reduz a perda de carbono pela respiração dos microrganismos (BRADY e WEIL, 2013).

Existe no meio científico interesse cada vez maior na identificação de sistemas de manejo de culturas agrícolas que promovam a melhoria do estoque de carbono no solo (FREITAS et al., 2000). O conhecimento da dinâmica do carbono orgânico do solo pode fornecer importantes subsídios para avaliação da qualidade do solo.

Nitrogênio no solo

O nitrogênio é um elemento fundamental na composição de várias moléculas vitais das plantas, como proteínas e ácidos nucleicos (BRADY e WEIL, 2013). Ao contrário de outros nutrientes vegetais que são liberados pelo intemperismo das rochas, a fonte primária do nutriente é a atmosfera que contém 78% de nitrogênio gasoso (N_2). Entretanto, o nitrogênio não pode ser utilizado pelos vegetais até que seja combinado quimicamente com outros elementos como o hidrogênio, oxigênio ou carbono. Os principais mecanismos naturais capazes de transferir o nitrogênio atmosférico para o solo são os relâmpagos e a ação de certos microrganismos. (TROEH e THOMPSON, 2007). No primeiro caso, as descargas elétricas transformam o nitrogênio elementar em óxidos e posteriormente estes são convertidos em ácido nítrico, e pela atividade das águas das chuvas são levados ao solo, resultando em nitrato podendo ser utilizados pelas plantas. No segundo mecanismo, ocorre a fixação direta do nitrogênio atmosférico pelos microrganismos do solo (RAIJ, 1991). A atividade industrial também constitui uma importante fonte para a fixação do nitrogênio (ALCARDE, et al., 1998).

Aproximadamente 99% do nitrogênio combinado no solo estão contidos em moléculas complexas da matéria orgânica (TROEH e THOMPSON, 2007). O nitrogênio é o elemento de

maior demanda pelas plantas e apenas uma pequena parte do nitrogênio total do solo é encontrado nas formas minerais de nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+) e nitrito (NO_2^-). O nitrato e amônio são as formas aproveitáveis pelas plantas, já o nitrito é um ânion tóxico para as plantas encontrado em pequenas quantidades no solo, já que é rapidamente oxidado a nitrato (RAIJ, 1991).

Alguns microrganismos do solo são capazes de transformar os materiais orgânicos em íons inorgânicos simples tornando-os disponíveis para as plantas (TROEH e THOMPSON, 2007). Os microrganismos, num processo denominado mineralização, produzem as enzimas capazes de realizar essa reação que pode ocorrer dentro das células microbianas ou extracelularmente (BRADY e WEIL, 2013). Por outro lado, a imobilização é a retenção do nitrogênio pela biomassa microbiana do solo (MARQUES et al., 2000).

A mineralização e a imobilização do nitrogênio são processos simultâneos e a dinâmica desses está relacionada à quantidade do nutriente no solo. O balanço entre a mineralização e a imobilização é dependente de diversos fatores como: temperatura e umidade do solo; das características físicas e químicas do solo; e da relação entre carbono e nitrogênio material em decomposição (ANDERSEN, 1999; MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

A primeira etapa para decomposição de compostos orgânicos nitrogenados é a conversão destes a compostos aminados numa reação denominada aminização. Estes são convertidos em compostos de amônia (NH_3) e amônio (NH_4^+). Esta reação denomina-se amonificação. Ambas as reações são realizadas pela ação de bactérias heterotróficas. O amônio formado é passível de ser utilizado pelas plantas ou pode, pelo processo de oxidação, ser convertido em nitrito e posteriormente transformado em nitrato (nitrificação). Este processo é efetuado por bactérias autotróficas. A conversão de nitrato a nitrito é realizado por bactérias do gênero *Nitrosomonas*, já a transformação de nitrito a nitrato é efetuada por bactérias do gênero *Nitrobacter*. Os fertilizantes minerais são outra fonte de nitrogênio mineral ao solo (RAIJ, 1991).

O nitrogênio orgânico pode ser considerado um reservatório em que, por meio da mineralização, 2% a 5%, em média, se tornará disponível a cada ano (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), podendo alcançar até 50% em regiões tropicais (TROEH e THOMPSON, 2007). Sob vegetação natural, o teor de matéria orgânica em um solo encontra-se em equilíbrio. Via de

regra, com o cultivo ocorre redução no teor de matéria orgânica do solo. Isso ocorre pois, em geral, as adições de resíduos orgânicos aos sistemas de cultivo são inferiores às que ocorreriam sob vegetação natural (RAIJ, 1991). Dessa forma, é possível notar que a transformação das formas orgânicas do nitrogênio em formas inorgânicas podem resultar em perdas ou ganhos dentro do sistema.

Observa-se que o nitrogênio é um elemento relevante na dinâmica da matéria orgânica do solo, e de elevada importância para o sistema. Dentro desse processo de transformação do nitrogênio no solo fazem parte as reações de amonificação e nitrificação que podem ser influenciadas pelo uso e manejo do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

O consórcio no plantio direto proporciona às camadas superficiais do solo aumento no teor de matéria orgânica e, por conseguinte, elevação no teor de nutrientes mineralizados devido ao maior aporte de resíduos vegetais. Dessa forma, o manejo do solo pode modificar o teor de nitrogênio total do solo (COSER, 2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, W. J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF: **EMBRAPA-CPAC**, 1986. p.33-74.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Os Adubos e a Eficiência das Adubações, **Boletim Técnico 3**, 1998. 35p.

ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; SPEHAR, C.R.; VILLELA, L.; MONTEIRO, P.M.F.O.; ROLIM, R.B.; ARANTES, N.E.; MIRANDA, M.A.C.; SOUZA, P.I.M. Doko uma cultivar para o Brasil Central. In: Seminário nacional de pesquisa de soja, 2. **Anais**. Embrapa CNPSo, v.2, p.412-415, 1982.

ALVARENGA, M.C.V. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) em três momentos de corte e dois tamanhos de partículas, em carneiros. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Minas Gerais, 1994. 82p.

ANDERSEN, M.K. Short term N mineralization-immobilization turnover in soil after incorporation of green manures as a function of plant litter quality and soil temperature – A comparison of analytical models with the numerical model Fluaz. 1999, 73f. **Dissertation** (Master in Microbial Ecology)- University of Aarhus, Denmark.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

BARTZ, M.L.C. e BROWN, G.G. **As minhocas e o sistema direto na palha**, 2011. Disponível em <http://www.febrapdp.org.br/download/publicacoes/754platio_direto.pdf>. Acesso em 20/02/13.

BAYER, C. e MIELNICZUK, J. (2008) Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. e CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria**

orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais, 2^a ed. Porto Alegre, Editora Metrópole, p.7-18.

BORÉM, A. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento - **Encarte Especial. ESCAPE GÊNICO**, 1999.

BORGES, G.O. Resumo histórico do plantio direto no Brasil. In: Plantio direto no Brasil. **Embrapa-CNPT**, p.13-18, 1993.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman, 2013. 686p.

BRESAN, W.; SIQUEIRA, J.O.; VASCONCELLOS, C.A.; FRANCA, G.; PURCINO, A.A.C. Transferência de N entre sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) e soja (*Glycine max* L.) consorciados e inoculados com fungos micorrízicos. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, v. 22, 1998.

BRUCE, J.P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R. Carbon sequestration in soil. **J. Soil Water Conserv.**, v.54, p.382-389, 1999.

CAMPOS, M.F.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Arquitetura de plantas de soja e aplicação de reguladores vegetais. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.3, n.1, p.153-160, 2010.

CARVALHO, J.C.; VIECELLI, C.A.; ALMEIDA, D.K. Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, v.2, n.1, p.50-60, 2013.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p.

CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M.J.; CASÃO JÚNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil Tillage**, v.20, p.271-283, 1991.

COSER, T. R. Eficiência do uso de nitrogênio e propriedades do solo em milho sob sistemas de monocultura e consorciado com forrageiras. **Tese** (Doutorado em Agronomia), Universidade de Brasília, 2013. 133p.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2014.

CORTE, E.; REZENDE, P.M. de; ANDRADE, L.A. de B.; VON PINHO, R.G.; GOMES, L.L. Consórcio sorgo-soja. Sistemas de corte no rendimento forrageiro das culturas consorciadas. **Ciênc. Agrotec.**, v.27, n.3, p.681-688, 2003.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/GmbH, 1991. 268p.

DOGGETT, H. **Physiology and agronomy.** Sorghum. London: Longmans, p.180-211. 1970.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja superprecoce: alternativa para plantio em todas as épocas, 2011. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/unidade>>. Acesso em: 20/02/13.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental, Embrapa Cerrados, 2ª ed., 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Sistema de produção da soja, 1, 2003.

FEBRAPD. Federação brasileira de plantio direto, 2012. Disponível em <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em 20/02/13.

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA JUNIOR, J.M.T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p. 250-257, 2006.

FIDELIS, R.R.; ROCHA, R.N.C.; LEITE, U.T.; TANCREDI, F.D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Biosci. J.**, v.19, n.1, p.23-31, 2003.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.57, p.25-29, 2000.

FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.157-170, jan. 2000.

GARNER, W.W. e ALLARD, H.A. Effect of relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. **Journal of Agricultural Research**, Washington v.18, p.553-606, 1920.

GOEDERT, W.J.; WAGNER, E.; BARCELLOS, A.O. Savanas Tropicais: dimensão, histórico e perspectivas. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Embrapa Cerrados, cap.2, p.49-80, 2008.

HAMNER, K.C. e BONNER, J. Photoperiodism in relation to hormones as factors in floral initiation and development. **Botanical Gazette**, v.100, p.388-431, 1938.

HARTMANN, H.T.; KOFRANEL, A.M.; RUBATZKY, V.E.; FLOCKER, W.J. **Plant science: growth, development and utilization of cultivated plants**. 2 ed., 1988. 674p.

HARTWIG, E.E. Varietal development. Soybeans: improvement, production and uses. **Madison: American Society of Agronomy**, p.187-210, 1973.

HARTWIG, E.E.; KIIHL, R.A.S. Identification and utilization of a delayed flowering character in soybeans for short-day conditions. **Field Crops Research**, v. 2, p. 145-151, 1979.

HASSE, G.; BUENO, F. **O Brasil da soja: abrindo fronteiras, semeando cidades**, 1996. 256p.

HERNANI, L.C.; FEDATTO, E. Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado. Sustentabilidade, sim! Embrapa Agropecuária Oeste. **Documentos** 31, 2001. 122p.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA W.M. Sistema de manejo de solos e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.145-54, 1999.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, vol.61, n. 1, p.4-10, 1997.

KARLEN, D.L.; STOTT, D. A framework for evaluating physical and chemical indicators. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society American**, cap. 4, p.53-72, 1994.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, p.707-713, 2005.

LANDAU, E.C.; SANS, L.M.A. Clima. In: RODRIGUES, J.A.S. Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de produção 2**, 2009

LANDERS J.N. **Histórico, característica e benefícios do plantio direto**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior ABEAS Brasília, DF. Universidade de Brasília, 2005. 113p.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.G.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society American**, v.35 p.37-52, 1994.

LEITE, V.M.; ROSOLEM, C.A.; RODRIGUES, J.D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.537-541, 2003.

LOPES, A.A. de C. Interpretação de indicadores microbiológicos em função da matéria orgânica do solo e dos rendimentos de soja e milho. **Dissertação** de Mestrado, 2012. 96 p.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. **Circular técnica 3**, 2000.

MARQUES, T.C.L.L. de S. e M.; VASCONCELLOS, C.A.; PEREIRA FILHO, I.P.; FRANÇA, G.E. de; CRUZ, J.C. Envolvimento de dióxido de carbono e mineralização do nitrogênio em latossolo vermelho-escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.581-589, 2000.

MAY, A.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. de; RODRIGUES, J.A.S.; LANDAU, E.C.; PARRELLA, R.A. da C.; MASSAFERA, R. Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro na safra 2011/2012. Embrapa Milho e Sorgo, **Documentos**, 2011. 28p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

NASCIMENTO, P.C.; LANI, J.L.; MEDONÇA, E.S.; ZOFFOLI, H.J.O.; PEIXOTO, H.T.M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.339-348, 2010.

PAUL, C.L. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del sorgo. In: PAUL, C.L. *Agronomía del sorgo Patancheru*. **ICRISAT**, p.43-68, 1990.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.51, n.1, p.501-531, 2000.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.

RESCK, D.V.S.; FERREIRA, E.A.B.; FIGUEIREDO, C.C.; ZINN, Y.L. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. **Metrópole**, p.359-417, 2008.

RESENDE, A.V.; COELHO, A.M.; RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.C. dos. Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. **Circular técnica 119**, 2009. 8p.

Reunião da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, Londrina, Embrapa Soja, v.20, 2005. 315p.

RIBAS, P. M. Sorgo: introdução e importância. Embrapa Milho e Sorgo, **Documentos 26**, 2003. 16p.

RODRIGUES, J. A. S.; Sistema de produção do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de Produção 2**, 2010.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A.D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S.E. Redutores de crescimento. Embrapa Trigo, **Circular Técnica 14**, 2003.

ROMAN, E.S.; DIDONETE, A.D. Controle de plantas daninhas no plantio de trigo e soja. Embrapa Trigo, **Circular Técnica 2**, 1990. 32p.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia vegetal**. Cidade do México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 710p.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.153-156, 2008.

SCHUMAN, G.E.; JANZEN, H.H.; HERRICK, J.E. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environ. Poll.*, v.116, p.391-396, 2002.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja**. Viçosa: Imprensa Universitária, v.1, 1993. 96 p.

SILVA, A.C.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; PAIVA, T.W.B.; SEDIYAMA, C.S. Efeitos de doses reduzidas de fluazifop-p-butyl no consórcio entre soja e *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.429-435, 2004.

SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-till systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.63, p.1350-1358, 1999.

SPEHAR, C.R. Manejo cultural no Plantio Direto. **Curso de Plantio Direto**, v.11 n.3, 2004.

SPEHAR, C.R.; TRECENTI, R. Desempenho agronômico de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Biosci. J.**, v.27, n.1, p.102-111, 2011.

SPEHAR, C.R. Grain, fiber and fruit production in the Cerrado development. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L. de. **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Embrapa Cerrados, 2008. p.477-504.

SYNGENTA. Moddus, 2002. Disponível em: <http://www.syngenta.com/country/ie/en/Product_Guide/PGR/Pages/Moddus.aspx>. Acesso em: 28/03/2014.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P.I.M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: época, densidade e profundidade de semeadura. In: **Simpósio sobre cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.267-298.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TROEH, F.R., THOMPSON, L.M. **Solos e fertilidade do solo**. DOURADO NETO, D., DOURADO, M.N. 6.ed., 2007.

XAVIER, M.E.; KERR, A.S. A análise do efeito estufa em textos para-didáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.21, n.3, p.325-349, 2004.

ZAGO, C.P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS**, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.169-218, 1991.

CAPITULO I.

PRODUTIVIDADE DA SOJA E DO SORGO GRANÍFERO EM SISTEMA SOLTEIRO E EM CONSÓRCIO

RESUMO

Os objetivos desse trabalho foram avaliar a viabilidade da produção de soja superprecoce por meio do consórcio com o sorgo granífero, utilizando-se ou não o redutor de crescimento. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, na safra 2012/2013. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com sete repetições. O experimento consistiu no plantio da soja, cultivar superprecoce BRS 7580, e posteriormente na semeadura de sorgo granífero, BRS 332, nas entrelinhas da soja. Os tratamentos utilizados foram: soja com redutor de crescimento; soja sem redutor de crescimento; soja + sorgo granífero com redutor de crescimento; soja + sorgo granífero sem redutor de crescimento; sorgo granífero solteiro; sorgo granífero em safrinha. Foram avaliadas a produtividade de grãos da soja e de sorgo e o peso de mil grãos do sorgo, em sistema solteiro e em consórcio. Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Não foi observada diferença estatística significativa para a produtividade dos grãos de soja nos diferentes tratamentos. Com relação ao sorgo, o sistema solteiro apresentou a maior produtividade de grãos, o sorgo em consórcio, com ou sem redutor, exibiram valores intermediários e o sorgo em safrinha mostrou-se menos produtivo. O sorgo em safrinha também apresentou menores valores para o peso de mil grãos, não ocorrendo diferenças estatística significativa para os demais tratamentos com sorgo. Foram observados valores de proteína bruta e cálcio nos grãos de sorgo em safrinha superiores aos demais tratamentos e para o fósforo, potássio e magnésio este tratamento apresentou menores teores que os demais. Em geral, os teores de micronutrientes analisados não demonstraram diferença significativa entre os tratamentos.

Palavras-chave: *Glycine max*, produtividade, redutor de crescimento

SOYBEAN AND SORGHUM PRODUCTIVITY IN MONOCULTURE AND INTERCROPPED

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the feasibility of producing soybeans superprecoce through the consortium with sorghum, with or without growth reducer. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Cerrados, in 2012/2013 season. The experimental design was seven randomized blocks. The experiment consisted in planting soybean cultivar BRS superprecoce 7580, and later sowing sorghum, BRS 332, between the lines of soybean. The treatments were: soybean with growth reducer; soybean without growth reducer; soybean + sorghum with growth reducer; soybean + sorghum without growth reducer; sorghum; and sorghum as a second crop. Grain yield of soybean and sorghum and weight of thousand grain sorghum in sole and intercropping system were evaluated. Data were analyzed by the statistical program Sisvar and comparison of means was performed by Tukey test at 5% probability. No statistically significant difference in the productivity of soybean in different treatments was observed. With respect to sorghum, single system had the highest grain yield, grain sorghum intercropped with or without growth reducer and sorghum exhibited intermediate values in off-season was less productive. The second crop sorghum also had lower values for grain weight, no statistical significant differences for the other treatments with sorghum. The values of crude protein and calcium were higher in sorghum grains in off-season, on the other hand, this treatment had lower values of phosphorus, potassium and magnesium. In general, there was not difference among the treatments for micronutrients in the grains.

Key words: *Glycine max*, yield, growth reducer

INTRODUÇÃO

A soja é uma planta cultivada em diferentes regiões e o ciclo da soja pode ser alterado em decorrência da variedade e das condições ambientais, variando, em geral, entre 80 a 200 dias (SEDIYAMA et al., 1993). É lógico pensar que as variedades de ciclo mais longo passam mais tempo no campo e com isso elevam-se os riscos associados às condições climáticas. A adoção de variedades superprecoces, como a BRS 7580, com redução do ciclo em aproximadamente 30% em relação à soja precoce pode permitir uma segunda safra antes do início do período seco na região do Cerrado (EMBRAPA, 2011). Além disso, permite a antecipação da colheita favorecendo a adoção de um segundo cultivo, seja por sucessão ou consórcio, por meio do melhor aproveitamento da água das chuvas pelo cultivo secundário.

A soja tem demonstrado ser uma planta bastante adaptada ao plantio direto por alcançar valores elevados no mercado e pela eficiente fixação de nitrogênio por meio da associação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (KLUTHCOUSKI e STONE, 2003). No monocultivo da soja, a rápida decomposição de seus resíduos favorece a perda de nitrogênio pela lixiviação ou volatilização (HERNANI e FEDATTO, 2001). A produção de biomassa de rápida decomposição pela soja proporciona pouca quantidade de resíduos, sendo nesse caso, adoção de espécies com elevada relação C/N, como o sorgo, se torna prática interessante para o sistema produtivo (SPEHAR, 2004; SPEHAR e TRECENZI, 2011). No consórcio, a produção de resíduos com relação C/N intermediária, que propicia a mineralização paulatina do nitrogênio, promove o acúmulo de carbono no solo (HERNANI e FEDATTO, 2001). Dessa forma, o plantio do sorgo em consórcio com a soja superprecoce pode ser uma alternativa para reduzir os riscos associados ao cultivo isolado.

O sorgo, dentre outras finalidades, pode ser utilizado na alimentação humana ou animal (MAGALHÃES et al., 2000). Nesse contexto, os planos de alimentação devem assegurar alimentos em quantidade e qualidade para suprir o consumo de matéria seca, além de corrigir os desequilíbrios nutricionais, caso existentes (PAULINO, 2000).

O teor de determinado nutriente pode indicar o estado nutricional da planta, porque existe relação entre teor do nutriente e produtividade da cultura (BATAGLIA, 1991). Ferreira et al. (2001) observaram que a adubação nitrogenada aumentou a produtividade e o peso de mil grãos do milho, além de melhorar a qualidade dos grãos de milho em decorrência do aumento nos teores de proteína e dos nutrientes minerais.

A necessidade nutricional do sorgo é dependente da quantidade total de nutrientes absorvidos pela cultura (BULL e CANTARELLA, 1993). A maior exigência nutricional do sorgo se refere ao nitrogênio e ao potássio, seguidos dos outros macronutrientes cálcio, magnésio e fósforo (PITTA et al., 2001), sendo que o nitrogênio e o fósforo são quase totalmente exportados para o grão (FRIBOURG, et al., 1976).

Segundo estimativas da CONAB (2013), a produtividade média do sorgo foi 2.621 kg ha⁻¹. Esse valor está muito aquém daquela apresentada pelo seu potencial produtivo que segundo Rodrigues (2010) pode ser superior a 7,0 toneladas/hectare. Fato que pode ser atribuído à época de plantio, já que mais de 90% do sorgo produzido no país é cultivado na segunda safra, aproveitando as últimas chuvas e o adubo residual da cultura anterior (RESENDE et al., 2009).

O déficit hídrico no final do ciclo nesse cultivo pode ser prejudicial à planta. Apesar do sorgo ser considerado uma planta resistente à seca, a produtividade de grãos pode ser reduzida consideravelmente caso seja submetida a estresse severo, afetando de maneira diferenciada de acordo com a duração do mesmo e o estágio fenológico da planta (RODRIGUES, 2010). A fase entre a diferenciação da panícula à diferenciação da espiguetta é considerada crítica para a planta quando qualquer estresse pode ser prejudicial para a gramínea (MAGALHÃES et al., 2000). Nesse contexto, a adoção do consórcio entre a gramínea e a soja superprecoce permite o escape na época de plantio, trazendo vários benefícios como citados anteriormente, permitindo a obtenção de produtividade mais próxima ao seu potencial produtivo.

Apesar do consórcio entre culturas produtoras de grãos e forrageiras ser uma técnica difundida entre os produtores, são escassos os trabalhos sobre consórcio entre soja superprecoce e culturas graníferas, necessitando-se dessa forma, de trabalhos a respeito do desempenho em diferentes sistemas de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina/DF, localizada na BR 020, Km 18, cujas coordenadas geográficas de referência são 47°54'10''W e 15 °43'52''S. O clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso, com períodos de estiagem durante a época chuvosa. A precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 21°C (ADÁMOLI et al., 1986). Os dados climatológicos de temperatura e precipitação volumétrica referentes aos meses do experimento estão dispostos na Figura 1.

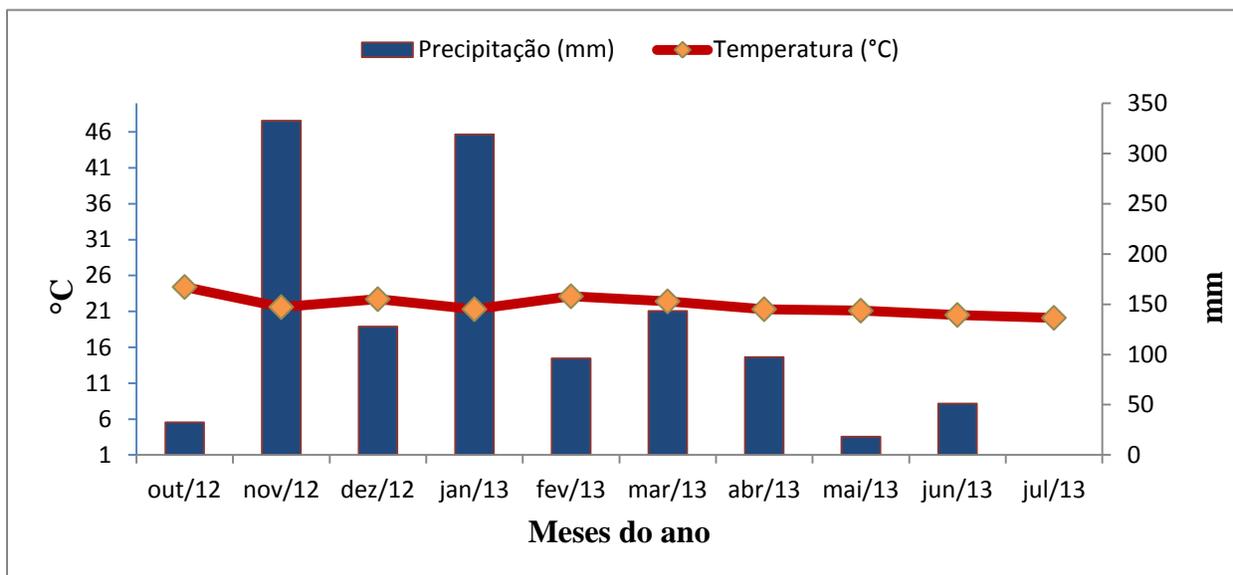


Figura 1. Precipitações pluviométricas acumuladas e temperatura média mensal durante a safra 2012/2013. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

Os dados referentes à média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas foram coletados na estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados encontram-se na figura 2.

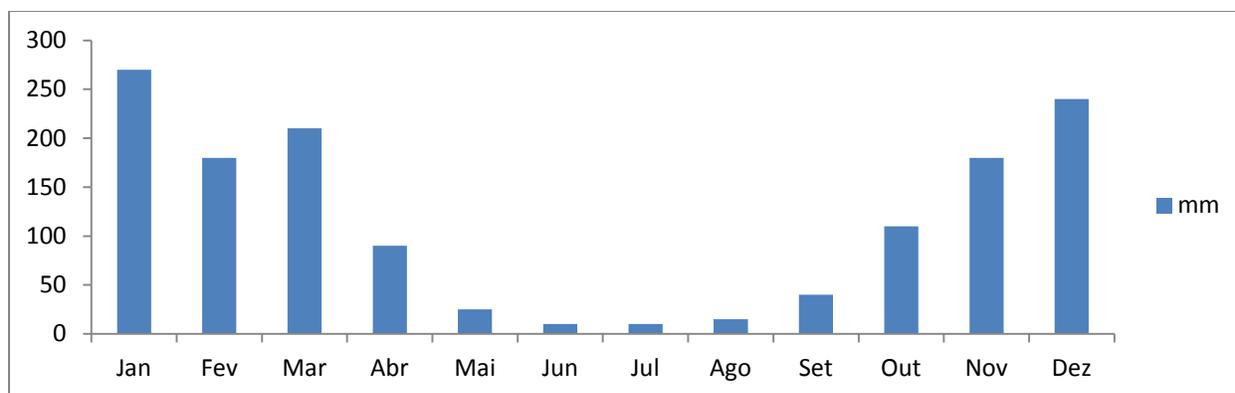


Figura 2. Média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas. Dados coletados na estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa. Antes da implantação do experimento foi realizada a análise química do solo da área (Tabela 1). A coleta de solo foi realizada em todos os blocos, na camada 0-20 cm, com o auxílio de um trado. Foram coletadas 10 amostras simples para constituir uma amostra composta. As análises foram feitas no Laboratório de Química Analítica de Solos da Embrapa Cerrados.

Os dados referentes à análise de solo realizada antes da implantação do experimento seguem na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo realizada anteriormente à implantação do experimento.

Característica ⁽¹⁾	Média
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,15
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,93
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,15
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,93
pH (H ₂ O)	5,50
P (mg dm ⁻³)	5,70
K (cmol _c dm ⁻³)	0,29
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	39,25

⁽¹⁾ Atributos avaliados segundo metodologia da Embrapa (1997).

Delineamento experimental e tratamentos empregados

O experimento consistiu no plantio de soja super precoce, e posteriormente no plantio de sorgo granífero nas entrelinhas da soja. O delineamento experimental é o de blocos ao acaso, com 7 repetições, sendo que os blocos foram instalados entre fileiras de árvores nativas. As plantas nativas utilizadas foram o angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*), o cedro (*Cedrela fissilis*), o guapuruvu (*Schizolobium parahybae*), o jequitibá (*Cariniana estrellensis*) e o mogno (*Swietenia macrophylla*). As espécies nativas encontravam-se espaçadas 12 metros entre fileiras e 4 metros entre plantas. As parcelas experimentais foram preparadas a uma distância de 1,5 metros das árvores.

Os tratamentos são os seguintes:

1. Soja com redutor de crescimento
2. Soja sem redutor de crescimento
3. Soja + sorgo granífero com redutor de crescimento
4. Soja + sorgo granífero sem redutor de crescimento
5. Sorgo granífero solteiro
6. Sorgo granífero em safrinha

Instalação e condução dos experimentos

Antes do plantio da soja, sorgo havia sido cultivado na área experimental, que foi dessecado, e sua palhada mantida na área. A análise química do solo, realizada anteriormente à implantação do experimento, é apresentada na tabela 1.

As parcelas de 3 x 4 metros foram demarcadas com o auxílio de estacas. No dia 21 de novembro de 2012 foi realizada a adubação em todas as parcelas, juntamente com o plantio mecanizado da soja. As sementes de soja, cultivar BRS 7580, possuíam valor cultural de 90%. Essa cultivar é pouco exigente em fertilidade do solo. Pertence ao grupo de maturidade relativa

7.5 (o que é esse número?). Possui tipo de crescimento determinado e ciclo médio de 100 a 117 dias (EMBRAPA, 2011). O espaçamento adotado foi de 0,5 metros entre fileiras com 20 plantas por metro linear. As sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se 1 kg de inoculante para 120 kg de sementes. Na adubação foram utilizados 420 kg ha⁻¹ de 0-20-20. No dia 12 de dezembro de 2012 as parcelas foram demarcadas.

No dia 03 de janeiro de 2013 foi aplicado 1,5 litros/hectare do herbicida sistêmico glifosato. Essa aplicação foi realizada em todas as parcelas com a finalidade de controlar as plantas daninhas. Nos dias 08 e 09 de janeiro de 2013 foi realizado o plantio manual do sorgo granífero. A semente de sorgo granífero utilizada foi a BRS 332, utilizando-se 15 sementes/metro, com fileira simples entre as linhas da soja. O híbrido simples BRS 332 é adaptado a diferentes condições de plantio. Possui porte baixo e ciclo médio, além de apresentar elevado potencial produtivo (EMBRAPA, 2009).

Nos dias 18 e 19 de janeiro foi feita a adubação das parcelas de sorgo, utilizando 300 kg ha⁻¹ de NPK 4-30-16 e 80 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura. No dia 7 de fevereiro foi feita a aplicação do redutor de crescimento trinexapac ethil nas parcelas com este tratamento, utilizando 500 ml ha⁻¹.

Nos dias 19, 20, 21 de março, foi realizada a colheita manual da soja. Apesar de se encontrar apta para colheita entre o final de fevereiro e início de março, a soja não foi colhida anteriormente devido a alguns problemas técnicos. Posteriormente, realizou-se a limpeza, secagem e pesagem dos grãos. Logo após a colheita da soja, na parcela onde se encontrava a soja solteira sem redutor, foi plantado sorgo granífero em sistema safrinha, procedendo-se adubação conforme realizado nos tratamentos sorgo solteiro e sorgo em consórcio.

Executou-se a coleta dos grãos, para análise de produtividade, com o auxílio de tesouras de poda para retirada da panícula da planta quando esses apresentavam-se em estágio farináceo duro. Dessa forma, no dia 06 de maio os grãos das parcelas solteiras de sorgo granífero foram colhidos. Nos dias 05 de junho e 24 de julho foi colhido o sorgo granífero em consórcio e em safrinha, respectivamente. Em seguida, os grãos foram trilhados, secos e pesados.

Análises de produtividade e peso de 1000 grãos

Com relação à cultura da soja, foi avaliada sua produtividade. Para a cultura do sorgo, além de avaliar a produtividade também foi avaliado o peso de 1000 grãos.

As análises de produtividade e peso de 1000 grãos são correspondentes às áreas centrais de cada parcela, eliminando-se as duas fileiras das extremidades das parcelas, para evitar o efeito de bordadura.

Os dados de produtividade foram obtidos pela pesagem dos grãos. O peso de 1000 grãos foi estimado por meio da contagem manual de 100 grãos e sua posterior pesagem em balança semianalítica. Posteriormente, o valor obtido na pesagem foi multiplicado por 10 para se obter o peso de 1000 grãos.

Análises de qualidade do grão

As análises de qualidade do grão foram realizadas no laboratório Micellium. O teor de proteína bruta foi obtido pela multiplicação do teor de nitrogênio nos grãos por 6,25.

Análise estatística

Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003) e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produtividade da soja

Com relação à produtividade da soja, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2), o que mostra que o plantio do sorgo 50 dias após o plantio da soja contribuiu para que a gramínea não exerça competição ao ponto de prejudicar a leguminosa. A soja plantada em sistema solteiro ou em consórcio obteve produtividades de grãos semelhantes, com variações entre 1,58 e 1,99 t ha⁻¹. Essa produtividade está abaixo da média nacional para a

safra 2012/2013 que foi de 2,94 t ha⁻¹, segundo estimativa da CONAB (2013). A precipitação nesse ano agrícola foi atípica para a região (Figura 1 e Figura 2), o que poderia explicar em parte a baixa produtividade da cultura.

Tabela 2. Produtividade da soja (t ha⁻¹) em sistema solteiro e em consórcio com o sorgo granífero.

Tratamento	Produtividade (t ha ⁻¹)
Soja solteira com redutor	1.58a ⁽¹⁾
Soja solteira sem redutor	1.72a
Soja + sorgo granífero com redutor	1.99a
Soja + sorgo granífero sem redutor	1.68a

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05). CV (%) = 19,06.

Kluthcouski et al. (2000) em experimentos realizados em Goiás e Mato Grosso, analisaram a produção da soja consorciada com braquiária. O cultivo das duas culturas foram realizados simultaneamente, o que reduziu em média 21% da produtividade da soja, mostrando que deve-se buscar alternativas quanto à data de plantio de gramíneas quando consorciado com a soja.

O uso do redutor de crescimento na cultura da soja também não influenciou na produtividade da cultura, no sistema em consórcio ou nos tratamentos de soja solteira. Isso é um indício que a dose única utilizada não foi suficiente para causar alterações nos componentes de produção.

Produtividade de grão do sorgo granífero

Houve diferença significativa na produtividade do sorgo entre os diferentes tratamentos com sorgo (Tabela 3). O sorgo solteiro, plantado 50 dias após o plantio da soja, apresentou a maior produtividade (3,35 t ha⁻¹). Esse resultado corrobora com aqueles encontrados por GOES

et al. (2011) que obtiveram produtividades entre 3,01 e 3,36 t ha⁻¹. Esse sistema foi utilizado apenas como referência, já que não é muito usual entre os produtores o cultivo desta cultura como primeira safra. Geralmente o sorgo é plantado como segunda safra, principalmente quando a época é inadequada para o plantio de outras culturas mais exigentes (COELHO et al., 2002).

Tabela 3. Produtividade do sorgo granífero (t ha⁻¹) em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.

Tratamento	Produtividade (t ha ⁻¹)
Sorgo granífero solteiro	3,35a ⁽¹⁾
Soja + sorgo granífero com redutor	1,79b
Soja + sorgo granífero sem redutor	1,38b
Sorgo em safrinha	0,18c

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05). CV (%) = 29,02.

O sorgo em safrinha, semeado logo após a colheita da soja, obteve a menor produtividade (0,18 t ha⁻¹) em relação aos sistemas em consórcio (Tabela 3). Embora a planta seja considerada resistente à seca, o plantio nessa época pode elevar os riscos de produção, pois a falta de chuvas na fase de enchimento dos grãos pode ser determinante para causar prejuízos irreversíveis à planta Magalhães et al. (2000). Na semeadura tardia deve-se dar preferência ao uso de cultivares de ciclo menor (BAUMHARDT et al., 2005). Dessa maneira, a adoção de cultivar de ciclo médio no presente trabalho dever ter contribuído para o baixo rendimento atingido nesse sistema.

A utilização da cultivar de ciclo médio de sorgo pode ser uma das causas da baixa produtividade dessa cultura em safrinha, porém a baixa precipitação nos meses de cultivo dessa safra possivelmente prejudicaram sua produção. O plantio foi realizado no final do mês de março e a colheita realizada no fim do mês de julho, e de acordo com os dados pluviométricos (Figura 1) nesses meses houve baixos índices pluviométricos, variando entre 97 mm no mês de abril e 0 mm no mês de julho. Esses baixos índices prejudicaram o desenvolvimento vegetativo da cultura, o que levou a baixa estatura das plantas, além de afetar negativamente na fase de enchimento e maturação de grãos. O plantio em safrinha traz grandes riscos à produção

(MAGALHÃES et al., 2000), e o manejo adotado no presente trabalho se mostra como uma alternativa para reduzir esses perigos advindos do clima.

Silva et al. (2009) em trabalho realizado em três municípios do estado de Goiás, ao avaliarem o potencial de rendimento de grãos em safrinha também obtiveram baixo rendimento para determinadas cultivares, sendo a menor produtividade média $0,58 \text{ t ha}^{-1}$ semelhante ao obtido no presente trabalho. Segundo os autores, os menores rendimentos foram atribuídos ao déficit hídrico em diferentes estádios da planta.

Os tratamentos com sorgo em consórcio, com ou sem redutor, expressaram valores entre $1,79 \text{ t ha}^{-1}$ e $1,38 \text{ t ha}^{-1}$, ou seja, valores menores do aqueles obtidos no sistema solteiro. Isso pode ter sido ocasionado, principalmente, pela proximidade das plantas de soja e sorgo, acarretando em competição por luz, nutrientes e água. Possivelmente a baixa precipitação nos meses de abril e maio (Figura 1) que coincidiu com a fase de maturação dos grãos pode ter sido outro fator que prejudicou a produção do sorgo.

Em trabalho realizado no Ceará, Bezerra et al. (2007), quando plantaram feijão - de - corda (*Vigna unguiculata*) em consórcio com o sorgo granífero nas proporções 25 e 50 % não encontraram diferença significativa na produtividade do sorgo em relação ao sistema solteiro. Entretanto, neste trabalho o maior espaçamento entre plantas e entre fileiras pode ter contribuído para reduzir a competição entre as plantas e conseqüentemente manter a produtividade em relação ao sistema solteiro.

A falta de significância na produtividade do sorgo nos dois consórcios, com ou sem redutor, pode ser considerado um indicativo que o uso de regulador de crescimento, utilizado no início do desenvolvimento do sorgo e aproximadamente dois meses após a germinação da soja, não foi suficiente para reduzir o desenvolvimento da leguminosa e incrementar os componentes de produção da gramínea como esperado.

Peso de mil grãos do sorgo granífero

Por meio dos resultados do peso de mil grãos do sorgo, verifica-se que os sistemas em consórcio não diferiram do sistema solteiro, mas foram superiores ao peso obtido no sorgo em

safrinha (Tabela 4). De modo geral, os valores foram inferiores aos obtidos por Silva et al. (2009) em experimento com sorgo em safrinha em três municípios goianos. Entretanto, ao comparar apenas os valores do peso de mil grãos dos sistemas em consórcio do presente trabalho, com a média obtida por aqueles autores, que variou entre 16,57 a 20,05 g, os resultados são semelhantes.

O sorgo em sistema safrinha apresentou o menor valor para o peso de mil grãos (Tabela 4). Para Magalhães et al. (2000) a fase de diferenciação da panícula à diferenciação da espiguetta é um período crítico para a planta e que qualquer estresse pode ser prejudicial para a gramínea. Dessa forma, o plantio tardio (21/03) para o sorgo em safrinha, ao final do período chuvoso, provavelmente foi determinante para a redução do peso de mil grãos. O déficit hídrico no estágio reprodutivo da planta pode causar reduções nos valores desse atributo (SILVA et al., 2009), ocasionado pela diminuição da área foliar e redução da taxa fotossintética das plantas (MAGALHÃES et al., 2000).

Embora o consórcio tenha afetado a produtividade da cultura (Tabela 3), este não interferiu no peso de mil grãos (Tabela 4). Ao estudar o efeito das doses de nitrogênio sob o sorgo, Mateus (2007) somente observou diferença no peso de mil grãos, entre o sorgo consorciado com forrageiras e o sorgo solteiro, quando se aplicava diferentes doses do nutriente, não ocorrendo essa diferenciação quando não era realizada a adubação com N. Nunes et al. (2011) também observaram efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o peso de mil grãos em gramínea. Pode-se inferir que a utilização do nitrogênio pela planta contribui para elevar o peso de mil grãos.

O regulador de crescimento não causou efeito no rendimento de mil grãos do sorgo. A não significância entre esses tratamentos, possivelmente, seja explicada pela aplicação em dose única do regulador vegetal, pois maiores efeitos sobre o atributos biométricos do sorgo são apresentados quando a aplicação deste é parcelada (MAY et al. 2013).

Tabela 4. Peso de mil grãos do sorgo granífero (gramas) em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.

Tratamento	Peso de mil grãos (gramas)
Sorgo granífero solteiro	18,47a ⁽¹⁾
Soja + sorgo granífero com redutor	17,07a
Soja + sorgo granífero sem redutor	18,47a
Sorgo em safrinha	11,99b

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey ($p < 0,05$). CV (%) = 16,68.

Nutrientes no grão

Apesar de terem apresentado menor produtividade de grãos em relação ao sistema solteiro (Tabela 3), observou-se que os tratamentos com sorgo em consórcio, com ou sem redutor, exibiram, em geral, teores de macronutrientes nos grãos semelhantes aos sistemas solteiros (Tabela 5).

O sorgo caracteriza-se como uma cultura que absorve nutrientes até o final do ciclo (FRANCO, 2011). Um nutriente, para ser absorvido pela planta, e assim fazer parte de sua composição, deve encontrar-se na solução do solo, em contato íntimo com a superfície ativa das raízes, em forma passível de absorção e utilização pela planta. A passagem do íon da fase sólida para a interface solução-raiz ocorre pelos processos de fluxo massal e difusão, sendo estes afetados, entre outros fatores, pela umidade, aeração, temperatura e quantidade total do íon no solo (MALAVOLTA, 1981). A umidade, a temperatura e a aeração do solo podem ser influenciadas pelas condições climáticas. O plantio na mesma época entre os tratamentos do sorgo em consórcio e o sorgo solteiro submetem estes a condições climáticas semelhantes, contribuindo desta forma para o comportamento semelhante quanto ao teor de nutrientes nos grãos.

Já o sorgo em safrinha, plantado ao final de março, em condições de temperatura e umidade diferentes daquelas ocorridas nos demais tratamentos semeados no início de janeiro

(Figura 1), demonstrou valores de macronutrientes nos grãos diferentes aos demais tratamentos, com exceção ao potássio, em que o teor deste não diferiu daquele obtido pelo sorgo em consórcio com redutor, e o enxofre, que apresentou valores semelhantes em todos os tratamentos (Tabela 5).

Segundo Franco (2011), a taxa máxima de acúmulo diário de macronutrientes para o sorgo granífero ocorre entre 31 e 51 dias após a emergência, caracterizando-se como a época de maior exigência pela cultura, sendo os elevados níveis de translocação de água nos estádios correspondentes nessas fases, um dos principais responsáveis pelo carreamento de nutrientes para os tecidos da planta. Para esse mesmo autor, a deficiência hídrica nessa fase iria prejudicar o acúmulo de macronutrientes nos tecidos da planta. Desse modo, os baixos índices pluviométricos nos meses correspondentes a essa fase, em abril e principalmente maio (Figura 1), pode ter sido determinante para os menores teores de fósforo e magnésio no grão do sorgo em safrinha quando comparado aos outros tratamentos.

Com relação ao cálcio e o magnésio, foi observado um efeito antagônico quanto ao teor desses nos grãos, ou seja, os tratamentos que acarretaram maior teor de magnésio nos grãos, apresentaram menor teor de cálcio quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 5). Sabe-se que o desequilíbrio no solo entre cálcio e magnésio pode causar efeito antagônico na absorção desses nutrientes pelas plantas (MUNOZ HERNANDEZ e SILVEIRA, 1998; SALVADOR et al., 2011).

Vários são os fatores que afetam a disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas, como as características físicas, químicas e biológicas intrínsecas ao solo, além dos fatores indiretos como a umidade do solo (LOPES e GUILHERME, 2000). Possivelmente, os maiores níveis de magnésio nos grãos dos tratamentos sorgo solteiro e sorgo em consórcio, com ou sem redutor, foram ocasionados pela maior absorção deste elemento em detrimento da absorção do cálcio. Todavia, no sorgo em safrinha a menor absorção do magnésio, representado pelos teores mais baixos deste elemento no grão em relação aos outros tratamentos, possibilitou a maior absorção de cálcio pelo sorgo em safrinha.

Tabela 5. Teor de macronutrientes nos grãos de sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.

Tratamentos	Macronutrientes (g kg ⁻¹)				
	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Sorgo Solteiro	4,65 A ⁽¹⁾	6,47 A	0,02 B	2,01 A	0,83 A
Soja + Sorgo com redutor	3,93 A	5,32 AB	0,09 B	1,96 A	0,78 A
Soja + Sorgo sem redutor	4,31 A	5,82 A	0,08 B	2,00 A	0,73 A
Sorgo Safrinha	2,91 B	4,03 B	0,28 A	1,38 B	0,82 A
CV (%)	16,17	17,03	25,97	16,56	16,33

(1) Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05).

Foram observados valores de proteína bruta nos grãos de sorgo em safrinha superiores aos demais tratamentos (Tabela 6), apesar da menor produção de grão nesse sistema (Tabela 3). O teor de proteína bruta foi obtido pela multiplicação do teor de nitrogênio nos grãos por 6,25. É possível que tenha ocorrido um efeito de concentração devido à baixa produção de grãos nesse sistema, contribuindo para elevar o teor de proteína bruta nos grãos do sorgo em safrinha.

Tabela 6. Teor de proteína bruta nos grãos de sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.

Tratamentos	Proteína bruta (%)
Sorgo Solteiro	9,89 B ⁽¹⁾
Soja + Sorgo com redutor	9,98 B
Soja + Sorgo sem redutor	10,25 B
Sorgo Safrinha	13,24 A

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey ($p < 0,05$). CV (%)=8,19.

Em geral, os teores de micronutrientes nos grãos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, com exceção do cobre, em que o consórcio entre soja e sorgo com o uso do redutor de crescimento apresentou menor valor em comparação ao sorgo em safrinha (Tabela 7)

Tabela 7. Teor de micronutrientes nos grãos de sorgo granífero (mg kg^{-1}) em sistema solteiro, em consórcio com a soja e em safrinha.

Tratamentos	Micronutrientes (mg kg^{-1})				
	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco	Boro
Sorgo Solteiro	112,22 A ⁽¹⁾	24,64 A	4,52 AB	32,58 A	4,53 A
Soja + Sorgo com redutor	92,62 A	20,88 A	3,32 B	27,96 A	5,57 A
Soja + Sorgo sem redutor	100,98 A	23,32 A	3,43 AB	30,79 A	4,75 A
Sorgo Safrinha	163,97 A	24,04 A	5,47 A	32,74 A	5,81 A
CV (%)	24,59	19,82	32,89	16,29	28,57

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES

Não foi observada diferença estatística significativa para a produtividade dos grãos de soja nos diferentes tratamentos.

Com relação ao sorgo, o sistema solteiro apresentou a maior produtividade de grãos, o sorgo em consórcio, com ou sem redutor, exibiram valores intermediários e o sorgo em safrinha mostrou-se menos produtivo. O sorgo em safrinha também apresentou menores valores para o peso de mil grãos.

Os tratamentos com sorgo em consórcio, com ou sem redutor, exibiram valores semelhantes ao tratamento com sorgo solteiro para o teor de macronutrientes no grão.

Foram observados valores de proteína bruta e cálcio nos grãos de sorgo em safrinha superiores aos demais tratamentos. Para fósforo, potássio e magnésio o sorgo em safrinha apresentou menores teores que os demais.

Em geral, os teores de micronutrientes nos grãos foram semelhantes entre os sistemas de produção estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, W.J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF: **EMBRAPA-CPAC**, 1986. p.33-74.

BATAGLIA, O.C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p.289-308.

BAUMHARDT, R.L.; TOLK, J.A.; WINTER, S.R. Seeding practices and cultivar maturity effects on simulated dryland grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, n.3, p.935-942, 2005.

BEZERRA, A.P.A.; PITOMBEIRA, J.B.; TÁVORA, J.A.F.; VIDAL NETO, F. das C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agrônômica**, v.38, n.1, p.104-108, 2007.

BULL, L.T.; CANTARELLA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301p.

COELHO, A.M. ; WAQUIL, J.M.; KARAM,D.; CASELA, C.R.; RIBAS, P.M. Seja o doutor do seu sorgo. Informações Agrônômicas, Piracicaba, n.100, p.1-24, **Arquivo do agrônomo 14**, 2002.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja superprecoce: alternativa para plantio em todas as épocas, 2011. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/unidade>>. Acesso em: 18/02/13.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo. Híbrido BRS 332: produtividade de grãos e sanidade foliar, 2009. 4p.

FERREIRA, D.F. **Sisvar versão 4.3**. Lavras: DEX – UFLA, 2003.

FERREIRA, A.C de B.; ARAÚJO, G.A. de A.; PEREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A. Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agricola*, v.58, n.1, p.131-138, 2001.

FRANCO, A.A.N. Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo. **Dissertação** de mestrado – Universidade Estadual de Montes Claros, 2011. 74p.

FRIBOURG, H.A.; BRYAN, W.E.; LESSMAN, G.M.; MANNING, D.M. Nutrient uptake by corn and grain sorghum silage as affected by soil type, planting date, and moisture regime. *Agronomy Journal*, Madison, p.260-263, 1976.

GOES, R.J.; RODRIGUES, R.A.F.; ARF, O.; ARRUDA, O.G.; VILELA, R.G. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n. 2, p.121-129, 2011.

HERNANI, L.C.; FEDATTO, E. Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado. Sustentabilidade, sim! Embrapa Agropecuária Oeste. **Documentos 31**, 2001. 122p.

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Encarte Técnico. Informações agrônômicas nº 118** – International Plant Nutrition Institute. 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Manejo sustentável dos solos dos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, p.61-104, 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, J.L.S.; SILVA, J.G.; VILELA, L.; BACELLOS, A.O.; MAGNABOSCO, C.U. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Circular 38, 2000. 28p.

LONERAGAN, J.F. Distribution and movement of copper in plants. In: LONERAGAN, J.F.; ROBSON, A.D.; GRAHAM, R.D. Copper in soil and plants. Sydney, Australia, **Academic Press**, 1981. p.165-188.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: Aspectos agronômicos.** 3ª edição revisada e atualizada. São Paulo, ANDA, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: adubos e adubação.** 3ª ed. Editora Agronômica Ceres. São Paulo. 1981. 594 p.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. **Circular técnica**, 3, 2000.

MATEUS, G. P. Doses de nitrogênio na cultura do milho e do sorgo em consórcio com forrageiras. **Tese** (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 2007. 162f.

MAY, A.; MAGALHÃES, P.C.; ABREU, M.C.; PARRELLA, N.N.L.D.; CAMPANHA, M.M.; SILVA, A.F.; SCHAFFERT, R.E.; PARRELLA, R.A. da C. Fito-hormônios no desenvolvimento vegetativo e germinação das sementes de sorgo sacarino. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.1, p.33-43, 2013.

MUNOZ HERNANDEZ, R.J.; SILVEIRA, R.I. Efeito da saturação por base, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia agricola**, v.55, n.1, 1998.

NUNES, A. da S.; SOUZA, L.C.F. de ; MERCANTE, F.M. Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, v.70, n.2, p.432-438, 2011.

PAULINO, M.F. Produção de bovinos em pastagens tropicais: alternativas de suplementação. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 12, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: ZOOTEC, 2000. PITTA, G.V.E.; VASCONCELLOS, C.A.; ALVES, V.M.C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.;

FERREIRA, J.J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.519-544.

RESENDE, A.V.; COELHO, A.M.; RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.C. dos. Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. **Circular técnica 119**, 2009. 8p.

RODRIGUES, J.A.S.; Sistema de produção do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de Produção 2**, 2010.

SALVADOR, J.T.; CARVALHO, T.C.; LUCCHESI, L.A.C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambiental**, v.9, n.1, p.27-32, 2011.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja**. Viçosa: Imprensa Universitária, v.1, 1993. 96p.

SILVA, A.G. da; BARROS, A.S.; SILVA, L.H.C.P. da; SILVA, G.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**, v.39, n.2, p.168-174, 2009.

SPEHAR, C.R. Manejo cultural no Plantio Direto. **Curso de Plantio Direto**, v.11, n.3, 2004.

SPEHAR, C.R.; TRECENTI, R. Desempenho agrônômico de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Biosci. J.**, v.27, n.1, p.102-111, 2011.

CAPITULO II.

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NOS SISTEMAS EM CONSÓRCIO E EM MONOCULTIVO DE SOJA E SORGO GRANÍFERO

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do consórcio entre soja e sorgo granífero nos teores de nitrogênio total, nitrogênio mineral e carbono do solo. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina/DF, na safra 2012/2013. O delineamento experimental utilizado foi em sete blocos ao acaso. Foi feito o plantio da cultivar de soja superprecoce BRS 7580 e posteriormente feita a semeadura de sorgo granífero, BRS 332, nas entrelinhas da soja. Os tratamentos utilizados foram: soja com redutor de crescimento; soja sem redutor de crescimento; soja + sorgo granífero com redutor de crescimento; soja + sorgo granífero sem redutor de crescimento; sorgo granífero solteiro; sorgo granífero em safrinha. Para as análises de solo, utilizando-se solo sob Cerrado como referência, as amostras foram coletadas nas seguintes profundidades: 0 – 5, 5 - 10, 10 – 20, 20 – 40, 40 – 60 cm. Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O nitrogênio total do solo apresentou distribuição estratificada entre as camadas para todos os tratamentos, com valores mais elevados nas camadas superficiais do solo, sendo que nestas o solo sob Cerrado apresentou os maiores valores, não ocorrendo tal distinção para as demais camadas. Para o teor de amônio no solo, a camada de 0-5 cm apresentou maiores índices que a camada de 40-60 cm. Não foi observado teor de nitrato no solo sob Cerrado nativo, sendo este atributo encontrado em níveis mais elevados no sistema soja solteira para diversas camadas. De maneira geral, o solo sob Cerrado nativo apresentou maiores teores de carbono orgânico em todas as camadas, não ocorrendo diferenças estatística significativa entre os sistemas de produção de sorgo.

Palavras-chave: carbono orgânico do solo, manejo do solo, nitrato, amônio, nitrogênio total do solo.

SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES IN CONSORTIUM AND MONOCULTURE OF SOYBEANS AND SORGHUM

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of intercropping soybean and sorghum in total nitrogen, mineral nitrogen and carbon in the soil. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Cerrados, Planaltina / DF in the 2012/2013 season. The experimental design was seven randomized blocks. Soybean cultivar BRS superprecpe 7580 was planted and subsequently sorghum, BRS 332 was planted between the lines of soybean. The treatments were: soybean with growth reducer; soybeans without growth reducer; soybean + sorghum with growth reducer; soybean + sorghum without growth reducer; sorghum; sorghum in the second crop. For soil analysis, an area of native Cerrado was used as reference. Soil samples were collected at the following depths: 0 - 5, 5-10, 10 - 20, 20 - 40 and 40 - 60 cm. Data were analyzed by statistical program Sisvar and comparison of means was performed by Tukey test at 5% probability. The total soil nitrogen showed stratified distribution between depths for all treatments, with higher values in the soil surface layers, and in these the soil under Cerrado showed the highest values, such a distinction does not occur for the other layers. For the ammonium content in the soil, the depth 0-5 cm had higher amount than the 40-60 cm depth. No nitrate was observed in the soil under native Cerrado and this attribute was found at higher levels in soybean treatments in several layers. In general, the soil under native Cerrado had higher concentrations of organic carbon at all depths, with no statistical significant differences between the systems of production of sorghum.

Key words: soil organic carbon, soil management, nitrate, ammonium, soil total nitrogen.

INTRODUÇÃO

O Cerrado, normalmente, encontra-se em solos com baixo teor de matéria orgânica (SOUZA et al., 2006). A matéria orgânica é o maior reservatório de carbono do solo e pode ser alterada de maneira diferenciada de acordo com o sistema de cultivo utilizado (FREIXO et al., 2002). Solos sob cobertura vegetal natural apresentam teor de carbono orgânico em equilíbrio e este é alterado quando o solo submetido ao cultivo (STEVENSON, 1994). Nas regiões tropicais, a conversão de áreas nativas em áreas de cultivo tende a reduzir o carbono orgânico do solo (SCHOLES e BREEMEN, 1997, RESCK et al., 1991) e estas perdas são condicionadas a vegetação original do solo (SCHOLES et al., 1997). Sistemas agrícolas convencionais, com práticas de manejo inadequadas, por meio do preparo intensivo do solo expõem a matéria orgânica ao ataque microbiano, reduzindo seu teor no solo e conseqüentemente o teor de carbono e a qualidade do solo, além de causar a emissão de dióxido de carbono à atmosfera (FREIXO et al., 2002; REIS e RODELLA, 2002; VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

Freixo et al. (2002) observaram redução no teor de carbono do solo cultivado sob diferentes sistemas de manejo quando comparados ao solo do cerrado nativo adotado como referência. Entretanto, D'Andréa et al. (2004) observaram que o teor de carbono orgânico do solo sob cerrado nativo não diferiu dos sistemas produtivos, ocorrendo apenas uma tendência de redução para camada superficial (0-10 cm) no sistema sob plantio convencional. Fontana et al. (2006), observam após 10 anos de experimento, sob diversos sistemas de cultivo, comportamento diferenciado para o teor de carbono orgânico do solo.

Segundo Doran e Zeiss (2000), a qualidade do solo pode ser definida como a capacidade do solo manter as funções fundamentais, como a manutenção da matéria orgânica do solo. No sistema de plantio direto, práticas como o não revolvimento do solo e o consórcio podem elevar os teores de matéria orgânica devido ao maior produção de resíduos vegetais e à menor exposição destes ao ataque microbiano, contribuindo para melhoria da qualidade do solo (BAYER et al., 2004; KLUTHCOUSKI et al., 2000). Essas práticas permitem elevar não apenas os teores de carbono orgânico, mas também o nitrogênio total do solo, já que grande parte deste nutriente combinado no solo está contida em moléculas da matéria orgânica (CORAZZA et al., 1999; TROEH e THOMPSON, 2007; COSER, 2013). Todavia, a eficiência do sistema em manter a matéria orgânica do solo está relacionada ao manejo de culturas utilizadas (LOVATO et

al., 2004). Freixo et al. (2002) observaram que o nitrogênio total do solo sob diversos sistemas de cultivo foi reduzido quando comparado ao cerrado nativo.

Ao analisarem a dinâmica do nitrogênio no solo D'Andréa et al. (2004) observaram que não ocorreu diferença significativa entre os valores de nitrogênio total dos sistemas de cultivo quando comparado com os valores obtidos no cerrado nativo. No entanto, ao comparar o nitrogênio na forma mineral, os autores observaram que o teor de amônio no solo sob cerrado foi superior aos sistemas de cultivo em diferentes camadas, diferentemente do nitrogênio na forma nítrica em que o teor deste na camada 0-10 cm foi maior no sistema de plantio direto. Já Corrêa (2014), ao comparar um sistema de integração lavoura-pecuária, em uma área com solo do tipo Latossolo Vermelho com uma vegetação nativa observou que o solo sob pastagem apresentou maior teor de amônio em comparação ao solo sob floresta, sendo que os teores de amônio prevaleceram sobre os teores de nitrato nos dois sistemas avaliados.

O consórcio no plantio direto proporciona nas camadas superficiais aumento no teor de matéria orgânica e, por conseguinte, elevação no teor de nutrientes mineralizados devido ao maior aporte de resíduos vegetais (COSER, 2013). As principais formas minerais e assimiláveis do nitrogênio no solo são o nitrato e o amônio, formados pela mineralização da matéria orgânica por microrganismos do solo (SPRENT, 1987). Essas transformações do nitrogênio orgânico em inorgânico são dependentes, entre outros, de fatores ambientais do solo e da relação entre carbono e nitrogênio do material vegetal (BAYER, 1996; SOUSA e LOBATO, 2004). Fontana et al. (2006) ao analisarem diferentes sistemas de rotação entre culturas ao longo dez anos de experimento, verificaram que o maior valor de nitrogênio total foi encontrado no sistema de cultivo em que mais vezes se utilizou a soja, devido, provavelmente, ao efeito residual da incorporação de N via fixação biológica.

No consórcio, a produção de resíduos com relação C/N intermediária, propicia a mineralização paulatina do nitrogênio e promove o acúmulo de carbono no solo (HERNANI e FEDATTO, 2001), o que permite melhor aproveitamento do nutriente pelas plantas, reduzindo, dessa forma, as perdas por lixiviação do íon nitrato e a emissão de dióxido de carbono para atmosfera.

Nota-se que o solo tem relação íntima no ciclo do carbono e nitrogênio e alterações no seu uso pode resultar em conseqüentes reduções destes. Dessa forma, deve-se considerar que o entendimento da dinâmica do carbono e do nitrogênio no solo, sob diferentes manejos, pode auxiliar no processo de melhoria da qualidade do solo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do sistema do consórcio entre soja e sorgo granífero nos teores de carbono orgânico do solo, nitrogênio total do solo, nitrato e amônio do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina/DF, localizada na BR 020, Km 18, cujas coordenadas geográficas de referência são 47°54'10''W e 15°43'52''S. O clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso, com períodos de estiagem durante a época chuvosa. A precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 21°C (ADÁMOLI et al., 1986). Os dados climatológicos de temperatura e precipitação volumétrica referentes aos meses do experimento estão dispostos na figura 1.

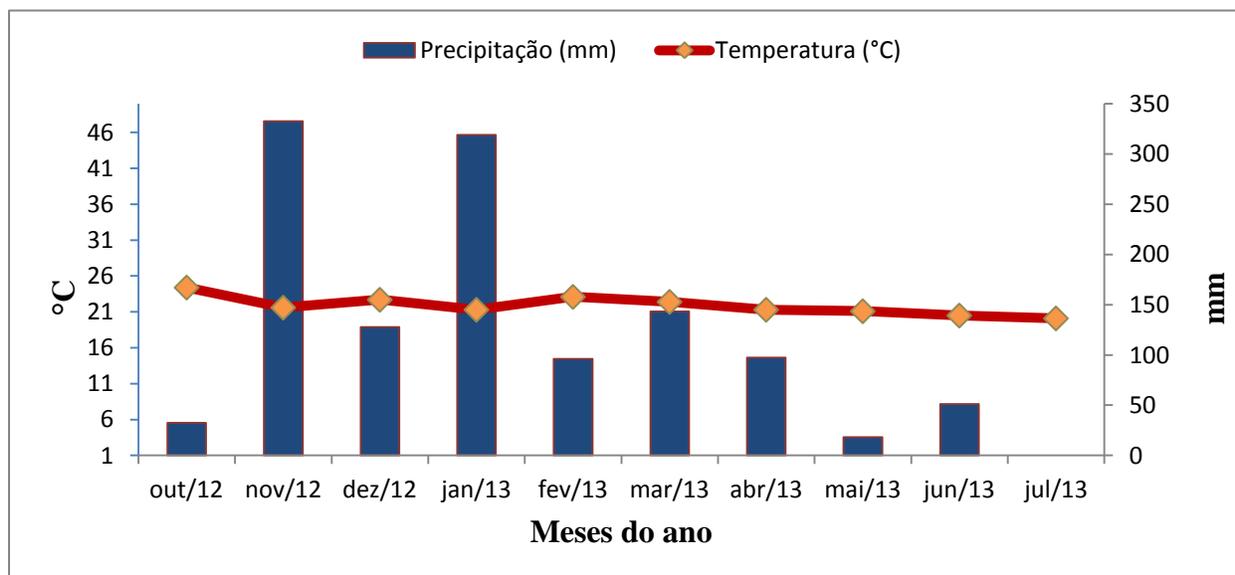


Figura 1. Precipitações pluviométricas acumuladas e temperatura média mensal durante a safra 2012/2013. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

Os dados referentes à média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas, coletados na estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados encontram-se na Figura 2.

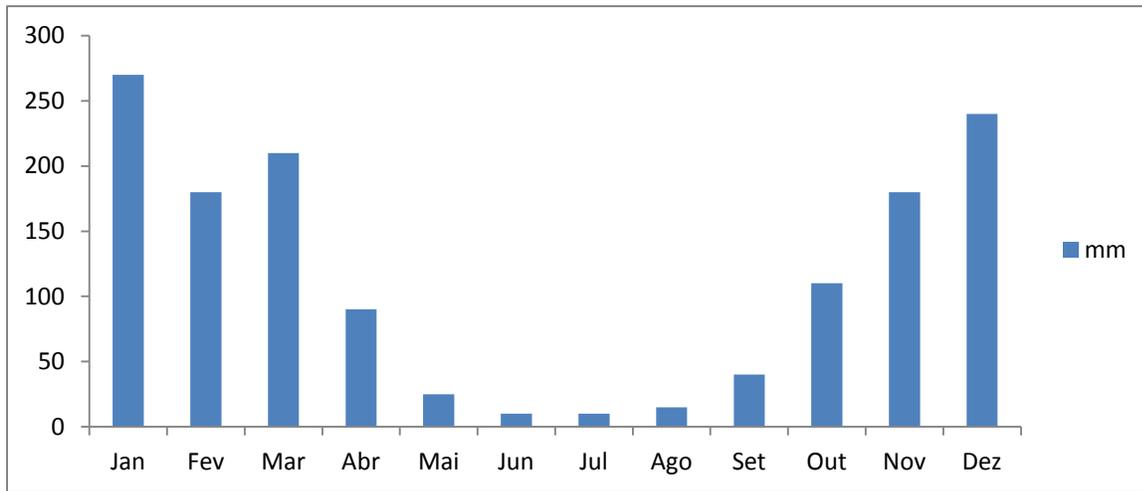


Figura 2. Média histórica das precipitações pluviométricas acumuladas. Dados coletados na estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa. Antes da implantação do experimento foi realizada a análise química do solo da área (Tabela 1). A coleta de solo foi realizada em todos os blocos, na camada 0-20 cm, com o auxílio de um trado. Foram coletadas 10 amostras simples para constituir uma amostra composta. As análises foram feitas no Laboratório de Química Analítica de Solos da Embrapa Cerrados.

Os dados referentes à análise de solo realizada antes da implantação do experimento seguem na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo realizada anteriormente à implantação do experimento.

Característica ⁽¹⁾	Média
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,15
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,93
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,15
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,93
pH (H ₂ O)	5,50
P (mg dm ⁻³)	5,70
K (cmol _c dm ⁻³)	0,29
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	39,25

⁽¹⁾ Atributos avaliados segundo metodologia da Embrapa (1997).

Delineamento experimental e tratamentos empregados

O experimento consistiu no plantio de soja super precoce, e posteriormente no plantio de sorgo granífero nas entrelinhas da soja. O delineamento experimental é o de blocos ao acaso, com 7 repetições, sendo que os blocos foram instalados entre fileiras de árvores nativas. As plantas nativas utilizadas foram o angico vermelho (*Anadenanthera colubrina var. cebil*), o cedro (*Cedrela fissilis*), o guapuruvu (*Schizolobium parahybae*), o jequitibá (*Cariniana estrellensis*) e o mogno (*Swietenia macrophylla*). As espécies nativas encontravam-se espaçadas 12 metros entre fileiras e 4 metros entre plantas.

Os tratamentos são os seguintes:

1. Soja com redutor de crescimento
2. Soja sem redutor de crescimento
3. Soja + sorgo granífero com redutor de crescimento
4. Soja + sorgo granífero sem redutor de crescimento
5. Sorgo granífero solteiro
6. Sorgo granífero em safrinha

Instalação e condução dos experimentos

Antes do plantio da soja, sorgo havia sido cultivado na área experimental, que foi dessecado, e sua palhada mantida na área. A análise química do solo, realizada anteriormente à implantação do experimento, é apresentada na tabela 1.

As parcelas de 3 x 4 metros foram demarcadas com auxílio de estacas. No dia 21 de novembro de 2012 foi realizada a adubação em todas as parcelas, juntamente com o plantio mecanizado da soja. As sementes de soja, cultivar BRS 7580, possuíam valor cultural de 90%. Essa cultivar é pouco exigente em fertilidade do solo. Pertence ao grupo de maturidade relativa 7.5. Possui tipo de crescimento determinado e ciclo médio de 100 a 117 dias (EMBRAPA, 2011). O espaçamento adotado foi de 0,5 metros entre fileiras com 20 plantas por metro linear. As sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se 1 kg de inoculante para 120 kg de sementes. Na adubação foram utilizados 420 kg ha⁻¹ de 0-20-20. No dia 12 de dezembro de 2012 as parcelas foram demarcadas.

No dia 03 de janeiro de 2013 foi aplicado 1,5 litros/hectare do herbicida sistêmico glifosato. Essa aplicação foi realizada em todas as parcelas com a finalidade de controlar as plantas daninhas. Nos dias 08 e 09 de janeiro de 2013 foi realizado o plantio manual do sorgo granífero. A semente de sorgo granífero utilizada foi a BRS 332, utilizando-se 15 sementes/metro, com fileira simples entre as linhas da soja. O híbrido simples BRS 332 é adaptado a diferentes condições de plantio. Possui porte baixo e ciclo médio, além de apresentar elevado potencial produtivo (EMBRAPA, 2009).

Nos dias 18 e 19 de janeiro foi feita a adubação das parcelas de sorgo, utilizando 300 kg ha⁻¹ de NPK 4-30-16 e 80 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura. No dia 7 de fevereiro foi feita a aplicação do redutor de crescimento trinexapac etil nas parcelas com este tratamento, utilizando 500 ml ha⁻¹.

Nos dias 19, 20, 21 de março, foi realizada a colheita manual da soja. Apesar de se encontrar apta para colheita entre o final de fevereiro e início de março, a soja não foi colhida anteriormente devido a alguns problemas técnicos. Posteriormente, realizou-se a limpeza, secagem e pesagem dos grãos. Logo após a colheita da soja, na parcela onde se encontrava a soja

solteira sem redutor, foi plantado sorgo granífero em sistema safrinha, procedendo-se adubação conforme realizado nos tratamentos sorgo solteiro e sorgo em consórcio.

Foi feita a coleta dos grãos, para análise de produtividade, com o auxílio de tesouras de poda para retirada da panícula da planta quando esses apresentavam-se em estágio farináceo duro. Dessa forma, no dia 06 de maio os grãos das parcelas solteiras de sorgo granífero foram colhidos. Nos dias 05 de junho e 24 de julho foi colhido o sorgo granífero em consórcio e em safrinha, respectivamente. Em seguida, os grãos foram trilhados, secos e pesados.

Análises do solo

Coleta de solo

Os seguintes atributos foram analisados: carbono orgânico do solo, nitrogênio total do solo, nitrato e amônio no solo. Para isto, foram coletadas amostras compostas em três blocos escolhidos aleatoriamente. As coletas, realizadas no dia 20 de maio, foram feitas nas parcelas de soja, sorgo em sistema solteiro, soja em consórcio com sorgo, e cerrado adjacente, como área de referência. A coleta de solo nas parcelas com o sorgo em sistema safrinha foram realizadas em 17 de junho, após a colheita dos grãos.

As amostras compostas de todas as parcelas e do cerrado foram, constituídas de cinco amostras simples e foram coletadas com o auxílio de um trado, nas seguintes profundidades: 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20, 20 – 40, e 40 – 60 cm. Estas foram colocadas em um balde plástico, destorroadas e homogeneizadas, separando-se cerca de 500 gramas de solo, que foram armazenadas em sacos plásticos identificados. Ainda em campo, foram retirados aproximadamente cem gramas de solo, após a homogeneização das amostras, que foi armazenada em sacos plásticos identificados e colocados em caixa de isopor com gelo para posterior análise de nitrato e amônio. Em seguida, estas foram mantidas congeladas em freezer até o momento da análise. Este procedimento foi realizado a fim de evitar perdas ou transformação do nitrogênio. Todas as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Bioquímica do Solo da Universidade de Brasília, onde foram armazenadas até a execução das análises.

Para as análises de nitrato e amônio, de cada amostra foram retirados 10 gramas de solo e colocados na estufa por dois dias à 105 °C para a determinação da umidade.

Carbono orgânico

O carbono orgânico foi determinado pelo método de oxidação úmida de Walkey e Black (1934). Foram colocados 0,5 gramas de terra fina seca ao ar (TFSA) em um erlenmeyer de 500 ml. Também foram adicionados 10 ml da solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 1N e agitado manualmente. A TFSA foi obtida por meio da secagem ao ar de pequena quantidade de terra de cada amostra, que posteriormente foi macerada e peneirada em peneira de 0,50 mm. Em seguida, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) foram adicionados, seguindo-se nova agitação, evitando-se que parte do solo ficasse aderido à parede do erlenmeyer. Este foi deixado em repouso por 30 minutos. Após este período, foram adicionados 200 ml de água destilada, 10 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4), 1 ml do indicador difenilamina 0,16%. Procedeu-se a titulação da solução com sulfato ferroso amoniacal 0,5N.

Foram realizadas três provas em branco. Para a realização destes, foi utilizado procedimento similar ao anterior, com ausência do solo. A matéria orgânica do solo foi calculada da seguinte maneira:

$$MO \text{ total (\%)} = 10 \times (1 - A/B) \times 1,34$$

Onde:

A = volume de sulfato ferroso amoniacal utilizado na titulação da amostra

B = volume de sulfato ferroso amoniacal utilizado na titulação do branco

O carbono orgânico foi determinado pela divisão do valor calculado da matéria orgânica por 1,724.

Nitrogênio total

O N total foi determinado pelo método Kjeldahl (BREMNER e MULVANEY, 1982). Em tubos de ensaio, foram colocadas 0,2 g de terra fina seca ao ar. Posteriormente, foi

adicionado 0,8 g de mistura catalítica, composta por 20 gramas de sulfato de potássio (K_2SO_4) e 2 gramas de sulfato de cobre pentahidratado, que foi triturado. Também foi colocado 3 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Os tubos foram colocados no bloco digestor, a $335\text{ }^\circ\text{C}$, durante 45 minutos. Depois deste período, as amostras foram retiradas do bloco para resfriarem. Foi adicionado 1 ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e em seguida, colocados 10 ml de água destilada em cada tubo.

Procedeu-se a destilação com 20 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 50%. De cada amostra, foram coletados 40 ml em erlenmeyer contendo 10 ml de ácido bórico a 2%.

A titulação foi realizada com ácido sulfúrico 0,003 N. Anteriormente à destilação das amostras, realizou-se uma curva padrão com doses conhecidas de nitrogênio (0, 20, 40 e 60 ppm) em que os cálculos foram feitos por meio da curva de regressão.

Nitrato e amônio

As análises de nitrogênio mineral em frações de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) foram determinadas pelo método de Kjeldahl (EMBRAPA, 2010).

Para a extração, o solo foi retirado do freezer e descongelado. Em frascos de vidro, com peso conhecido, foram adicionados 50 ml de cloreto de potássio (KCl), e em seguida, colocou-se uma quantia de solo em cada frasco, e procedeu-se nova pesagem dos frascos. As amostras foram agitadas durante 5 minutos a 45 RPM e depois mantidas em repouso, para decantação dos sedimentos. Em seguida, extrato foi pipetado e filtrado. Para as análises de nitrato e amônio também foram feitos brancos, que consistem em extratos com ausência de solo.

Foram colocados 10 ml do extrato em tubos de ensaio identificados. Cada amostra foi destilada duas vezes, sendo a primeira para a determinação do amônio e a segunda para determinação do nitrato. Para a determinação do amônio, foi adicionado ao tubo um cachimbo de óxido de magnésio. Foram destilados 40 ml, recebidos em erlenmeyer com ácido bórico 2%.

No mesmo tubo de ensaio foi acrescentado 0,2 gramas de liga de Devarda e destilado

novamente para a determinação do nitrato. Foram destilados 40 ml, recebidos em erlenmeyer com ácido bórico 2%.

Ambos destilados foram titulados com solução padronizada de ácido sulfúrico 0,0005 N.

Análise estatística

Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003) e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Nitrogênio total do solo

Os dados da tabela 2 mostram o nitrogênio total do solo com uma distribuição estratificada entre as camadas, sendo maior nas camadas superficiais e com valores inferiores nas camadas mais profundas para todos os tratamentos. Essas diferenças foram mais pronunciadas no solo sob cerrado nativo. O teor de nitrogênio total do solo, geralmente, reduz com a profundidade e as alterações são mais pronunciadas em sistemas em quem ocorre manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo (CORAZZA et al., 1999; BAYER et al., 2004).

Nas camadas mais superficiais, 0-5, 5-10 e 10-20 cm, o teor de nitrogênio total foi maior no solo sob cerrado, em relação aos demais tratamentos. Esses resultados diferem daqueles obtidos por Corrêa (2014) que não observou diferença significativa o teor de nitrogênio total entre uma floresta no bioma Cerrado e pastagem sob sistema integração lavoura pecuária consolidado há mais de dez anos. O curto período de implementação dos sistemas de cultivo no presente trabalho, associado à baixa produção de resíduos vegetais podem ter contribuído para diminuir o teor de nitrogênio total nos sistemas de cultivo em relação ao cerrado. Nas camadas 20-40 e 40-60 cm não houve diferença estatística entre os tratamentos. Os maiores valores obtidos na área sob cerrado foi devido, possivelmente, ao maior acúmulo de resíduos vegetais e menor perturbação nessa área.

Tabela 2. Teor de nitrogênio total (g N kg⁻¹ solo) no solo em diferentes profundidades, cultivado com soja e sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio e sorgo em safrinha.

Profundidade (cm)	Tratamentos				
	Soja solteira	Sorgo granífero solteiro	Soja + sorgo granífero	Sorgo em safrinha	Cerrado
0 – 5	1,71bA ⁽¹⁾	1,72bA	1,78bA	1,63bA	2,91aA
5 – 10	1,52bAB	1,33bB	1,50bB	1,42bAB	2,13aB
10 – 20	1,43bB	1,20bB	1,35bBC	1,21bBC	1,80aC
20 – 40	1,08abC	1,09abB	1,12abCD	1,06bCD	1,32aD
40 – 60	0,74bD	0,75bC	0,87abD	0,86abD	1,05aE

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05)
CV tratamento = 7,77%, CV profundidade = 7,89%.

O nitrogênio aplicado ao solo, independentemente da fonte, converte-se rapidamente em nitrato. Este, por ser um ânion, é repelido pelas cargas negativas do solo, sendo bastante móvel no solo e sujeito à lixiviação (RAIJ et al., 1997). Dessa forma, é provável que parte do nitrogênio aplicado nas culturas tenha lixiviado para as camadas mais profundas, corroborando com os dados obtidos para o teor de amônio e nitrato (Tabelas 3 e 4 respectivamente).

O nitrogênio total do solo do tratamento consórcio entre as plantas não diferiu dos demais sistemas produtivos, mas observou-se uma tendência de valores mais elevados para esse sistema em relação aos demais. Esse resultado está de acordo com os encontrados por D'Andréa et al. (2004). Para estes autores, é possível que o curto período de implantação do experimento tenha colaborado para não obtenção de diferenças entre os sistemas. Buso et al. (2003) constataram que o aumento no nitrogênio total do solo pelo uso do plantio direto é um processo lento para solos do cerrado. Bayer e Mielniczuk (1997) observaram que alguns sistemas de cultivo, após cinco anos de implantação do experimento, foram capazes de elevar o teor de nitrogênio total nas camadas superficiais do solo.

Amônio

Houve influência dos sistemas de manejo em relação aos teores das frações de amônio e nitrato no solo (Tabelas 3 e 4).

Ao analisar o teor de amônio na camada de 0-5 cm, observou-se que o cerrado nativo apresentou em média o dobro do teor de amônio (10 mg N kg^{-1} de solo) em relação aos sistemas de produção estudados, que esteve entre 4,11 e 5,60 mg N kg^{-1} de solo (Tabela 3). Esse resultado já era esperado, pois o amônio é a forma de N mineral predominante no cerrado nativo (D'ANDRÉA et al 2004). Contudo, não ocorreu diferença significativa entre os sistemas de manejo e o cerrado nativo na camada 40-60 cm (Tabela 3). Esses resultados corroboram aqueles obtidos por D'Andréa et al. (2004) que em experimento realizado em Goiás, num Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes sistemas de manejo, verificaram que para a camada de 0–10 cm do solo, os teores de amônio foram mais elevados no cerrado nativo em relação ao plantio direto, plantio convencional e pastagem. Entretanto, ao analisarem a camada mais profunda, não foi observado diferença significativa entre os diversos sistemas.

O amônio pode ser adsorvido aos minerais de argila e na matéria orgânica do solo (SPRENT, 1987). A introdução de sistemas agrícolas nos trópicos resulta, frequentemente, em redução de carbono orgânico (SCHOLES e BREEMEN, 1997) e consequente perda de matéria orgânica, já que aproximadamente 80 % do carbono orgânico, em áreas de Cerrado nativo, encontram-se na matéria orgânica (ROSCOE, 2002). Dessa maneira, para as camadas superficiais, os solos sob cerrado nativo podem apresentar mais sítios de adsorção de amônio que os solos cultivados, o que poderia explicar o maior teor de amônio nestas camadas do solo sob vegetação nativa e a não distinção no teor de amônio para os diferentes sistemas nas camadas mais profundas.

Para todos os tratamentos, a camada 0-5 cm apresentou maior valor de amônio que a camada 40-60 cm (Tabela 3). O amônio é um cátion que fica adsorvido às cargas negativas presentes principalmente nas camadas superiores dos solos tropicais (RAIJ, 1991) o que poderia explicar a superioridade no teor de amônio nessas camadas.

De modo geral, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em sistema solteiro e os em consórcio, mostrando que a cultura da soja não interferiu nos tratamentos com relação ao teor de amônio. Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com soja+sorgo granífero e sorgo em safrinha nas camadas de 5-10 e 20-40 cm. Sendo que na camada 5-10 cm o tratamento sorgo em safrinha apresentou maior teor de amônio que os sistemas em consórcio e o oposto ocorreu na camada 20-40 cm, com os sistemas em consórcio apresentando maiores valores em relação ao sorgo em safrinha. Durante a decomposição, os restos vegetais são convertidos a amônio e posteriormente a nitrato (RAIJ, 1991). É provável que parte do amônio, obtido pela decomposição dos restos vegetais da soja, naqueles sistemas em consórcio tenham sido convertidos em nitrato e tenha sido lixiviado da camada 5-10 para a camada 20-40 cm, o que justificaria o maior teor deste nestes sistemas para esta camada.

Na camada de 10-20 cm, o tratamento com soja solteira apresentou maiores teores de amônio que aquele com sorgo safrinha.

Tabela 3. Teor de amônio no solo (mg N kg^{-1}) em diferentes profundidades, cultivado com soja e sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio e sorgo em safrinha.

Profundidades (cm)	Tratamentos				
	Soja solteira	Sorgo granífero solteiro	Soja + sorgo granífero	Sorgo em safrinha	Cerrado
0 – 5	5,05bA ⁽¹⁾	4,26bA	4,11bA	5,60bA	10,28aA
5 – 10	4,52abcA	3,21bcAB	2,77cAB	4,60abAB	5,32aB
10 – 20	5,68aA	4,86abA	3,94abcA	3,55bcB	2,93cC
20 – 40	1,49abB	2,03abB	2,83aAB	0,96bC	1,72aC
40 – 60	1,90aB	1,63aB	2,09aB	1,09aC	1,53aC

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste tukey ($p < 0,05$).

CV tratamento = 17,34%, CV profundidade = 20,34%.

Nitrato

Em todas as camadas de solo avaliadas, na área sob cerrado não foi detectado nitrogênio em forma de nitrato no solo, mas nos sistemas de manejo, em geral, este variou de 0,97 a 12,78 mg kg⁻¹ de solo (Tabela 4). De acordo com D'Andréa et al (2004), o nitrato é a forma predominante do nitrogênio mineral nos sistemas com cultura anual e este é formado por meio da oxidação do amônio pelas bactérias nitrificadoras do gênero *Nitrossomonas* e *Nitrobacter* (SERRANA, 2000). Segundo Paul e Clark (1989), a nitrificação atinge níveis reduzidos em solos muito ácidos. Como os Latossolos são caracterizados pela elevada acidez (CORREIA et al, 2004), é possível que esta tenha sido a causa da não detecção de nitrato neste solo. O pH mais próximo da neutralidade, encontrado nos demais sistemas, pode ter contribuído para o processo de nitrificação, tornado-se possível a detecção de nitrato nos sistemas de cultivo sob plantio direto. Apesar de detectarem teor de nitrato no solo sob cerrado nativo, D'Andréa et al. (2004) ao analisarem diferentes sistemas, observaram que este atributo, na camada 0-10 cm, foi encontrado em maiores níveis no sistema de plantio direto.

Tabela 4. Teor de nitrato no solo (mg N kg⁻¹) em diferentes profundidades, cultivado com soja e sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio e sorgo em safrinha.

Profundidades (cm)	Tratamentos				
	Soja solteira	Sorgo granífero solteiro	Soja + sorgo granífero	Sorgo em safrinha	Cerrado
0 – 5	12,78aAB ⁽¹⁾	2,47cB	7,47bA	5,23bcAB	nd
5 – 10	4,68bcC	7,57aA	6,54abA	2,48cBC	nd
10 – 20	13,32aA	2,60bB	1,79bB	1,83bC	nd
20 – 40	5,39aC	2,71abB	1,23bB	2,06bC	nd
40 – 60	9,90aB	0,97cB	3,33cB	6,93bA	nd

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste tukey (p<0,05). nd = não detectado.

CV tratamento = 36,16%, CV profundidade = 25,09%.

Ao analisar os diferentes sistemas, é possível notar que a soja no sistema solteiro apresentou maiores teores de nitrato para a maioria das camadas de solo avaliadas. Essa superioridade nos teores de nitrato, entretanto, não se repetiu na soja consorciada com o sorgo, que geralmente apresentou valores semelhantes aos demais sistemas com sorgo. Resíduos vegetais com baixa relação C/N, como a soja, favorecem a mineralização de nitrogênio orgânico (SOUSA e LOBATO, 2004) que somado ao fato da fixação biológica entre a leguminosa e bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* favorecerem a assimilação de nitrogênio (TAIZ e ZIEGER, 2004) que poderia justificar os elevados níveis de nitrato no sistema soja solteira. Em condições adequadas, o nitrogênio dos fertilizantes é convertido a nitrato. Este é um íon com carga negativa e por este motivo é repellido pela superfície das partículas do solo, sendo por esse motivo encontrado na solução do solo (RAIJ, 1991). A possível absorção de nitrato pelo sorgo, quando consorciado com a soja, pode explicar a redução no teor de nitrato do solo neste sistema.

Com exceção do sistema consorciado entre soja e sorgo que apresentou maiores valores de nitrato nas camadas superficiais e menores níveis nas camadas mais profundas, os demais sistemas apresentaram distribuição desuniforme do nitrogênio na forma nítrica. Nesses sistemas, parece ocorrer lixiviação do nitrato para as camadas mais profundas, onde o mesmo pode ser pouco aproveitado pelas plantas, a qual mostra que o consórcio entre soja e sorgo pode contribuir para a redução da perda de nitrogênio.

Carbono orgânico do solo

Ao comparar os diferentes tratamentos, nota-se que, de maneira geral, o solo sob Cerrado nativo apresentou maiores teores de carbono orgânico em todas as camadas (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos por Siqueira Neto et al. (2009). O constante aporte de resíduos vegetais no Cerrado nativo, possivelmente, contribuiu para o incremento deste atributo. O carbono orgânico do solo é um atributo sensível ao manejo e pode ser modificado em diferentes intensidades de acordo com o sistema agrícola implantado (FREIXO et al., 2002).

Os teores de carbono orgânico encontrados nos diferentes sistemas agrícolas sob plantio direto podem mostrar que o manejo utilizado, provavelmente, contribuiu para redução deste atributo no solo, já que o sistema de cultivo é importante fator que controla a velocidade de

decomposição da matéria orgânica e conseqüentemente o carbono orgânico do solo do solo (AMADO et al., 2002). O carbono entra no sistema pela decomposição dos resíduos vegetais (BRADY e WEIL, 2013). A pequena quantidade de palhada produzida pelas culturas, constatada por observações no campo, pode ter contribuído para a reduzida quantidade de carbono orgânico do solo nos diversos sistemas de cultivo. Ao analisar o efeito de diferentes preparos do solo (plantio direto, plantio convencional e preparo reduzido) sob o carbono orgânico do solo, Lovato (2001) constatou o aumento deste com a redução do revolvimento do solo assim como a presença de culturas que propiciam elevadas adições de resíduos.

Tabela 5. Teor de carbono orgânico no solo (g C kg^{-1}) em diferentes profundidades, cultivado com soja e sorgo granífero em sistema solteiro, em consórcio e sorgo em safrinha.

Profundidades (cm)	Tratamentos				
	Soja solteira	Sorgo granífero solteiro	Soja + sorgo granífero	Sorgo em safrinha	Cerrado
0 – 5	27,16bA ⁽¹⁾	27,81bA	28,42bA	24,84bA	51,28aA
5 – 10	25,31bA	22,43bAB	25,69bAB	22,03bAB	39,66aB
10 – 20	24,09abA	21,19bABC	23,5abABC	21,23bAB	29,25aC
20 – 40	21,59bA	18,28bBC	19,59bBC	18,43bAB	29,78aC
40 – 60	13,73bB	15,34bC	16,95abC	15,36bB	22,17aD

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste tukey ($p < 0,05$).

CV tratamento = 5,49%, CV profundidade = 8,61%.

Analisando-se os diferentes sistemas de produção de sorgo, observa-se que não ocorreu diferenças significativas entre estes, apesar do sorgo em consórcio com soja apresentar tendência de níveis de carbono orgânico mais elevados que os demais. A não detecção de alterações significativas entre os valores se deve, provavelmente, ao curto período de implantação do experimento (um ano), que pode ser considerado um período de adaptação dos sistemas. Esses resultados corroboram com os obtidos por Steiner et al. (2012), que após adoção de diferentes sistemas de sucessão de culturas, durante dois anos, no Sul do Brasil, não constataram diferença no teor de carbono orgânico. Todavia, efeitos das culturas e manejo sob o teor de carbono

orgânico do solo podem ser observados quando se adota um período de tempo maior. Lovato (2001) ao analisar a quantidades de carbono adicionado por culturas de cobertura sob diferentes preparos do solo ao longo de treze anos de implantação do experimento verificou o aumento do carbono orgânico por meio da adubação nitrogenada, presença de culturas que propiciam elevadas adições de resíduos e diminuição no revolvimento do solo.

Todos os sistemas apresentaram maiores teores de carbono orgânico em superfícies e decréscimo com o aumento da profundidade corroborando com os resultados adquiridos por Siqueira Neto et al. (2009), Steiner et al. (2012), D'Andréa et al. (2004), Silva et al. (2006), Nunes et al. (2011) em diversos solos de diferentes regiões do país. A estratificação na distribuição do carbono orgânico no sistema de plantio direto se deve à deposição superficial dos restos vegetais, assim como o desenvolvimento radicular nas camadas mais superficiais (Silva et al., 2000). Dessa forma, o maior aporte de resíduos vegetais nas camadas superiores, provavelmente, contribuiu para o aumento do carbono nestas camadas.

Neste trabalho foram observados maiores valores de C org (Tabela 5) do que os obtidos por Leite et al. (2004). Estes autores avaliaram este teor em experimento de plantio direto com plantio de milho e soja e observaram que após 2 anos da implantação o C org foi de 21,7 g C kg⁻¹ solo na camada 5-10 cm e 15,9 g C kg⁻¹ solo na camada 10-20 cm, e após 6 anos de sistema de experimento, na camada de 5-10 cm, o valor foi de 24,4 g C kg⁻¹ solo e na camada 10-20 foi de 21,9 g C kg⁻¹ solo.

CONCLUSÕES

O nitrogênio total do solo apresentou distribuição estratificada entre as camadas para todos os tratamentos, com valores mais elevados nas camadas superficiais do solo.

Para o teor de amônio no solo, a camada 0-5 cm apresentou maiores valores que a camada 40-60 cm em todos os tratamentos.

Não foi observado nitrato no solo sob Cerrado nativo, sendo este atributo encontrado em níveis mais elevados no sistema soja solteira para diversas camadas.

De maneira geral, o solo sob Cerrado nativo apresentou maiores teores de carbono orgânico em todas as camadas.

O solo sob cerrado nativo apresentou maior teor de amônio na camada 0-5 cm em relação aos demais tratamentos. Contudo, não ocorreu diferença significativa entre os sistemas de manejo e o cerrado nativo na camada 40-60 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, W. J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF: **EMBRAPA-CPAC**, 1986. p.33-74.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.7, p.677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Conteúdo de nitrogênio total num solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.21, p.235-239, 1997.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solo. **Tese** (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós – graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman, 2013. 686p.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D. R. Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties. **American Society of Agronomy**, v.2, p.595-624, 1982.

BUSO, W.H.D.; KLIEMANN, H.J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, n.2, p.97-105, 2003.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. e GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

CORRÊA, R.S. Fluxos de N₂O em sistema integração lavoura-pecuária no bioma cerrado: comparação entre a câmara estática e o método fluxo-gradiente. **Dissertação** de Mestrado, 2014. 98f.

CORREIA, J.R.; REATTO, A.; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, G. Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa **Informação Tecnológica**, 2004. p.29-61.

COSER, T.R. Eficiência do uso de nitrogênio e propriedades do solo em milho sob sistemas de monocultura e consorciado com forrageiras. **Tese** (Doutorado em Agronomia), Universidade de Brasília, 2013. 133p.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Appl. Soil Ecol.**, v.15, p.3-11, 2000.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo. Híbrido BRS 332: produtividade de grãos e sanidade foliar, 2009. 4p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.3**. Lavras: DEX – UFLA, 2003.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F.; SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.41, n.5, p.847-853, 2006.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado

sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.2, p.425-434, 2002.

HERNANI, L.C.; FEDATTO, E. Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado. Sustentabilidade, sim! Embrapa Agropecuária Oeste. **Documentos 31**, 2001. 122p.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, J.L.S.; SILVA, J.G.; VILELA, L.; BACELLOS, A.O.; MAGNABOSCO, C.U. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Circular 38, 2000. 28p.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, P.L.O. A. Simulação pelo Modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um Argissolo sob adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.347-358, 2004.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.175-187, 2004.

LOVATO, T. Dinâmica do carbono e nitrogênio do solo afetada por preparos do solo, sistemas de cultura e adubo nitrogenado. **Tese** (Doutorado em Ciência do Solo), 2001. 133p.

NUNES R. de S.; LOPES, A.A. de C.; SOUSA, D.M.G. de; MENDES, I. de C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 1407-1419, 2011.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. Soil microbiology and biochemistry. San Diego: Academic, 1989. 272p. In: D' Andreia et al. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285p.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Piracicaba: Ceres, **Potafós**, 1991. 343p.

REIS, T.C.; RODELLA, A.A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.3, p.619-626, 2002.

RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J.; SILVA, J.E. da. **Dinâmica da matéria orgânica na região dos Cerrados**. Planaltina, DF : Embrapa-CPAC, 1991. 21p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 36).

ROSCOE, R. Soil organic matter dynamics in a Cerrado Oxissol. The Netherlands: **Thesis** Wageningen University, 2002. 156p.

SCHOLES, M.C.; POWLSON, D.; TIAN, G. Input control of organic matter dynamics. **Geoderma**, 79:25-47, 1997.

SCHOLES, R.J.; BREEMEN, N. van. The effects of global change on tropical ecosystems. **Geoderma**, v.79, p.9-24, 1997.

SERRANA FERTILIZANTES. Boletim Técnico Fertilizantes: dinâmica do nitrogênio no solo. Disponível em: <www.scribd.com/3188358/Dinamica-do-Nitrogenio-no-Solo>. Acesso em: 16 janeiro 2014.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.C.; TRIVELIN, P.C.O. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **R. Bras. Ci. Solo**, v.30, p.723-732, 2006.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; VENZKE FILHO, S.P.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, v.69, n.4, p.923-936, 2009.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.8, n.3, p.323-329, 2006.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p.129-145

SPRENT, J.I. The ecology of the nitrogen cycle. **Cambridge studies in ecology**, 1987.

STEINER, F.; PIVETTA, L.A.; ZOZ, T.; PINTO JUNIOR, A.S. Estoque de carbono orgânico no solo afetado por adubação orgânica e sistemas de culturas no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p.2775 – 2788, 2012.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley, 1994. 496p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TROEH, F.R., THOMPSON, L.M. **Solos e fertilidade do solo**, 2007.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p.743-755, 2009.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the degtiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid tritration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

ANEXOS



Figura 1. Área dessecada antes do plantio da soja superprecoce.



Figura 2. Plantio manual do sorgo granífero em safrinha



Figura 3. Comparação entre as plantas de sorgo em sistema solteiro (esquerda) e em consórcio (direita).



Figura 4. Plantas de sorgo granífero na entrelinha da soja superprecoce.