

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SOJA EM  
FUNÇÃO DE CULTURAS ANTECESSORAS**

Valdecir Batista Alves

DOURADOS – MS  
SETEMBRO/2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SOJA APÓS  
CULTIVOS DE OUTONO-INVERNO**

Acadêmico: Valdecir Batista Alves

Orientador: Dr. Gessi Ceccon

“Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)”.

DOURADOS – MS  
SETEMBRO/2016

Somos as escolhas que fazemos e as que omitimos  
A audácia que tivemos e os fantasmas aos quais sacrificamos  
A possível alegria e até pessoas a quem amamos  
A vida que abraçamos e a que desperdiçamos  
Em suma, fazemos a escritura da nossa complicada história.

Lya Luft

*A minha esposa Francielen, minha filha Heloisa, meus pais Nenê e Luzia (in memoriam), minhas irmãs Elisângela e Tatiane, meus sogros Vanderlei e Fátima, e a meus sobrinhos (as), que muito contribuíram apoiando-me para realização deste sonho.*

*DEDICO...*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida com vitórias, glórias, bênçãos e prosperidade.

A minha esposa Francielen Maria Santi Alves, que sempre me apoiou, incentivou, chorou comigo nas dificuldades, além das muitas novenas por ela rezadas sempre pelo bem de nossa família.

A minha filha Heloisa Santi Alves, que muito tem alegrado meus dias, servindo de fonte de expiração e motivação à conclusão de mais esta etapa.

A meus pais Florisvaldo Batista Alves e Luzia de Fátima Alves (*in memorian*), que conseguiram realizar o sonho de ver seus filhos formados, e especialmente por sempre me apoiarem em todas as decisões que tomei. Amo vocês e tenho orgulho em ser seu filho.

A minhas irmãs, que sempre me incentivaram e apoiaram, estimulando-me a sempre seguir em frente na busca pela realização deste sonho.

A meus sobrinhos (as) por me trazerem alegrias renovando minhas energias para recomeçar a luta.

A meus cunhados e cunhada pelo carinho e amizade.

A meus sogros Vanderlei Santi e Maria de Fátima Dib pelo apoio, carinho e compreensão em todos os momentos de dificuldades.

Ao meu orientador, professor Dr. Gessí Ceccon, pela orientação, amizade e dedicação.

Aos amigos que muito contribuíram para o desenvolvimento deste experimento: Rodrigo César Sereia, Antônio Luiz Neto Neto, Juslei Figueiredo da Silva, Leonardo Fernandes Leite, Eduardo de Moura Zanon, Adriana Arruda da Silva, Priscila Akemi

Makino, Tayná Carolina de Lima Garcia, Adriano dos Santos, Neriane de Oliveira Padilha, Robson Benites Soares, Amanda Rodrigues Moura, Renan Moreno Waterkemper.

A todos os funcionários da Embrapa Agropecuária Oeste, em especial Marno Miguel Schwingel e Gabriel José Carneiro, através dos quais estendo a todos os funcionários desta empresa.

A todos os amigos que me motivaram a encarar mais este desafio.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Doutorado, e a Embrapa Agropecuária Oeste pelo espaço e equipamentos.

A todos os professores da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, pelas valorosas contribuições teóricas e práticas para minha formação e consequente realização deste trabalho.

E a todos que por ventura não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, meu sincero MUITO OBRIGADO!!!

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização química e física do solo da área experimental, na profundidade de 0,0 a 0,1 m e de 0,1 a 0,2 m, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. ....	14
<b>Tabela 2.</b> Análise de variância das variáveis de crescimento de cultivares de soja em diferentes épocas de avaliação, conduzidos em sucessão a culturas de outono-inverno no ano agrícola 2012/2013 e 2013/2014, Dourados, MS. ....	20
<b>Tabela 3.</b> Índice de Clorofila a, b e total, Área Foliar (AF) e Índice de Área Foliar (IAF) de cultivares de soja em função da cultura antecessora, Dourados, MS. ....	22
<b>Tabela 4:</b> Altura de plantas (m) de cultivares de soja em função da cultura antecessora, em diferentes épocas de avaliação, no ano agrícola 2013/2014, Dourados-MS. ....	25
<b>Tabela 5:</b> Índice de Clorofila a em cultivares de soja em função da época de avaliação e cultura antecessora, no ano agrícola 2013/2014, Dourados-MS. ....	28
<b>Tabela 6.</b> Razão de Área Foliar (RAF), Área Foliar Específica (AFE) e Massa Seca Total (MST, em kg ha <sup>-1</sup> ) de cultivares de soja, em função da cultura antecessora, Dourados, MS, anos 2012/2013 e 2013/2014. ....	32
<b>Tabela 7:</b> Massa seca de vagens de cultivares de soja em função da cultura antecessora, em diferentes épocas de avaliação, no ano agrícola 2012/2013, Dourados-MS. ....	34
<b>Tabela 8:</b> Número de vagens de cultivares de soja em função da cultura antecessora, em diferentes épocas de avaliação, no ano agrícola 2013/2014, Dourados-MS. ....	36
<b>Tabela 9.</b> Análise de variância dos componentes de produtividade de cultivares de soja, conduzidos em função da cultura antecessora, no ano agrícola 2012/2013 e 2013/2014, Dourados, MS. ....	37
<b>Tabela 10.</b> Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) e Massa de grãos por planta (g planta <sup>-1</sup> ) de soja conduzida em função da cultura antecessora, no ano agrícola 2012/2013 e 2013/2014, Dourados, MS. ....	37
<b>Tabela 11.</b> Massa de grãos por planta, número de grãos por planta e massa de cem grãos (P100) de cultivares de soja, em 2012/2013 e 2013/2014, Dourados, MS. ....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (Temp.) diária de 01 de outubro de 2012 a 20 de fevereiro de 2013, Dourados/MS. ....	15
<b>Figura 2.</b> Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (Temp.) diária de 01 de outubro de 2013 a 20 de fevereiro de 2014, Dourados/MS. ....	15
<b>Figura 3.</b> Esquema do histórico da sucessão de culturas na área experimental no período de 2001 a 2014, Dourados/MS. ....	16
<b>Figura 4:</b> Área Foliar em cultivares de soja em função das culturas antecessoras, e diferentes épocas de avaliação, ano agrícola 2012/2013 (a) e 2013/2014 (b), Dourados-MS. ....	21
<b>Figura 5:</b> Déficit Hídrico (DH, em mm) verificado no solo durante a condução do experimento, Dourados-MS. ....	22
<b>Figura 6:</b> Altura de plantas (cm) de cultivares de soja, em diferentes épocas de avaliação e culturas antecessoras, nos anos 2012/2013 [(a) e (b)] e 2013/2014 [BRS 360RR (c) e BRS 284 (d)], Dourados-MS. ....	24
<b>Figura 7:</b> Índice de Clorofila de cultivares de soja, em diferentes épocas de avaliação, nos anos 2012/2013 [(a), (b) e (c)] e 2013/2014 [(d), (e), (f) e (g)], Dourados-MS. ....	27
<b>Figura 8:</b> Índice de Área Foliar em cultivares de soja em épocas de avaliação nos anos agrícolas 2012/2013 (a) e 2013/2014 (b), Dourados-MS. ....	30
<b>Figura 9:</b> Razão de área foliar (RAF), Área foliar específica (AFE) e Massa seca total (MST) em cultivares de soja em épocas de avaliação, em 2012/2013 (a) e 2013/2014 [(b), (c) e (d)], Dourados-MS. ....	31
<b>Figura 10:</b> Massa Seca de Vagens ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de cultivares de soja em função das culturas antecessoras e épocas de avaliação, em 2012/2013 [(a) e (b)] e 2013/2014 (c), Dourados-MS. ....	33
<b>Figura 11:</b> Número de Vagens ( $\text{planta}^{-1}$ ) de cultivares de soja em função das culturas antecessoras e épocas de avaliação, em 2012/2013 [(a) e (b)] e 2013/2014 [BRS 360RR (c) e BRS 284 (d)], Dourados-MS. ....	35

**SUMÁRIO**

ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
1 INTRODUÇÃO .....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 A cultura da Soja.....	5
2.2 Alternativas para sucessão à soja.....	6
2.3 As sucessões de cultivo e as influências no crescimento e produtividade da soja .	9
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1 Local e Clima.....	14
3.2 Delineamento Experimental .....	15
3.3 Histórico da Área experimental .....	16
3.4 Implantação dos cultivos de outono-inverno .....	16
3.5 Implantação da Soja.....	17
3.6 Avaliações na soja.....	17
3.7 Análise Estatística.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
5 CONCLUSÕES.....	41
6 AGRADECIMENTOS .....	41
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## RESUMO

O potencial produtivo da soja é resultante da interação entre o genótipo, o ambiente de produção e o manejo da cultura. Conhecer a resposta da soja a diferentes sistemas de cultivo é fundamental na busca do entendimento do manejo da cultura. Para determinar as influências dos sistemas de manejo sobre as culturas pode-se utilizar a análise de crescimento, por ser muito precisa na determinação da contribuição dos processos fisiológicos no crescimento e desenvolvimento da planta. Com este trabalho, objetivou-se verificar as alterações no crescimento e produtividade de cultivares de soja em sucessão a cultivos de outono-inverno. O experimento foi realizado em dois anos agrícolas, 2012/2013 e 2013/2014, na Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS, em Latossolo Vermelho Distroférrico de textura muito argilosa, em área de plantio direto. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados, esquema fatorial 4x2 e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de quatro culturas antecessoras (*Brachiaria ruziziensis*, consórcio milho-braquiária, milho solteiro e feijão caupi) e duas cultivares de soja (BRS 360RR e BRS 284). Para as avaliações de crescimento da soja, foram utilizadas cinco épocas de avaliação: 32, 46, 60, 74 e 88 DAS (dias após a emergência) como terceiro fator de avaliação. A cultivar BRS 284, de maneira geral, alcança maior desenvolvimento da parte aérea que a cultivar BRS 360RR. A cultura antecessora proporcionou alterações nas variáveis de crescimento da parte aérea da soja. A soja tem capacidade em se ajustar a pequenas alterações ambientais ou de manejo reduzindo os reflexos das sucessões de cultura sobre a produtividade. A soja conduzida em sucessão a *B. ruziziensis* obteve menor área foliar em virtude da imobilização do N para o processo de decomposição dos resíduos vegetais. Soja após feijão caupi apresenta maiores índices de clorofila e área foliar favorecido pelo nitrogênio oriundo da fixação biológica realizada pelas bactérias. Em um sistema de plantio direto consolidado, a soja após milho solteiro obteve os maiores resultados para área foliar, índice de área foliar e produtividade de grãos nos dois anos agrícola.

**Palavras chave:** Sistema plantio direto, sucessão de culturas, análise de crescimento.

## **GROWTH AND PRODUCTIVITY OF SOYBEANS IN THE FUNCTION OF PREVIOUS CROPS**

### **ABSTRACT**

The productive potential of soybeans is the result of the interaction between the genotype, the production environment and crop management. Knowing the soybean response to different cropping systems is fundamental in the search for an understanding of crop management. To determine the influences of the management systems on the cultures it can be use the analysis of growth, For being very precise in determining the contribution of the physiological processes in the growth and development of the plant. The objective of this work was to verify the changes in growth and yield of soybean cultivars in succession to autumn-winter crops. The experiment was carried out in two agricultural years, 2012/2013 and 2013/2014, at the Embrapa Agropecuaria Oeste, Dourados-MS, in a very clayey Dystroferric Red Latosol in a no-tillage area. It was used experimental design in randomized blocks, 4x2 factorial scheme and four replications. The treatments consisted of four previous crops (*Brachiaria ruziziensis*, maize-brachiaria consortium, single maize and cowpea) and two soybean cultivars (BRS 360RR and BRS 284). For the soybean growth assessments, five evaluation periods were used: 32, 46, 60, 74 and 88 DAS (days after the emergency) as the third evaluation factor. The cultivar BRS 284, in general, achieves greater development of the aerial part than the cultivar BRS 360RR. The previous crop provided changes in the growth variables of shoot soybean RR. Soybeans have the capacity to adjust to small environmental or management changes, reducing the effects of crop succession on productivity. The soybeans conducted in succession to *B. ruziziensis* obtained a smaller leaf area due to the immobilization of N for the process of decomposition of plant residues. Soybeans after cowpea showed higher rates of chlorophyll and leaf area favored by nitrogen from the biological fixation carried out by bacteria. In a consolidated no-tillage system, soybean after single maize obtained the highest results for leaf area, leaf area index and grain yield in the two years of agriculture.

**Keywords:** No-tillage system, crops succession, growth analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é a cultura agrícola brasileira que teve crescimento mais expressivo na última década, com um incremento de 45,84% na área plantada (Ministério da Agricultura..., 2016). Segundo mesmo autor, os incrementos da produtividade estão associados aos avanços tecnológicos, à eficiência dos produtores e ao manejo da cultura.

Das técnicas de manejo empregadas, o uso de plantas de cobertura no sistema plantio direto tem ganhado destaque, pois, segundo Silva *et al.* (2011), pode proporcionar melhores condições para o desenvolvimento da cultura da soja com reflexos positivos na produtividade de grãos.

A adoção da cobertura morta na superfície do solo cultivado apresenta-se como um grande aliado visto seu manejo conservacionista possuir inúmeras vantagens, como o aumento nos teores de matéria orgânica do solo (SALTON *et al.*, 2005), geralmente concentrada nos primeiros 10 cm o solo (ZANÃO JÚNIOR *et al.*, 2010), redução na compactação do solo (STONE; GUIMARÃES, 2005), melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (CONTE, 2007; SOUZA *et al.*, 2009), podendo resultar em maior produtividade das culturas (CHIODEROLI *et al.*, 2012).

A presença de plantas de cobertura no sistema plantio direto pode proporcionar melhores condições para o desenvolvimento da cultura da soja com seus reflexos positivos na produtividade de grãos (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Várias culturas são recomendadas para compor o sistema de plantio direto, destacando-se o consórcio milho-braquiária por manter o milho como cultura principal com a braquiária como planta de cobertura e/ou para alimentação animal (CECCON, 2011), a braquiária solteira (NASCENTE; CRUSCIOL, 2012), milheto (OLIVEIRA *et al.*, 2013; PACHECO *et al.*, 2009), feijão (OLIVEIRA *et al.*, 2013), entre outras.

Uma das formas de avaliar as interferências dos cultivos de outono-inverno no desempenho da soja em sucessão é a análise de crescimento. Através do emprego da técnica de análise de crescimento é possível caracterizar e entender o comportamento das plantas de soja sobre diferentes palhadas (OLIVEIRA *et al.*, 2013), bem como a contribuição dos diferentes órgãos na sua composição total, sendo este bastante preciso para determinar a contribuição dos processos fisiológicos (BENINCASA, 2003).

Quando cultivada em sucessão a palhadas de braquiária brizanta, milheto e feijão, a soja responde diferentemente às coberturas de solo, obtendo maior massa seca total, de

folhas, de caules e de vagens quando em sucessão ao cultivo de feijão (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Segundo os autores, o feijão proporcionou melhor ambiente de desenvolvimento para as plantas, possivelmente pela mais rápida liberação de nutrientes, especialmente o nitrogênio.

Desta forma, verificar as possíveis alterações promovidas pelas diferentes sucessões de cultivo nos componentes morfológicos e de produtividade, pode permitir atestar a qualidade de técnicas de manejo que busquem o aumento do rendimento das culturas.

O presente trabalho objetivou verificar as alterações no crescimento e produtividade de cultivares de soja em sucessão a cultivos de outono-inverno, em diferentes épocas de avaliação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da Soja

A soja é a cultura agrícola brasileira que teve crescimento mais expressivo na última década, um incremento de 45,84% na área plantada (Ministério da Agricultura..., 2016). Segundo mesmo autor, os incrementos da produtividade estão associados aos avanços tecnológicos, ao manejo da cultura e eficiência dos produtores.

A soja tem tido incremento em área cultivada, tanto em nível regional quanto nacional. De acordo com a CONAB (2016), a área cultivada com soja no Brasil na safra 2015/2016 foi de 33,2 milhões de hectares, o que representa um incremento de 3,5% em relação à safra anterior. Neste levantamento, a região Centro-Oeste alcançou um incremento de 2,1%, com evolução na área plantada de 14,6 para 14,9 milhões de ha. Mato Grosso do Sul foi responsável pelo cultivo de 2.430 mil ha, o que representa 16,28% da área cultivada no Centro-Oeste e 7,31% do Brasil.

Segundo o mesmo levantamento, a produtividade teve um decréscimo de 4,5% em MS, no entanto, a produção obteve elevação de 0,9% alcançando 7,24 milhões de toneladas. Conforme dados divulgados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) em junho de 2016 (citado por CONAB, 2016), a produção mundial de soja na safra 2015/2016 foi de 313,26 milhões de toneladas, com o Brasil responsável por aproximadamente 31% deste. O USDA estima que a safra americana obtenha uma redução na área plantada na próxima safra, isto resultará numa redução de 3,52 milhões de t, enquanto no Brasil a expectativa de acréscimo de 6,19%, fazendo com que seja ultrapassada a casa de 103 milhões de t, ficando a poucas toneladas para se tornar o maior produtor mundial da cultura (CONAB, 2016).

O potencial produtivo da soja é determinado pela interação entre o genótipo, o ambiente de produção e o manejo da cultura. Na busca pela máxima eficiência produtiva o sistema de plantio direto tem se destacado como um grande aliado devido a seu manejo conservacionista. Contudo, pouco se sabe das interferências da cultura antecessora sobre o desenvolvimento da soja. Debiasi *et al.* (2010) avaliaram o número de plantas, número de vagens por planta, o número de grãos por vagens e massa de mil grãos, e não verificando diferenças significativas após cultivo de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), consórcio aveia-preta+ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e pousio. Segundo Ludwig *et al.* (2010), o

conhecimento do comportamento da soja sob diferentes condições de cultivo se torna fundamental na busca do entendimento do manejo da cultura.

## 2.2 Alternativas para sucessão à soja

Na safra 2015/2016, depois a soja, a cultura com maior área plantada é o milho, com 15,75 milhões de ha, divididos em 35% na primavera/verão e 65% na segunda safra, ou seja, no outono-inverno, o que faz da sucessão soja/milho a mais recorrente nas áreas de produção agrícola (CONAB, 2016).

No cultivo de outono-inverno, o milho, solteiro ou consorciado com braquiária, atinge a maior área cultivada com 10,24 milhões de ha (CONAB, 2016), se consolidando como principal cultura. O cultivo do milho após a soja é tido como benéfico, pois ambas as culturas são favorecidas, podendo elevar seu potencial produtivo. Contudo, a contínua sucessão soja/milho pode trazer inúmeros problemas ao sistema produtivo como o surgimento e a pressão de seleção de pragas hospedeiras em ambas as culturas, entre outras dificuldades, levando a necessidade de produção de grandes quantidades de palha (CHIODEROLI *et al.*, 2012) e com distribuição uniforme na superfície do solo (CONCENÇO *et al.*, 2013).

O consórcio entre espécies forrageiras tem se tornado uma alternativa viável técnica e economicamente (GARCIA *et al.*, 2012) de maneira que a associação de milho com braquiária permite a manutenção do milho como cultura de rendimento econômico, sem reduções significativas (CECCON, 2007), e da braquiária com a produção de palha para cobertura do solo, principalmente no período entre a colheita do milho e a dessecação que antecede a semeadura da soja em sucessão (CECCON *et al.*, 2013a). Essa modalidade de consórcio tem sido adotada, principalmente por agricultores interessados em produzir palha, em sistema plantio direto, pastagem para alimentação animal ou ambos.

A consorciação de culturas pode proporcionar o aumento da quantidade de palha, visando à melhor cobertura do solo para a realização da semeadura direta e muitas vezes o aumento de produtividade na cultura sequente e/ou a antecipação da formação de pastagem (CHIODEROLI *et al.*, 2010).

Por ser uma espécie perene, a braquiária continua produzindo massa após a colheita do milho segunda safra, e com o início do período chuvoso sua massa produzida pode ser maior do que a massa produzida durante o cultivo de milho safrinha, e por

consequência, melhoram as condições para cultivo da soja em sucessão (CECCON *et al.*, 2009a; SEVERINO *et al.*, 2006).

A massa produzida após a colheita do milho pode ser utilizada tanto para cobertura de solo como para pastejo, devendo ser planejado seu uso desde antes da implantação por implicar diretamente em vários fatores, como, por exemplo, na escolha da espécie forrageira para compor o consórcio junto com o milho. Quando se leva em consideração a população de plantas de braquiária, consorciada com o milho, Alves *et al.* (2013) concluíram que o uso de cinco plantas de *U. ruziziensis* m<sup>-1</sup> proporciona maiores produtividades para o milho em consórcio, melhorando ainda o desempenho da soja em sucessão.

Outra alternativa está na rotação de culturas com pastagem solteira, por possibilitar a reposição dos teores de matéria orgânica do solo (JANTALIA *et al.*, 2006) com resíduos vegetais que são indispensáveis para aumentar o tamanho e a estabilidade dos agregados, favorecendo o controle da erosão (SALTON *et al.*, 2005) e controle de plantas daninhas (CONCENÇO *et al.*, 2013). Destaca-se ainda a eficiência das forrageiras no controle dos principais nematoides da cultura da soja, por possuírem, geralmente, fatores de reprodução menores que 1,0 resultando numa redução populacional da praga (GARDIANO *et al.*, 2012), melhorando a condição de cultivo da cultura subsequente.

O feijão tem se tornado uma cultura com grande potencial de produção em Mato Grosso do Sul. Alguns fatores tem dificultado o avanço da área plantada, dentre eles: necessidade hídrica, custos elevados de produção com sementes de alto valor e geralmente escassas, mosca-branca e doenças de solo (nematoides) (CONAB, 2016). Contudo, atualmente os preços atrativos têm estimulado os produtores detentores de sistemas de irrigação a realizarem seu cultivo, possivelmente com semeadura em setembro e colheita em dezembro, permitindo ainda que se faça a semeadura da soja tardia no mês de dezembro.

Outra possibilidade está no cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), espécie de grande destaque principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, pela sua importância na alimentação básica da população dessas regiões. É uma espécie com ótimo potencial para simbiose com as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, de rápido crescimento, com boa cobertura do solo, resultando em melhorias na fertilidade do solo (FREIRE FILHO *et al.*, 2005). Esta cultura encontra-se em franca expansão na região Centro-Oeste e, pela rusticidade, ciclo curto e comportamento de adubo verde, pode se constituir em importante espécie para cultivo no outono-inverno em Mato Grosso do Sul,

com genótipos adaptados para a região (CECCON *et al.*, 2009b).

A faixa de temperatura ótima para o cultivo de feijão-caupi está entre 20 e 30 °C, fato este que pode justificar o crescimento da área cultivada. De todo o feijão cultivado entre os anos de 2005 e 2009, 6% da área plantada em Mato Grosso do Sul foi cultivado com feijão-caupi, obtendo 3% da produção total (CAMPOS *et al.*, 2010).

Apesar de não haver registros de produção da cultura na safra 2015/2016 no estado, Ceccon *et al.* (2013b), avaliando a produtividade e tempo de cocção de grãos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto cultivados em Dourados/MS, no ano 2011, verificaram produtividades de até 1.667 kg ha<sup>-1</sup>, bem superior às médias apresentadas na região Nordeste em torno de 215 kg ha<sup>-1</sup>, região onde a cultura é mais tradicional. Matoso *et al.* (2013) identificaram produtividade de até 1.756 kg ha<sup>-1</sup> com o cultivo de feijão-caupi, cultivar Novaera, em sistema de consorcio com milho. Com o potencial produtivo verificado em ambos os experimentos conduzidos no município de Dourados, MS, pode-se identificar o grande potencial de cultivo da cultura, favorecida pelas condições climáticas do estado, que em algumas regiões, poucos são os dias em que a temperatura mínima registrada é inferior a faixa de temperatura de 20 a 30 °C dita por Campos *et al.* (2010) como sendo a ideal para seu desenvolvimento.

Além das áreas tradicionais de agricultura de Mato Grosso do Sul, o cultivo de feijão-caupi possui grande potencial de expansão na região norte do Estado em virtude de sua baixa exigência hídrica (BASTOS *et al.*, 2008), de fertilidade de solo (EMBRAPA, 2003) e, ainda, em virtude do reduzido risco de ocorrência de geadas quando comparado com o sul do Estado.

Quando se objetiva diversificar os modelos de produção envolvendo a soja, é recomendado a utilização de espécies vegetais de crescimento rápido, como, por exemplo, o nabo forrageiro e milheto (DEBIASI *et al.*, 2015). Os autores afirmam ainda que estas culturas podem ser semeadas como segunda safra, com a terceira safra sendo a cultura do trigo em sucessão. A soja é semeada normalmente entre a segunda quinzena de setembro e o mês de dezembro, com colheita variando de janeiro a abril, enquanto o trigo pode ser semeado de março a maio.

A diversificação de cultivos promove maior cobertura do solo, descompactação e ciclagem de nutrientes para o trigo cultivado em sucessão. Outro modelo de sucessão recomendado é o cultivo do milho solteiro na segunda safra, com o milheto ou aveia, dependendo das condições climáticas da região, após a colheita do milho (DEBIASE *et al.*, 2015).

A sucessão de cultivos distintos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes e aumento na fertilidade do solo, resultando no melhor uso de insumos agrícolas (CARVALHO *et al.*, 2004a). No entanto, a resposta das culturas dependerá da interação entre fatores como a natureza do material (relação C/N, teor de lignina), das propriedades do solo, das características da cultura principal e do clima.

A escolha da cultura que será implantada na safrinha deve ser baseada na colheita da soja, pois, em caso de colheita tardia, devem-se utilizar plantas que exijam baixa disponibilidade e capacidade de tolerar a déficits hídricos, característicos do período de outono-inverno. Caso a opção seja por uma cultura de cobertura de solo, a escolha deve levar em conta fatores como tolerância a geadas, volume de fitomassa produzida, relação carbono/nitrogênio que permita boa persistência da palhada, e ainda auxiliem na ciclagem de nutriente, disponibilizando para a cultura subsequente (SEREIA, 2014). Para Debiasi *et al.* (2015), a escolha das espécies que comporão o sistema de produção deve levar em consideração, além dos citados anteriormente, a diversificação de culturas, a aptidão agrícola da área, as condições edafoclimáticas, uso de espécies com diferentes exigências nutricionais, a diversificação de princípios ativos e mecanismos de ação de produtos fitossanitários, evitar o uso de plantas para produção de sementes com potencial de se tornarem invasoras de difícil controle, e além de gerar renda deve proporcionar economia e eficiência do uso de insumos no sistema de produção.

O grau de diversificação do sistema de produção melhora a qualidade do manejo, proporcionando maior sustentabilidade e estabilidade ao sistema de produção. A consorciação entre culturas de diferentes famílias botânicas, a integração da agricultura com a pecuária e utilização das janelas de cultivo, ou seja, a não existência de áreas sem cobertura, potencializam os efeitos positivos dos níveis de diversificação sobre a sustentabilidade e estabilidade dos sistemas de produção. Dentre as espécies sugeridas destacam-se o trigo, as aveias, a canola, o girassol e algumas espécies de forrageiras tropicais, como as dos gêneros *Urochloa* e *Panicum* (DEBIASI *et al.*, 2015).

### **2.3 As sucessões de cultivo e as influências no crescimento e produtividade da soja**

A produtividade de uma cultura depende, além dos fatores genéticos, das condições de solo e de clima, principalmente da capacidade de interceptar e absorver a radiação fotossinteticamente ativa para produzir e fornecer fotoassimilados à formação,

fixação e desenvolvimento de estruturas reprodutivas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Desta forma, a produção da planta é dependente do processo fotossintético, influenciando ainda no crescimento e desenvolvimento da cultura, podendo afetar a produtividade.

A soja, como uma planta de cultivo anual em crescimento, apresenta diferentes fases. Seu desenvolvimento inicial é lento, pois depende das reservas contidas nas sementes, posteriormente, após o desenvolvimento do sistema radicular e a emergência das folhas, tem um rápido crescimento através da retirada de água e nutrientes do solo e da atividade fotossintética, aumentando em massa até o completo enchimento dos grãos, entrando para a fase de senescência, que resulta em um decréscimo no acúmulo de matéria seca (LUCCHESI, 1984).

Em virtude de o desenvolvimento vegetal variar no decorrer do ciclo, é importante o conhecimento das interferências das culturas antecessoras no desempenho da soja em sucessão, sendo esta verificação feita por meio da análise de crescimento. Benincasa (2003) afirma que através do estudo das interações dos parâmetros fisiológicos, com a área foliar, com cada fator ambiental, em particular, e/ou estágio de desenvolvimento da planta, permite que seja conhecida a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais em que estas plantas crescem. Desta forma, a análise do crescimento de uma planta é a ferramenta e o meio mais acessível e de alto grau de precisão visando avaliar o desenvolvimento de um vegetal, bem como a contribuição dos diferentes processos fisiológicos sobre o seu desempenho, nas diferentes condições a que são submetidos.

Uma análise de crescimento permite avaliar o crescimento da planta como um todo e, ainda, a contribuição dos diferentes órgãos no desenvolvimento total, sendo este bastante preciso para determinar a contribuição dos processos fisiológicos, permitindo atestar a qualidade de técnicas de manejo que busquem o aumento da produtividade (BENINCASA, 2003).

Para realização de uma análise quantitativa, Lucchesi (1984) afirma que os elementos necessários na utilização desse método de análise são a massa da matéria seca e a respectiva área foliar, da planta a ser analisada, em sucessivas épocas de amostragem. A partir da área foliar e da massa seca das folhas e hastes podem ser determinadas variáveis como o índice de área foliar, razão de área foliar e a área foliar específica (BENINCASA, 2003). Segundo mesmo autor, estas variáveis são importantes, pois representam a eficiência das plantas na transformação da água e dos nutrientes em fotoassimilados e da eficiência fotossintética.

A razão de área foliar representa a área foliar útil para a fotossíntese, sendo resultado da proporção entre a área foliar e a massa total da planta (BENINCASA, 2003). Expressa-se em  $\text{cm}^2$  ou  $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ , declinando enquanto a planta cresce, em função do autossombreamento, com a tendência da diminuição da área foliar útil ou fotossinteticamente ativa (responde pela interceptação da radiação luminosa e captação do  $\text{CO}_2$  na fotossíntese), para a produção de matéria seca (PEIXOTO *et al.*, 2011).

Já área foliar específica relaciona a superfície, componente morfológico, e a fitomassa, componente anatômico, estando relacionado com a composição interna da folha formada pelo número e/ou tamanho de células do mesófilo foliar (PEIXOTO; PEIXOTO, 2004).

O índice de área foliar (IAF) revela a capacidade ou a velocidade com que a área foliar ocupa a área do solo disponível. O aumento no IAF se dá com o crescimento da cultura até que o autossombreamento das folhas do baixeiro leve a uma redução da eficiência fotossintética por unidade de área (LUCCHESI, 1984). Com a proximidade do final do ciclo há redução no IAF com a senescência das folhas. De acordo com Heiffing *et al.* (2006), a soja cultivada no espaçamento 0,4 m varia de 0,7 em V7, aumentando até R5 (3,2), decrescendo a partir de então.

A área foliar de uma planta compõe sua matéria prima para os processos da fotossíntese, sendo importante para a produção de carboidratos, lipídeos e proteínas (PEIXOTO *et al.*, 2011). A eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, o crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes, é dependente da clorofila, presente em todos os vegetais verdes (ENGEL; POGGIANI, 1991).

A clorofila é constantemente sintetizada e destruída (foto-oxidação) na presença da luz, aumentando a velocidade de decomposição proporcionalmente a intensidade luminosa (TAIZ; ZEIGER, 2004). Além da concentração, a proporção entre as clorofilas *a* e *b* também é dependente do estresse, com tendência de redução de acordo com o nível de estresse.

Além de atuar no processo fotossintético, a clorofila tem sua importância aumentada quando se leva em consideração que sua estrutura molecular é composta por um átomo central de Mg ligados a quatro átomos de nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2004). Este fato torna-se importante devido a possibilidade de interferência da fertilização nitrogenada fornecida à cultura em alterar a quantidade de moléculas de clorofila presentes na planta.

Neste contexto, as sucessões de cultivo com feijão-caupi possibilitam, na

incorporação de seus resíduos, incrementos significativos de nitrogênio no solo, podendo alcançar até 40,8% do nitrogênio, num latossolo amarelo, oriundo da decomposição de restos culturais (ALFAIA, 1997), fato que pode favorecer a maior índice de clorofila nas folhas de soja cultivadas em sucessão.

A soja possui a capacidade de responder a estímulos adversos através da compensação (RICCE *et al.*, 2011), conhecida por plasticidade, em resposta a fatores como a desuniformidade no estande e componentes como luz e espaço físico (PACHECO *et al.*, 2009), e ainda outros, como meteorológicos e de manejo da cultura (VENTIMIGLIA *et al.*, 1999), reduzindo as variações na produtividade final. A plasticidade também foi verificada por Carvalho *et al.* (2004b), avaliando o desempenho da soja após cultivo de diferentes adubos verdes (mucuna-preta, guandu, *Crotalaria juncea* L. e milheto), e Machado e Assis (2010), analisando a soja após espécies forrageiras (*B. ruziziensis*; *B. decumbens*; *B. brizantha* cv. Marandu e Xaraés; *Panicum maximum* cv. Tanzânia e Mombaça, *P. maximum* x *P. infestans* cv. Massai; *Pennisetum americanum* cv. BRS 1501; e *Sorghum bicolor* cv. Santa Elisa.), que não identificaram diferenças na produtividade da soja em plantio direto, entretanto houve variação no número de vagens por planta e número de grãos por vagem.

A altura de plantas e de inserção de vagens, e o número de ramificações por planta são características genéticas da cultivar, podendo ser influenciados pelo ambiente, principalmente pela fertilidade do solo e pelas condições climáticas (MANCIN *et al.*, 2009). Fontaneli *et al.* (2000) verificaram que o cultivo de aveia-branca, trigo e aveia-preta em consórcio com ervilhaca peluda não influenciou significativamente a produção de grãos de soja, sob plantio direto, inclusive com a formação e manutenção de nódulos em soja, em todos os sistemas de produção.

A soja cultivada em sucessão ao consórcio milho-braquiária não sofre alterações nas características agronômicas, sendo conduzida em boas condições de desenvolvimento (CHIODEROLI, 2010). Silveira e Stone (2003) também não verificaram diferenças proporcionadas pela rotação de culturas sobre a produtividade da soja. Não haver diferença na produtividade da soja pode ser interpretado como um fator positivo para o sistema de rotação, pois há ainda os benefícios indiretos dos sistemas de cultivos, como ciclagem de nutrientes, redução na densidade populacional de nematoides, de pragas, doenças, bem como um aumento da tolerância das plantas de soja aos danos, resultando em redução dos prejuízos econômicos ocasionados à soja.

O aumento da macroporosidade do solo é favorecido quando a soja é cultivada após a consorciação de milho com braquiária (CHIODEROLI *et al.*, 2012). A presença das

raízes de braquiária em decomposição, durante o cultivo da soja, permite liberação gradual de nutrientes à soja, e favorece o desenvolvimento de suas raízes no perfil do solo, minimizando o estresse em períodos de estiagem.

Os benefícios do consórcio de milho com braquiária foram identificados por Correia *et al.* (2013), antecedendo à soja em rotação, sobre a densidade e a matéria seca de plantas daninhas que reduziram linearmente com o aumento da quantidade de sementes de braquiária. Leandro e Asmus (2015) observaram que em área cultivada com milho no verão, em rotação com a soja no verão anterior, há redução na quantidade de nematoides presentes no solo.

Parcianello *et al.* (2004), avaliando as influências da redução no espaçamento entre fileiras, na tolerância da soja à diminuição de área foliar fotossintética, em sistema de semeadura direta, verificaram que as alterações na área foliar da soja provocam variações na produtividade, podendo ocorrer reduções superiores a 80% quando ocorre desfolha total no estágio R5, durante o enchimento de grãos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e Clima

O experimento foi realizado na Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, localizada nas coordenadas de 22°13' Sul e 54°48' Oeste, a 400 m de altitude. O experimento foi realizado em dois anos/safras, com semeadura das culturas de outono-inverno e a soja, respectivamente em março e outubro, tanto em 2012 como em 2013. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006), apresentando caracterização química e física conforme descrito na Tabela 1.

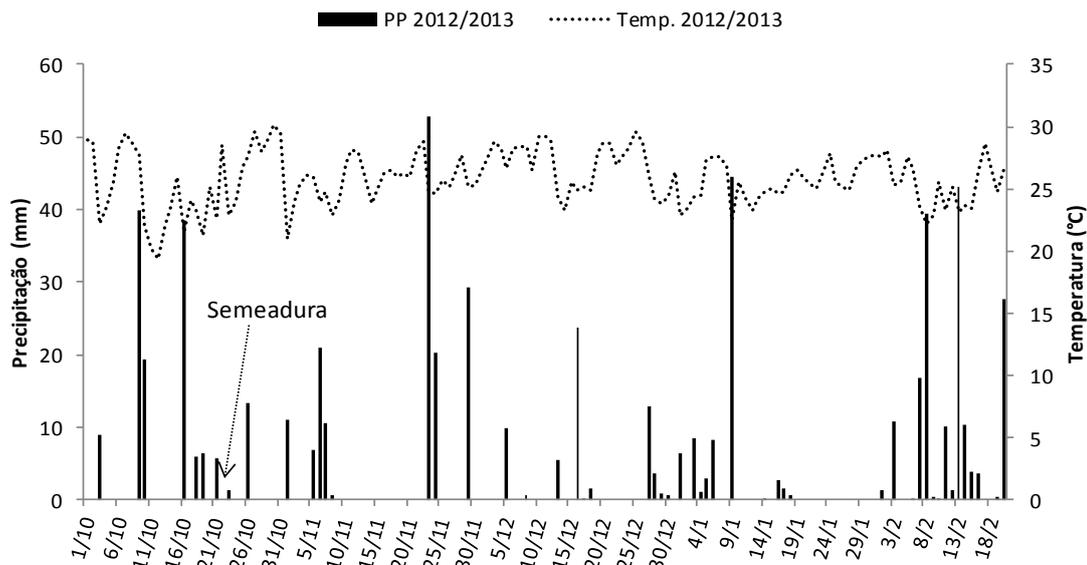
**Tabela 1.** Caracterização química e física do solo da área experimental, na profundidade de 0,0 a 0,1 m e de 0,1 a 0,2 m, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

Areia	Silte	Argila	pH <sub>(CaCl<sub>2</sub>)</sub>	MO	P*	K	Ca	Mg	Al	SB	H+Al	CTC	V%
.....g kg <sup>-1</sup> .....			1:2,5	mg dm <sup>-3</sup>	.....mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....								
160	117	723	5,8	39,46	41,53	9,1	65,3	26,7	0,0	101,1	3,85	139,6	72,4

\*Mehlich-1

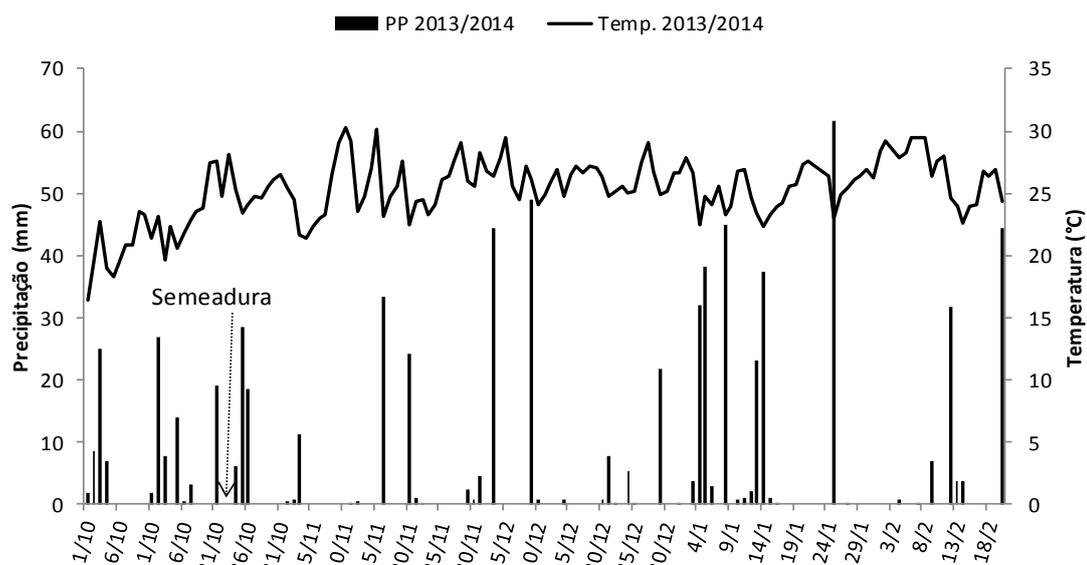
O clima da região é classificado segundo Köppen, como Am (Tropical Monçônico) com verões quentes e invernos secos, temperaturas máximas observadas nos meses de dezembro e janeiro e as temperaturas mínimas entre maio e agosto, coincidindo com chuva excedente na primavera-verão e déficit hídrico no outono-inverno (FIETZ *et al.*, 2013).

Os dados de precipitação e temperatura média durante o experimento foram obtidos na estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste Dourados, MS, a aproximadamente 400 m do experimento e estão representados nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (Temp.) diária de 01 de outubro de 2012 a 20 de fevereiro de 2013, Dourados/MS.

Fonte: Embrapa (2016).



**Figura 2.** Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (Temp.) diária de 01 de outubro de 2013 a 20 de fevereiro de 2014, Dourados/MS.

Fonte: Embrapa (2016).

### 3.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de quatro culturas antecessoras (milho, *Brachiaria ruziziensis* e feijão-caupi solteiros e o consórcio de milho com *B. ruziziensis*) e duas cultivares de soja (BRS 360RR e BRS 284). Para as avaliações de crescimento foram utilizadas cinco épocas de avaliação:

32, 46, 60, 74 e 88 DAS (dias após a emergência) como terceiro fator de avaliação. A unidade experimental foi constituída pela média de três plantas coletadas aleatoriamente em cada subparcela.

### 3.3 Histórico da Área experimental

A área vem sendo cultivada com a cultura da soja no verão em sucessão ao milho solteiro no período de outono-inverno, em sistema de semeadura direta, desde o ano de 2001, conforme esquematizado na Figura 3. A partir do ano agrícola 2008/2009 teve início a sucessão com as culturas utilizadas para condução deste experimento, com as culturas sempre cultivadas na mesma área.

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Sucessão Soja-Milho solteiro Sistema de Semeadura Direta							Primavera-Verão				Outono-Inverno			
							Soja				Feijão Caupi Milho <i>Brachiaria ruziziensis</i> Milho + <i>B. ruziziensis</i>			

**Figura 3.** Esquema do histórico da sucessão de culturas na área experimental no período de 2001 a 2014, Dourados/MS.

### 3.4 Implantação dos cultivos de outono-inverno

Os tratamentos de outono-inverno foram constituídos por: 1) milho solteiro híbrido simples BRS 1010, em espaçamento 0,9 m e população de 5 plantas m<sup>-2</sup>; 2) *B. ruziziensis* solteira semeada em linhas espaçadas 0,45 m com população de 20 plantas m<sup>-2</sup>; 3) milho em espaçamento 0,9 m consorciado com linhas intercaladas de *B. ruziziensis* (10 plantas m<sup>-1</sup>); e 4) feijão-caupi, cultivar BRS Guariba em espaçamento 0,45 m e população de 20 plantas m<sup>-2</sup>.

A implantação das culturas foi realizada mecanicamente em parcelas de 10 m x 50 m, utilizando semeadora marca Semeato modelo PAR, no primeiro decêndio de março, com adubação de 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-20-20. As sementes de milho foram tratadas com inseticida thiodicarbe, na dose de 3,5 mL kg<sup>-1</sup> de semente. O controle de plantas daninhas foi realizado com uma aplicação de atrazine na dose de 1,5 L ha<sup>-1</sup>, em pós-emergência do milho e das plantas daninhas, e capinas manuais nas parcelas de feijão-caupi. As pragas foram controladas mediante uma aplicação de inseticida deltamethrin aos

10 dias após a emergência do milho, na dose de 50 mL ha<sup>-1</sup>.

A colheita do feijão-caupi foi realizada no segundo decêndio de junho, e a do milho solteiro ou consorciado, foi realizada no primeiro decêndio de agosto, em ambos os anos de cultivo. A braquiária solteira foi utilizada para pastejo de animais, com lotação de 2,75 unidades animal. Os animais permaneceram na área até o início de setembro, quando foram retirados para que ocorresse a rebrota da braquiária para posterior dessecação e semeadura da soja, no terceiro decêndio de outubro.

### 3.5 Implantação da Soja

A dessecação, em área total, foi realizada 14 dias antes da semeadura, utilizando herbicida glyphosate na dose de 1,08 kg ha<sup>-1</sup> de equivalente ácido, com 200 L ha<sup>-1</sup> de calda, em pulverizador tratorizado.

Foram utilizadas as cultivares de soja BRS 284 e BRS 360RR. A cultivar BRS 284 possui tipo de crescimento indeterminado, grupo de maturação 6.3, ciclo variando de 108 a 118 dias na região de Dourados-MS. A cultivar BRS 360RR possui tipo de crescimento indeterminado, ciclo de 106 a 116 dias, e grupo de maturação 6.2 (EMBRAPA, 2014).

As cultivares de soja foram semeadas no terceiro decêndio de outubro sobre os cultivos de outono-inverno. As subparcelas foram constituídas de sete linhas espaçadas 0,45 m com 10 m de comprimento. As sementes de soja foram inoculadas no momento da semeadura com *Bradirhizobium japonicum*. A semeadura foi realizada buscando população de 290 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com adubação de 204 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 00-20-20. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendações técnicas para a cultura.

### 3.6 Avaliações na soja

Durante o crescimento da soja, nas cinco épocas de avaliação (32, 46, 60, 74 e 88 DAS), determinou-se o Índice de clorofila *a*, *b* e total, utilizando aparelho medidor eletrônico Falker, modelo CFL1030 (FALKER, 2012). As leituras de clorofila foram realizadas na folha média do terceiro trifólio completamente desenvolvido, no limbo foliar, evitando-se as nervuras das folhas. O índice é resultado da média da leitura de três plantas em cada unidade experimental.

Em seguida, foram coletadas três plantas por parcela, devidamente identificadas e levadas a laboratório para as demais avaliações. Realizou-se a mensuração da altura de plantas (AP) com auxílio de uma régua milimetrada, em cm; número de vagens (NV) por

meio de contagem das vagens maiores que um cm; e da massa seca das vagens (MV), secas em estufa de circulação forçada, por 72 h, expressa em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Para a determinação da área foliar por planta (AFP), as folhas foram destacadas das hastes, e, em seguida, tiveram a área mensurada por um medidor de área foliar, de bancada, modelo LI-3100C (LI-COR, 2012). A massa seca total (MST) foi determinada em estufa de circulação forçada por 72 h, expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

De posse da massa seca dos componentes da parte aérea (folha, hastes e vagens), determinou-se: o índice de área foliar (IAF), em função da área foliar por planta e a população de plantas por hectare, divididos pela área de um hectare, sendo  $\text{IAF} = \text{AFP} \times \text{População de plantas} / 10.000$ ; razão de área foliar (RAF), que expressa a área foliar útil para fotossíntese ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ), sendo o quociente entre a AFP e a MST por planta, expressa pela fórmula:  $\text{RAF} = \text{AFP} / \text{MST planta}^{-1}$ ; e área foliar específica (AFE), expressa em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  de folha, é o componente morfológico e anatômico da RAF, porque relaciona a superfície (AFP) com a massa da matéria seca das folhas (MSF), calculada pela fórmula:  $\text{AFE} = \text{AFP} / \text{MSF}$ .

Na colheita da soja, coletaram-se três plantas por unidade experimental, que foram levadas a laboratório para realizar as avaliações de: número de vagens por planta, massa de grãos por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e o número de grãos por planta. A produtividade dos grãos foi obtida com a colheita mecânica das duas linhas centrais de cinco metros de comprimento em cada unidade experimental, e posteriormente extrapoladas para  $\text{kg ha}^{-1}$ . Após a contagem, a massa de cem grãos foi determinada em balança semi-analítica. A produtividade e a massa de cem grãos teve sua umidade corrigida para 13%.

### 3.7 Análise Estatística

Com auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2008), os dados foram submetidos à análise de variância. Quando significativas, as médias das variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e das variáveis quantitativas analisadas num modelo de regressão polinomial de melhor ajuste. Realizou-se ainda a análise de correlação entre as variáveis de folha com a produtividade e a massa de cem grãos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

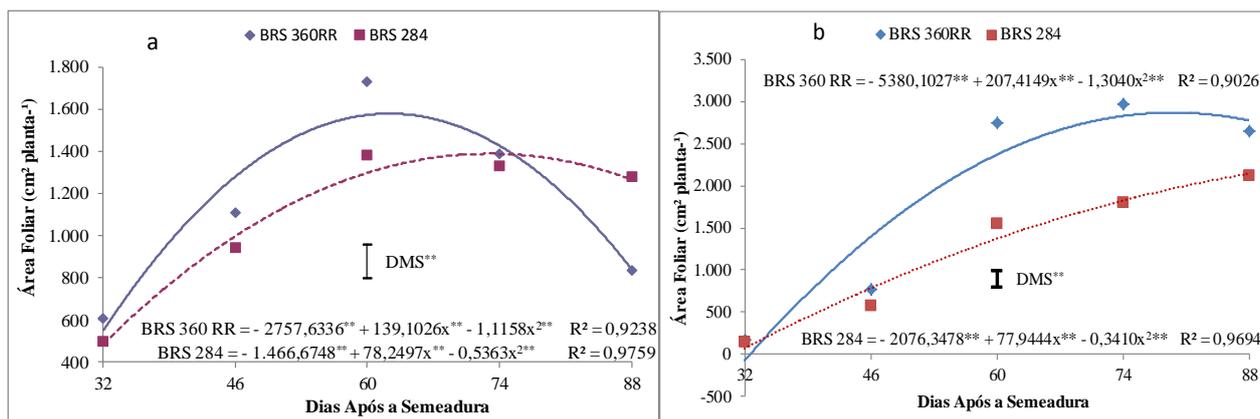
De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 2) verificou-se efeito da interação Época de Avaliação (EA) X Cultivar de Soja (CS) e da Cultura Antecessora (CA) sobre os índices de clorofila, área foliar e índice de área foliar no ano agrícola 2012/2013, e área foliar, índice de área foliar e massa seca total, em 2013/2014. Já em 2012/2013, verificou-se efeitos significativos da interação EAxCS, EAxCA e CAxCS para Altura de Plantas; e EAxCS e EAxCA sobre o número de vagens. No ano agrícola 2013/2014 a interação EAxCS promoveu alterações no índice de clorofila, razão de área foliar e área foliar específica, enquanto que a interação EAxCA foi observada somente sobre a massa seca de vagens. Efeitos individuais de EA e CS foram observados sobre a razão de área foliar e área foliar específica, e de EA e CA sobre a massa seca total, em 2012/2013. A interação tripla entre os tratamentos foi verificada sobre a massa seca total, em 2012/2013, e no índice de clorofila *a*, altura de plantas e número de vagens no ano 2013/2014.

**Tabela 2.** Análise de variância das variáveis de crescimento de cultivares de soja em diferentes épocas de avaliação, conduzidos em sucessão a culturas de outono-inverno no ano agrícola 2012/2013 e 2013/2014, Dourados, MS.

Variável	ANO AGRÍCOLA 2012/2013			SIGNIFICÂNCIA						
	Média	C.V. (%)		EA	CS	CA	EA x CS	EA x CA	CS x CA	EA x CS x CA
Índice de Clorofila <i>a</i>	33,72	5,1	**	**	**	**	**	ns	ns	ns
Índice de Clorofila <i>b</i>	16,84	9,2	**	**	**	**	**	ns	ns	ns
Índice de Clorofila total	50,56	5,6	**	**	**	**	**	ns	ns	ns
Área Foliar	1.110,76	20,4	**	ns	**	**	**	ns	ns	ns
Índice de Área Foliar	3,92	25,1	**	ns	**	**	**	ns	ns	ns
Razão de Área Foliar	98,72	19,6	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Área Foliar Específica	226,27	13,3	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Altura de Plantas	0,61	6,6	**	**	**	*	**	*	*	ns
Número de vagens	97,30	28,4	**	**	**	**	**	**	ns	ns
Massa Seca de Vagens	19,22	24,9	**	**	**	**	**	**	*	*
Massa Seca Total	3,83	22,3	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
ANO AGRÍCOLA 2013/2014										
Índice de Clorofila <i>a</i>	29,47	5,4	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	*
Índice de Clorofila <i>b</i>	14,78	11,5	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Índice de Clorofila total	44,25	6,9	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Área Foliar	1.549,24	18,1	**	**	**	**	**	ns	ns	ns
Índice de Área Foliar	5,34	18,1	**	**	**	**	**	ns	ns	ns
Razão de Área Foliar	115,64	9,7	**	**	ns	**	**	ns	ns	ns
Área Foliar Específica	249,42	9,4	**	**	ns	**	**	ns	ns	ns
Altura de Plantas	58,74	6,7	**	**	**	**	**	ns	ns	**
Número de Vagens	30,10	24,5	**	**	ns	**	**	**	ns	**
Massa Seca de Vagens	2,81	35,8	**	ns	**	ns	**	**	ns	ns
Massa Seca Total	3,98	19,5	**	**	*	**	**	ns	ns	ns

Obs. ns – não significativo; \*\* e \*, significativos a 1% e 5% de probabilidade. Abreviaturas: C.V.(%) – Coeficiente de Variação (%); EA – Época de Avaliação; CS – Cultivar de Soja; CA – Cultura Antecessora.

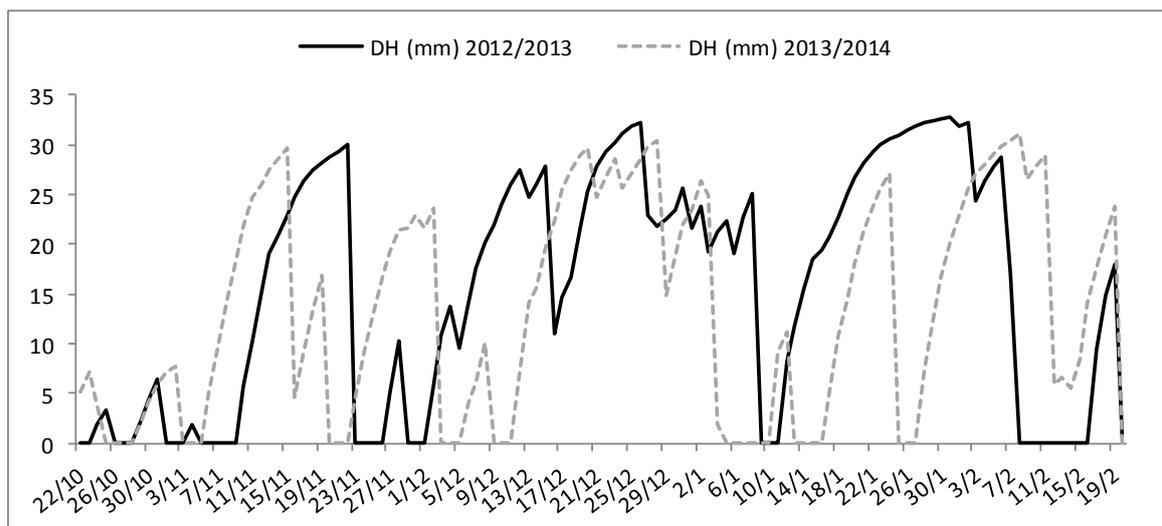
As folhas têm função importante na composição das plantas, por serem o principal responsável pelo processo fotossintético, convertendo a solução do solo em fotossimilados, os quais são distribuídos às demais partes da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). Neste experimento, verificou-se que a área foliar (Figura 4) das cultivares de soja ajustou-se num modelo de regressão quadrático, semelhante ao identificado na cultivar FT-Abyara, por Parcianello *et al.* (2004), ao avaliar os efeitos da redução no espaçamento entre linhas, na tolerância da soja a redução da área foliar, em sistema de plantio direto.



**Figura 4:** Área Foliar em cultivares de soja em função das culturas antecessoras, e diferentes épocas de avaliação, ano agrícola 2012/2013 (a) e 2013/2014 (b), Dourados-MS. Obs. <sup>ns</sup>: Não Significativo; <sup>\*\*</sup>: significativos a 1%; e <sup>\*</sup>: significativo a 5% de probabilidade.

A cultivar BRS 360RR, em 2012/2013, alcançou sua máxima AF aos 62,3 DAS, com área de 1.577,716 cm<sup>2</sup> por planta, enquanto a cultivar BRS 284 obteve a máxima área foliar, 1.387,612 cm<sup>2</sup> por planta, aos 63,3 dias. No ano agrícola 2013/2014, a máxima AF da cultivar BRS 360RR, de 2.867,777 cm<sup>2</sup> por planta, foi verificada aos 79,5 DAS reduzindo a partir de então, enquanto que a cultivar BRS 284 apresentou área foliar crescente no decorrer do cultivo até aos 88 DAS, para as condições deste experimento. Neste ano agrícola, o crescimento da área foliar se deu em momentos distintos em cada cultivar, com ambas cultivares atingindo seu ápice mais tardio, diferente do observado na safra 2012/2013.

A diferença no crescimento, em relação ao ano de cultivo, pode ser explicada quando se observa a Figura 2, onde verificou-se que entre os dias 4 e 15 de novembro (0,6 mm) e 10 e 28 de dezembro de 2013 (15,4 mm) a precipitação pluvial foi muito baixa, e, mesmo considerando a capacidade de armazenamento de água no solo é de 60 mm (COMUNELLO, 2016), dados divulgados pela EMBAPA (2016) (Figura 5) indicam que o solo da região apresentou um déficit hídrico nos períodos indicados, persistindo até 19 de novembro de 2013 e 3 de janeiro de 2014, respectivamente. Após este período a normalização das chuvas favoreceu o crescimento e desenvolvimento da soja conforme observado nos resultados, diferentemente do ocorrido no ano agrícola 2012/2013 onde verificou-se a baixa pluviosidade (Figura 1) e consequente alto déficit hídrico (Figura 5).



**Figura 5:** Déficit Hídrico (DH, em mm) verificado no solo durante a condução do experimento, Dourados-MS.

Fonte: Embrapa (2016).

As alterações na área foliar em função da cultura antecessora foram verificadas em 2012/2013, com menor AF nos sistemas com *B. ruziziensis*, solteira ou consorciada com o milho (Tabela 3). Oliveira *et al.* (2013), avaliando os componentes e o desempenho agrônomo da soja sobre palhadas de feijão-comum, *B. brizantha* e milheto, por meio de análise de crescimento, verificaram que, em sucessão a *B. brizantha*, a soja obteve a menor taxa de crescimento de folhas, semelhante ao verificado no cultivo 2012/2013. Segundo os mesmos autores, algum fator não identificado pode ter promovido um retardo no desenvolvimento da soja.

**Tabela 3.** Índice de Clorofila *a*, *b* e total, Área Foliar (AF) e Índice de Área Foliar (IAF) de cultivares de soja em função da cultura antecessora, Dourados, MS.

Ano Agrícola	2012/2013					2013/2014	
	Cultura Antecessora	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila total	AF	IAF	IAF
	Ruziziensis	32,75 c	15,87 c	48,62 c	975,9 b	3,72 b	4,94 b
	Consórcio	33,38 bc	16,54 bc	49,92 bc	1.027,5 b	3,50 b	5,28 ab
	Milho	33,85 b	17,02 b	50,87 b	1.205,1 a	4,42 a	5,71 a
	Caupi	34,89 a	17,94 a	52,83 a	1.234,6 a	4,05 ab	5,44 ab

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

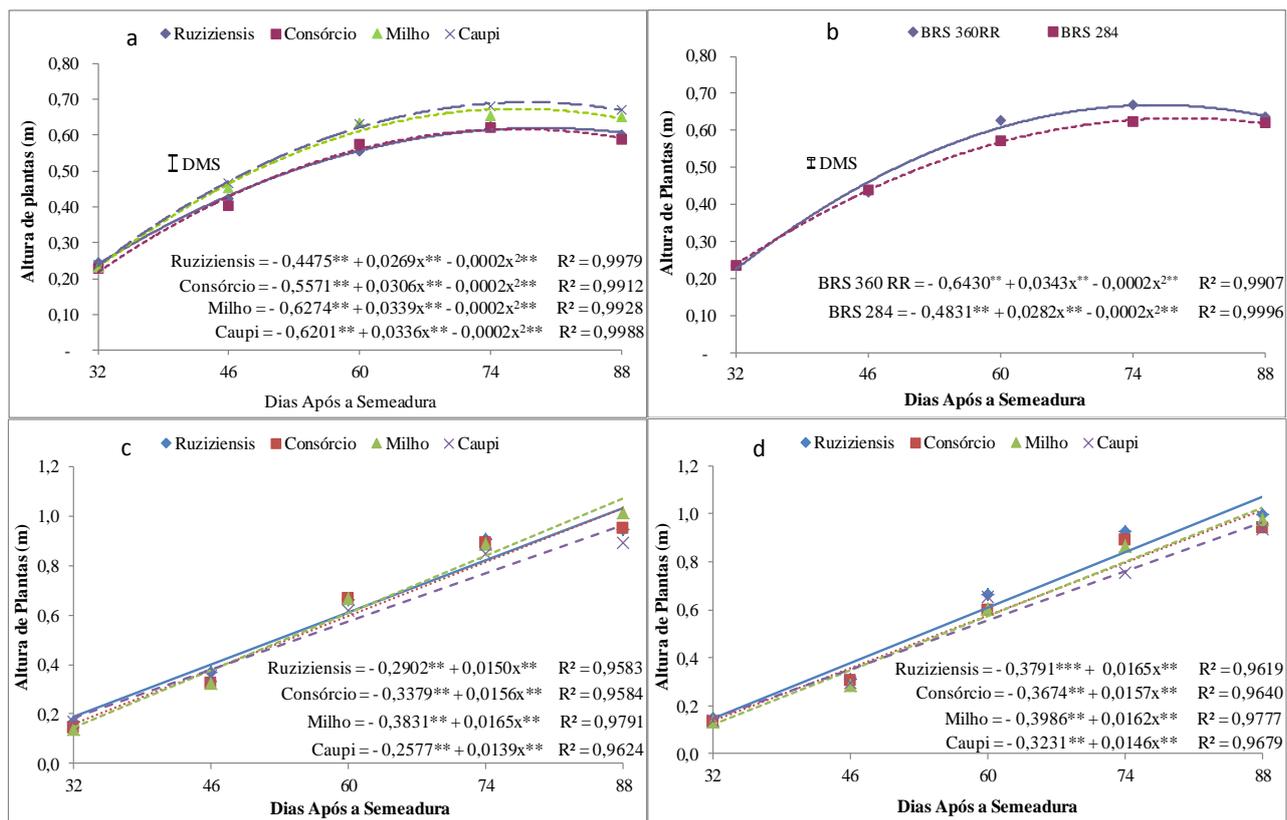
A diferença no crescimento pode ser atribuída ao processo de imobilização do nitrogênio presente no solo para conclusão do processo de decomposição do material vegetal presente na superfície do solo, oriundo da palhada da braquiária. As gramíneas, em virtude de sua alta relação carbono/nitrogênio, demandam de um aporte maior de

nitrogênio do solo para concluir o processo de decomposição dos restos vegetais para então conversão em matéria orgânica do solo. Esta imobilização produziu reflexo no crescimento da soja cultivada após a braquiária, retardando seu desenvolvimento quando comparado ao cultivo após feijão caupi. Esta afirmação é evidenciada quando verificamos a ocorrência dos maiores índices de clorofila na soja conduzida após o feijão caupi, conforme demonstrado na Tabela 3, assim como para altura de plantas (Figura 6a).

Na interação entre as cultivares e época de semeadura (Figura 6b), no cultivo 2012/2013, verificou-se que o máximo crescimento alcançado foi aos 76,6 e 79,5 DAS obtendo altura de 0,67 m e 0,64 m para as cultivares BRS 360RR e BRS 284, respectivamente.

No ano agrícola 2013/2014, verificou-se a altura de plantas ajustando-se num modelo linear para ambas cultivares [Figuras 6 (c) e (d)], com máxima altura identificada aos 88 DAS, nas condições deste experimento. O crescimento contínuo pode ser explicado pela maior disponibilidade hídrica durante o crescimento e desenvolvimento da soja, de forma que mesmo com a ocorrência de déficit hídrico durante a condução da cultura (Figura 5) a maior precipitação pluvial registrada durante a condução do experimento proporcionou condições para que as cultivares de soja, de tipo de crescimento indeterminado, obtivessem crescimento contínuo até o completo desenvolvimento da cultura.

A análise entre as cultivares, no cultivo 2013/2014 (Tabela 4), permitiu demonstrar que quando cultivada em sucessão ao feijão caupi a cultivar BRS 360RR obteve maior altura aos 46 e 74 DAS, enquanto que em sucessão ao milho solteiro e consorciado com braquiária somente aos 60 DAS. Na comparação entre as culturas antecessoras somente aos 88 DAS houve diferença entre as culturas antecessoras, de modo que a soja após milho alcançou maior altura que em sucessão ao feijão caupi. Estes resultados demonstram que as cultivares testadas são indiferentes a cultura antecessora para a altura de plantas, e que as alterações promovidas pela cultura antecessora é dependente da precipitação pluvial.



**Figura 6:** Altura de plantas (cm) de cultivares de soja, em diferentes épocas de avaliação e culturas antecessoras, nos anos 2012/2013 [(a) e (b)] e 2013/2014 [BRS 360RR (c) e BRS 284 (d)], Dourados-MS.

Obs. ns.: Não Significativo; \*\*: Significativos a 1%; e \*: Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 4:** Altura de plantas (m) de cultivares de soja em função da cultura antecessora, em diferentes épocas de avaliação, no ano agrícola 2013/2014, Dourados-MS.

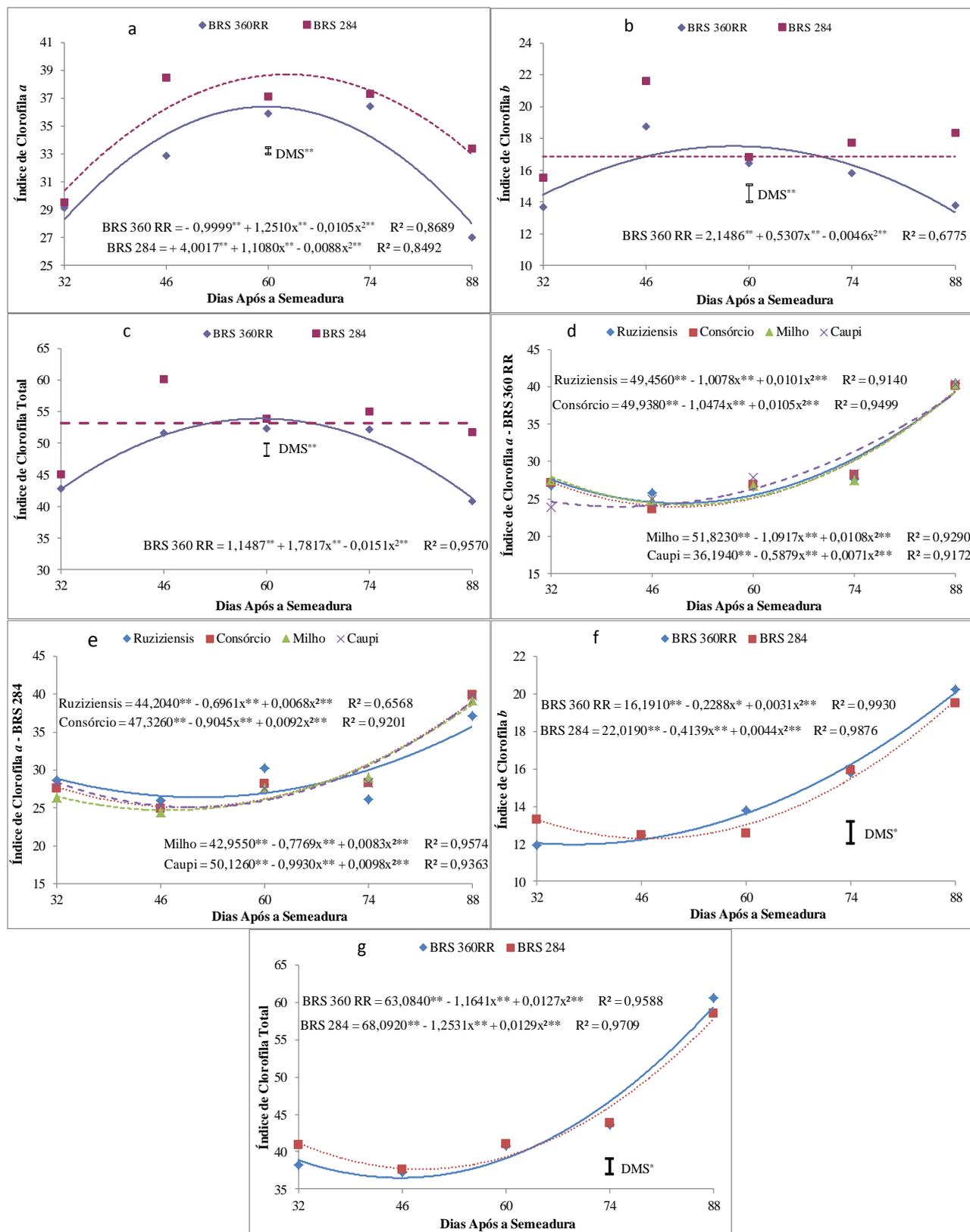
<b>Época</b>	<b>Cultura Antecessora</b>	<b>BRS 360RR</b>	<b>BRS 284</b>
32	Ruzizensis	16,7 a A	14,9 a A
32	Consórcio	14,6 a A	13,6 a A
32	Milho	14,0 a A	13,3 a A
32	Caupi	16,8 a A	14,0 a A
46	Ruzizensis	36,7 a A	31,2 a A
46	Consórcio	32,4 a A	30,3 a A
46	Milho	32,6 a A	28,7 a A
46	Caupi	35,2 a A	29,4 a B
60	Ruzizensis	66,2 a A	66,6 a A
60	Consórcio	66,5 a A	59,8 a B
60	Milho	66,4 a A	60,1 a B
60	Caupi	61,8 a A	65,4 a A
74	Ruzizensis	90,8 a A	92,8 a A
74	Consórcio	89,3 a A	89,1 a A
74	Milho	88,8 a A	86,8 a A
74	Caupi	84,9 a A	75,7 a B
88	Ruzizensis	94,6 ab A	99,5 a A
88	Consórcio	95,1 ab A	94,0 a A
88	Milho	101,3 a A	97,5 a A
88	Caupi	89,1 b A	93,4 a A

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha comparando cultivares, e minúscula na coluna comparando cultura antecessora em cada época de avaliação, não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A interceptação da radiação solar, por parte das folhas, se deve em função da importância desta nos processos fotossintéticos. A clorofila, presente principalmente nas folhas das plantas, é responsável pela captura de energia luminosa, necessária à fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004). Barcelos *et al.* (2016) afirmam que a estimativa do teor de clorofila pode ser utilizado para auxiliar no manejo da adubação nitrogenada. Neste contexto, as sucessões de cultivo com feijão-caupi possibilitam, na incorporação de seus resíduos, incrementos significativos de nitrogênio no solo. Alfaia (1997) verificou incrementos de até 40,8% do nitrogênio, num Latossolo Amarelo, oriundo da decomposição de restos culturais de feijão-caupi, fato que pode favorecer o maior índice de clorofila nas folhas de soja cultivadas em sucessão (Tabela 3).

No cultivo 2012/2013 observou-se que a cultivar BRS 284 obteve maiores índices de clorofila *a*, *b* e total na maioria das avaliações analisadas [Figura 7 (a), (b) e (c)]. Estes índices ajustaram-se num modelo de regressão quadrática, onde, durante o enchimento de

grãos, o máximo índice de clorofila *a* aos 60 DAS (36,3), para a cultivar BRS 360RR, e 63 DAS (38,9), para BRS 284. Para clorofila total, o máximo índice (53,7 e 57,3) foi alcançado aos 59 e 62 DAS, para as cultivares BRS 360RR e BRS 284, respectivamente. O índice de clorofila *b* da cultivar BRS 360RR alcançou seu máximo aos 58 DAS (índice de 17,45), reduzindo até a maturação das plantas.



**Figura 7:** Índice de Clorofila de cultivares de soja, em diferentes épocas de avaliação, nos anos 2012/2013 [(a), (b) e (c)] e 2013/2014 [(d), (e), (f) e (g)], Dourados-MS.  
 Obs. ns: Não Significativo; \*\*: significativos a 1%; e \*: significativo a 5% de probabilidade.

No ano agrícola 2013/2014, os efeitos das culturas antecessoras foram verificados

aos 32 DAS, na cultivar BRS 360RR, onde a soja cultivada em sucessão ao milho, solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis*, alcançou maior índice de clorofila *a* do que após feijão-caupi (Tabela 5). Na comparação entre as cultivares, a BRS 284 obteve maior índice aos 32 e 60 DAS após feijão-caupi e *B. ruziziensis*, respectivamente, enquanto a BRS 360RR foi superior aos 88 DAS após *B. ruziziensis*.

**Tabela 5:** Índice de Clorofila *a* em cultivares de soja em função da época de avaliação e cultura antecessora, no ano agrícola 2013/2014, Dourados-MS.

DAS	Cultura Antecessora	BRS 360RR	BRS 284
32	Ruziziensis	26,75 ab A	28,63 a A
32	Consórcio	27,15 a A	27,60 a A
32	Milho	27,45 a A	26,43 a A
32	Caupi	23,90 b B	28,13 a A
46	Ruziziensis	25,84 a A	26,06 a A
46	Consórcio	23,58 a A	24,93 a A
46	Milho	24,85 a A	24,49 a A
46	Caupi	24,98 a A	25,36 a A
60	Ruziziensis	26,65 a B	30,27 a A
60	Consórcio	26,90 a A	28,19 a A
60	Milho	26,79 a A	27,58 a A
60	Caupi	27,91 a A	27,59 a A
74	Ruziziensis	27,57 a A	26,13 a A
74	Consórcio	28,18 a A	28,37 a A
74	Milho	27,50 a A	28,99 a A
74	Caupi	28,34 a A	28,34 a A
88	Ruziziensis	40,52 a A	37,08 a B
88	Consórcio	40,10 a A	39,87 a A
88	Milho	40,32 a A	39,23 a A
88	Caupi	40,35 a A	39,83 a A

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha comparando cultivares, e minúscula na coluna comparando Cultura antecessora em cada época de avaliação, não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Obs. DAS – Dias Após a Semeadura.

Quando se leva em consideração a variável época de avaliação em 2013/2014, os Índices de Clorofila *a*, *b* e total se ajustaram num modelo quadrático, com seu máximo atingido aos 88 DAS para as condições deste experimento [Figura 7 (d), (e), (f) e (g)]. Observa-se que o ponto de máximo índice de clorofila é diferente nos anos de avaliação do experimento. Este fato pode ser consequência do tipo de solo do local do experimento, associado ao período de estiagem ocorrido após a emergência das plântulas. Ferreira *et al.* (1999) afirmam que em Latossolos, que apresentam mineralogia oxidica predominante na fração argila, há tendência de possuir menor capacidade de armazenamento de água. Este

fato, associado à ocorrência de veranico, a grande demanda evapotranspirométrica provocada pelas altas temperaturas (Figura 1) e a distribuição irregular das chuvas, resulta num déficit hídrico (Figura 5) temporário, que associado ao hábito de crescimento indeterminado e a normalização da precipitação pluvial, retomou o desenvolvimento normal, estendendo até aos 88 DAS com elevados índices de clorofila, nas condições deste experimento.

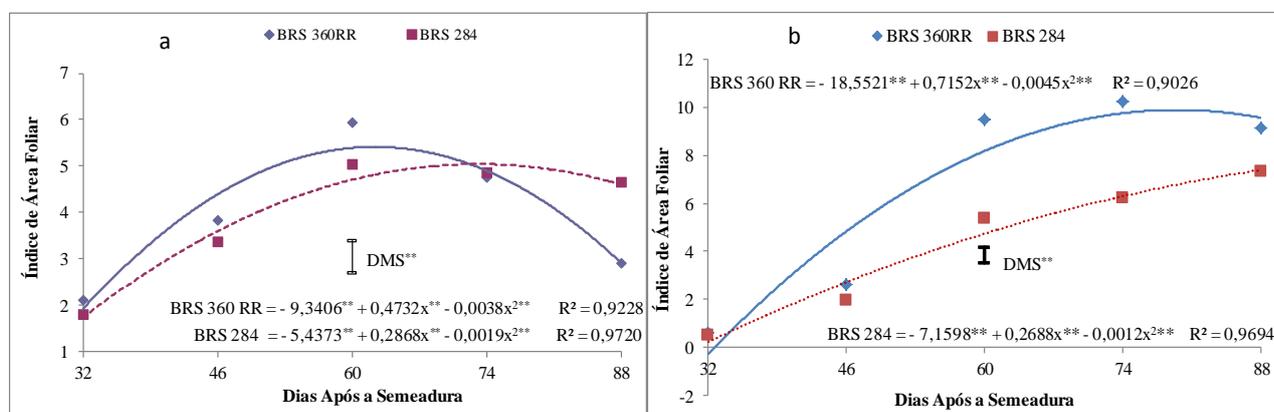
É conveniente destacar que, no período de 25 de outubro a 15 de novembro de 2013, a precipitação acumulada foi de, aproximadamente, 60 mm, sendo esta concentrada nos dois primeiros dias. Em virtude dos latossolos possuírem baixa capacidade de fornecimento de água devido à força de retenção da água e a capilaridade dos poros dificultando a absorção pelas raízes, associado à alta evapotranspiração, a cultura ficou sujeita a um déficit hídrico durante este período, corroborando Fietz e Rangel (2008), que afirmam que de acordo com a média histórica, a soja semeada no segundo decêndio de outubro é cultivada com déficit hídrico de 50,5 mm em 85% dos anos avaliados pelos autores.

No ano agrícola 2012/2013, as cultivares de soja tiveram comportamentos semelhantes, com a BRS 360RR alcançando menor IAF apenas na avaliação realizada aos 88 DAS (Figura 8), momento caracterizado pelo início da senescência das folhas e amadurecimento dos grãos. Quando se comparam as cultivares, verificou-se que a BRS 360RR obteve maior IAF que a BRS 284 (Tabela 3).

Em condição de baixa disponibilidade hídrica e, tendo em vista o tempo de meia vida dos resíduos pós-colheita do feijão caupi, resultando em menor cobertura do solo, há redução na capacidade de conservação da água no solo (CARVALHO *et al.*, 2004a). Em virtude desta redução, e na ocorrência de veranicos, Confalone e Navarro (1999) afirmam que, a cultura da soja pode responder com a redução no índice de área foliar (IAF), conforme verificado na cultivar BRS 360RR na safra 2013/14 (Figura 8b).

A redução na capacidade de conservação da água no solo provoca diminuição da eficiência da utilização da radiação, promovendo efeitos diferenciais no crescimento e produção de biomassa na cultura, dependendo da época e da severidade. Em baixa severidade, Confalone e Navarro (1999), corroborados por Gava *et al.* (2015), relatam haver uma compensação por parte da planta de soja respondendo com maior eficiência no uso da radiação, o mesmo não ocorrendo quando o estresse é mais severo. Esta compensação pela soja é descrita por Pires *et al.* (2000) como sendo a plasticidade, onde a soja tem a capacidade de se ajustar às condições ambientais e de manejo, por meio de

modificações na morfologia da planta e/ou nos componentes do rendimento. Em situações em que o déficit hídrico seja mais prolongado, de forma mais lenta, pode prejudicar o crescimento vegetativo da soja (CHAVARRIA *et al.*, 2015), conforme observado no IAF da soja cultivada em 2013/2014 (Tabela 3).



**Figura 8:** Índice de Área Foliar em cultivares de soja em épocas de avaliação nos anos agrícolas 2012/2013 (a) e 2013/2014 (b), Dourados-MS.

Obs. ns: Não Significativo; \*\*: significativos a 1%; e \*: significativo a 5% de probabilidade.

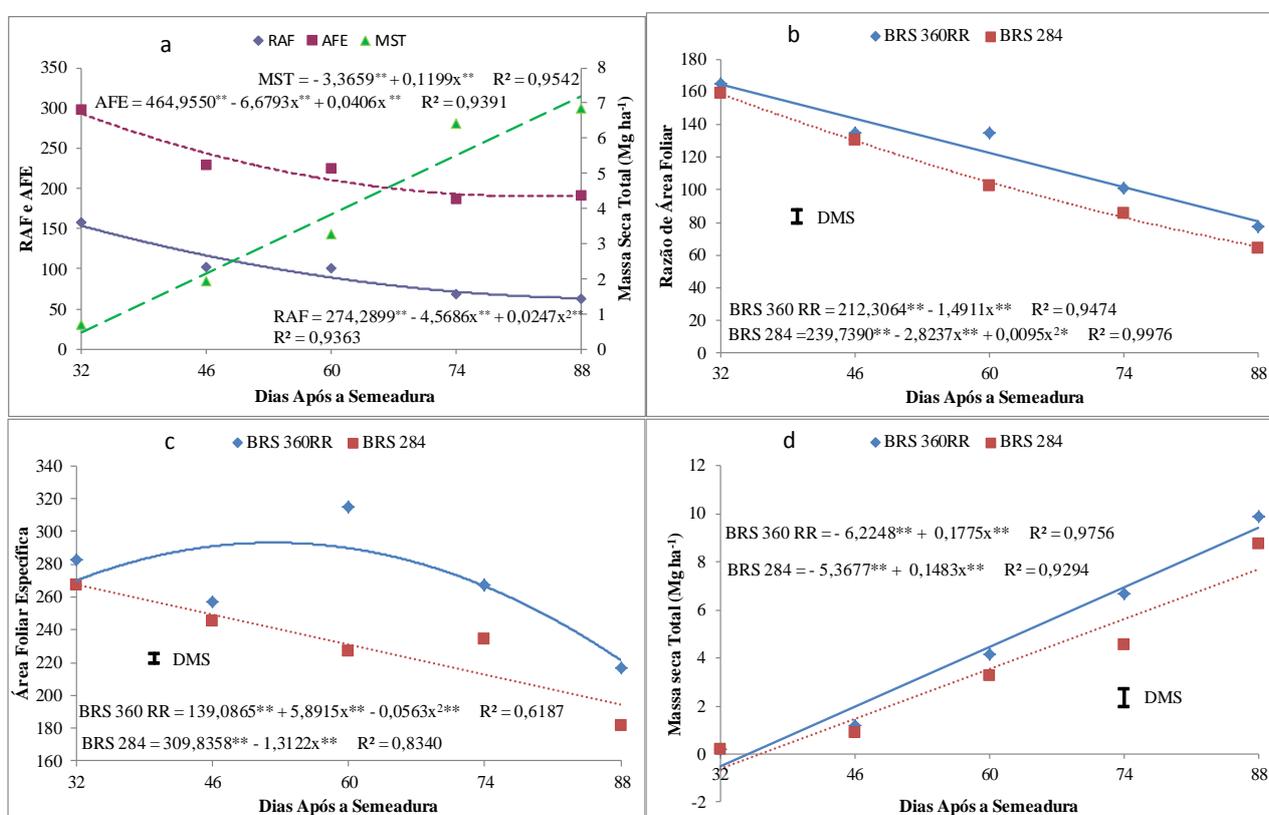
Com a normalidade das condições climáticas após o veranico ocorrido no ano agrícola 2013/2014, a soja responde com maior atividade foliar, conforme verificado nos índices de clorofila (Figura 7), e, segundo Kaschuk *et al.* (2010), o suprimento contínuo de nitrogênio, resultante do processo de fixação de  $N_2$ , potencialmente retarda a senescência foliar, aumentando o período de enchimento de grãos na soja, o que também corrobora a constatação da maior área foliar (Figura 4).

Serafim *et al.* (2008) afirmam que o cultivo de soja em sucessão a cultivos que possibilitem maior cobertura do solo permitem maior capacidade de água disponível, estando este sujeito a menores variações do teor de água no solo no decorrer do anos. Mendonça *et al.* (2013) afirmam ainda que a soja quando cultivada em áreas com maior cobertura de solo possibilitam menor evapotranspiração pelas plantas podendo resultar em maiores IAF, e, por sua vez, melhor desenvolvimento para a cultura, conforme observado no IAF no ano agrícola 2013/2014 (Tabela 3).

A Razão de Área Foliar (RAF) e a Área Foliar Específica (AFE), em 2012/2013, se ajustaram num modelo de regressão quadrática com seus valores decrescendo com o desenvolvimento da planta [Figura 9 (a), (b) e (c)]. A RAF e a AFE podem ser consideradas indicadores de eficiência fotossintética (BENINCASA, 2003), sendo importante componente na determinação da produtividade das culturas, visto que esta

depende da eficiência de interceptação e da conversão da radiação absorvida em fotossimilados, resultando em maior número e peso das vagens (SANGOI *et al.*, 2002).

A RAF e a AFE comportam-se de maneira inversa a Massa Seca Total (MST), pois, mesmo com o aumento na quantidade de folha e AF, seus valores decrescem com os incrementos de massa de hastes e vagens. A MST ajustou-se num modelo de regressão linear, onde seu máximo foi alcançado aos 88 DAS, para as condições deste experimento [Figuras 9 (a) e (d)]. A interpretação da equação revela uma taxa de acúmulo de matéria seca de 119,9 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na safra 2012/2013, e de 177,5 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para BRS 360RR, e 148,3 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, BRS 284, em 2013/2014.



**Figura 9:** Razão de área foliar (RAF), Área foliar específica (AFE) e Massa seca total (MST) em cultivares de soja em épocas de avaliação, em 2012/2013 (a) e 2013/2014 [(b), (c) e (d)], Dourados-MS.

Obs. ns: Não Significativo; \*\*: significativos a 1%; e \*: significativo a 5% de probabilidade.

Quando cultivada após milho solteiro, a soja alcançou MST superior a *B. ruziziensis* solteira e ao consórcio milho braquiária em 2012/2013, enquanto que em 2013/2014, verificou-se menor MST em sucessão a *B. ruziziensis* solteira do que após feijão-caupi (Tabela 6). A cultura antecessora promoveu alterações na RAF e AFE, safra 2012/2013, com menores resultados observados na sucessão soja/feijão-caupi. A RAF e a

AFE, safra 2012/2013, na comparação entre as cultivares, verificou-se superioridade da cultivar BRS 284, o mesmo verificado aos 60 DAS na safra 2013/2014 [Figura 7 (b) e (c)].

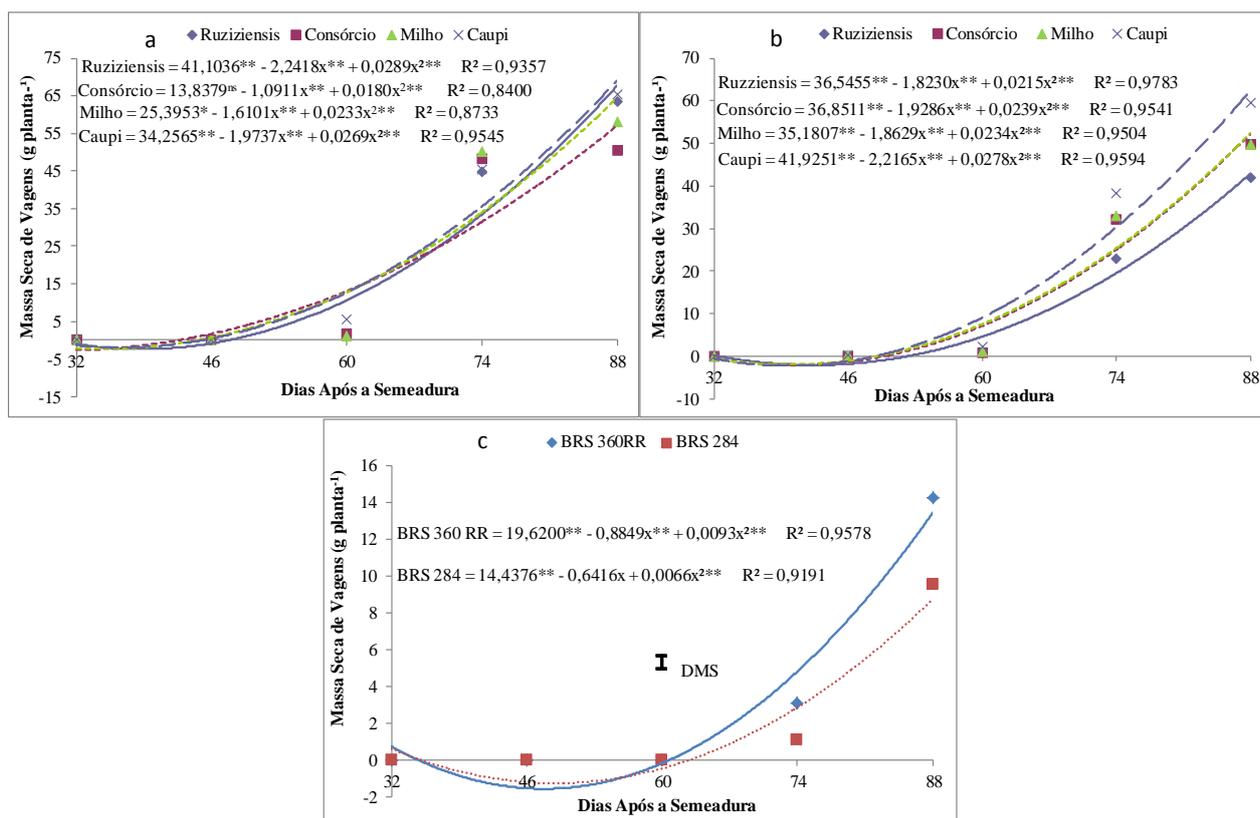
**Tabela 6.** Razão de Área Foliar (RAF), Área Foliar Específica (AFE) e Massa Seca Total (MST, em kg ha<sup>-1</sup>) de cultivares de soja, em função da cultura antecessora, Dourados, MS, anos 2012/2013 e 2013/2014.

Cultivar	2012/2013	
	RAF	AFE
BRS 360RR	92,24 b	213,22 b
BRS 284	105,20 a	239,33 a
Cultura	2012/2013	2013/2014
Antecessora	MST	MST
Ruziziensis	3.621,47 bc	3.668,75 b
Consórcio	3.484,66 c	3.940,58 ab
Milho	4.187,18 a	4.118,35 ab
Caupi	4.027,46 ab	4.182,80 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, em cada variável, não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No ano de cultivo 2012/2013, a massa seca de vagens ajustou-se num modelo de regressão quadrático (Figura 10), crescente mesmo com precipitação pluvial irregular (Figura 1) e déficit hídrico por períodos prolongados, onde a maior massa seca de vagens foi obtida aos 88 DAS para ambas as cultivares de soja e/ou culturas antecessoras. Este comportamento se encontra de acordo com as condições esperadas para a cultura, pois o aumento na massa das vagens é esperado à medida que se aproxima do final do ciclo da cultura. Na comparação entre cultura antecessora (Tabela 7), dentro de cada época observou-se que, para a cultivar BRS 360RR, somente aos 88 DAS a soja conduzida em sucessão ao feijão caupi e a *B. ruziziensis* alcançaram maior massa de vagens que na sucessão soja/consórcio milho+*B. ruziziensis*, enquanto que na cultivar BRS 284 aos 74 DAS a menor massa seca de vagens foi verificada na sucessão *B. ruziziensis*/soja, e aos 88 DAS o maior resultado foi obtido em sucessão ao feijão caupi. As diferenças no acúmulo de massa seca de vagens entre as cultivares foram identificadas somente aos 74 e 88 DAS, com a cultivar BRS 360RR superior a BRS 284.

Da mesma forma que ocorrido em 2012/2013, no ano agrícola 2013/2014 a massa seca de vagens (Figura 10c) ajustou-se num modelo de regressão quadrático, com máxima alcançada aos 88 DAS nas condições deste experimento. Na comparação entre cultivares, aos 74 e 88 DAS a cultivar BRS 360RR obteve maior massa seca de vagens, semelhante ao observado no ano anterior.



**Figura 10:** Massa Seca de Vagens ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de cultivares de soja em função das culturas antecessoras e épocas de avaliação, em 2012/2013 [(a) e (b)] e 2013/2014 (c), Dourados-MS.

Obs. ns: Não Significativo; \*\*: significativos a 1%; e \*: significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 7:** Massa seca de vagens de cultivares de soja em função da cultura antecessora, em diferentes épocas de avaliação, no ano agrícola 2012/2013, Dourados-MS.

DAS	Cobertura	BRS 360RR			BRS 284		
32	Ruzizensis	0,00	a	A	0,00	a	A
32	Consórcio	0,00	a	A	0,00	a	A
32	Milho	0,00	a	A	0,00	a	A
32	Caupi	0,00	a	A	0,00	a	A
46	Ruzizensis	0,14	a	A	0,05	a	A
46	Consórcio	0,10	a	A	0,05	a	A
46	Milho	0,14	a	A	0,17	a	A
46	Caupi	0,15	a	A	0,19	a	A
60	Ruzizensis	1,375003	a	A	0,80	a	A
60	Consórcio	1,7525	a	A	0,88	a	A
60	Milho	1,0225	a	A	1,1075	a	A
60	Caupi	5,515832	a	A	2,1625	a	A
74	Ruzizensis	44,8075	a	A	22,9075	b	B
74	Consórcio	48,1775	a	A	32,1175	a	B
74	Milho	50,2375	a	A	32,8525	a	B
74	Caupi	45,5	a	A	38,3025	a	B
88	Ruzizensis	63,5	a	A	41,82	b	B
88	Consórcio	50,55	b	A	49,7575	b	A
88	Milho	58,2225	ab	A	49,705	b	B
88	Caupi	65,2725	a	A	59,5975	a	A

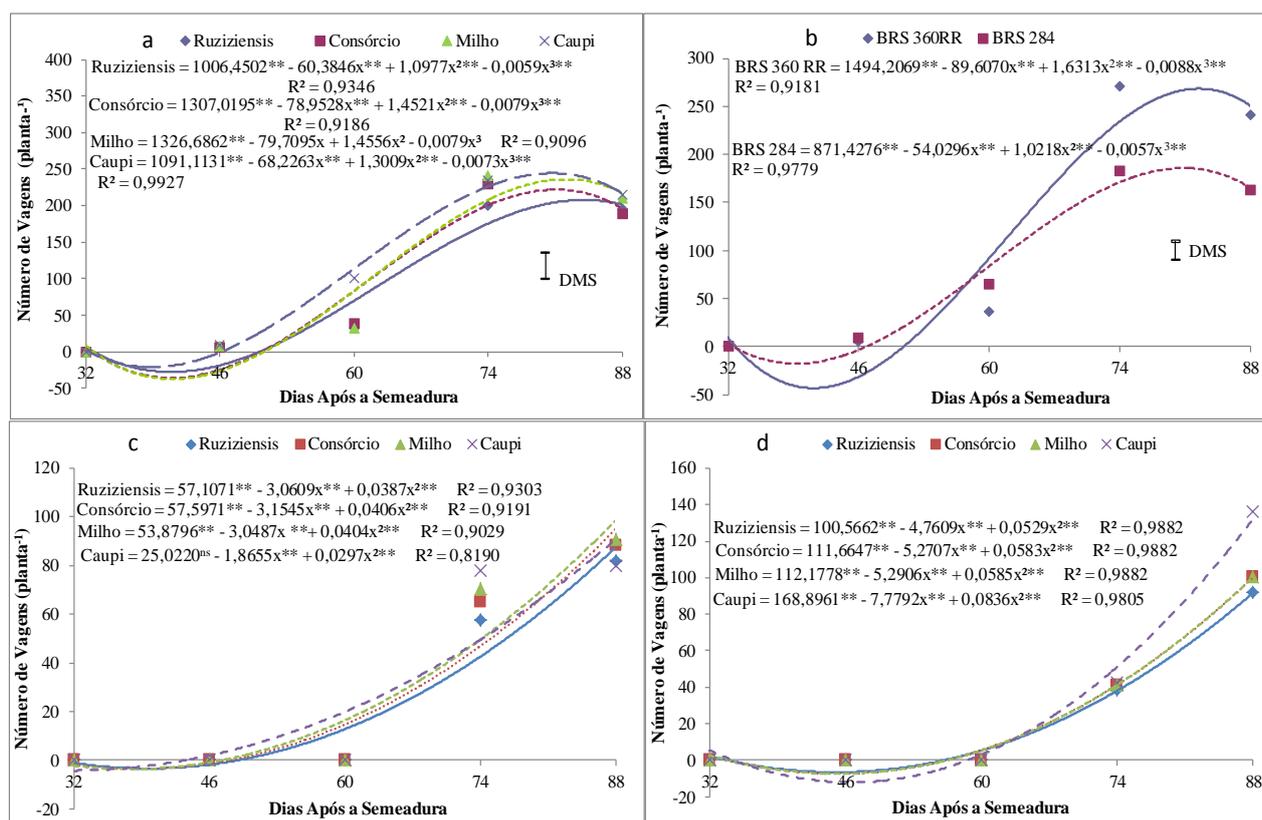
Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha comparando cultivares, e minúscula na coluna comparando cultura antecessora em cada época de avaliação, não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Obs. DAS – Dias Após a Semeadura.

Assim como verificado na massa seca de vagens, o número de vagens de soja (Figura 11a) foi crescente a partir dos 46 DAS, início do estágio reprodutivo, até os 84 DAS (207,9 g), 81 DAS (221,8 g), 82 DAS (235,6 g) e 81 DAS (244 g), respectivamente para soja cultivada após ruzizensis, consórcio, milho e caupi. Em virtude da ocorrência de déficit hídrico acentuado no período de 12/01 a 08/02/2013, houve uma redução na massa e no número de vagens, com consequentes reflexos na produtividade da cultura, conforme pode ser verificado na Tabela 7.

A interação entre época de avaliação e as cultivares de soja, verificou-se que o máximo número de vagens é estimado aos 82 DAS (258,1) e 80 DAS (170,2), respectivamente para BRS 360RR e BRS 284. Assim como para massa seca de vagens, o número de vagens reduziu significativamente em virtude do déficit hídrico registrado no final do ciclo da cultura, conforme mencionado anteriormente.

No cultivo 2013/2014, o número de vagens obteve resultado semelhante ao verificado em massa seca de vagens, onde o crescimento foi constante a partir dos 60 DAS

até os 88 DAS, para as condições deste experimento, em ambas as cultivares. Este fato está associado à ocorrência de chuvas e ao déficit hídrico registrado durante o início do estágio reprodutivo. Com a normalização da precipitação, houve o incremento no número e massa de vagens, conforme pode ser identificado na Figura 11 (c) na cultivar BRS 360RR, e Figura 11(d) na BRS 284. No desempenho comparativo entre as cultivares, verificou-se que as diferenças ocorreram somente aos 74 e 88 DAS, onde a BRS 360RR alcançou os maiores resultados (Tabela 8). Quando a comparação, numa mesma cultivar, foi entre as culturas antecessoras verificou-se que aos 88 DAS onde a soja em sucessão ao feijão caupi e a ruziziensis alcançaram resultado superior ao milho consorciado com a braquiária, na cultivar BRS 360RR. Já na cultivar BRS 284, aos 74 DAS o menor número de vagens foi obtida em sucessão a ruziziensis solteira, enquanto que aos 88 DAS o maior resultado foi obtido pela sucessão caupi/soja.



**Figura 11:** Número de Vagens ( $\text{planta}^{-1}$ ) de cultivares de soja em função das culturas antecessoras e épocas de avaliação, em 2012/2013 [(a) e (b)] e 2013/2014 [BRS 360RR (c) e BRS 284 (d)], Dourados-MS.

Obs. ns: Não Significativo; \*\*: significativos a 1%; e \*: significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 8:** Número de vagens de cultivares de soja em função da cultura antecessora, em diferentes épocas de avaliação, no ano agrícola 2013/2014, Dourados-MS.

DAS	Cultura Antecessora	BRS 360RR	BRS 284
32	Ruzizensis	0,00 a A	0,00 a A
32	Consórcio	0,00 a A	0,00 a A
32	Milho	0,00 a A	0,00 a A
32	Caupi	0,00 a A	0,00 a A
46	Ruzizensis	0,14 a A	0,05 a A
46	Consórcio	0,10 a A	0,05 a A
46	Milho	0,14 a A	0,17 a A
46	Caupi	0,15 a A	0,19 a A
60	Ruzizensis	1,38 a A	0,80 a A
60	Consórcio	1,75 a A	0,88 a A
60	Milho	1,02 a A	1,11 a A
60	Caupi	5,52 a A	2,16 a A
74	Ruzizensis	44,81 a A	22,91 b B
74	Consórcio	48,18 a A	32,12 a B
74	Milho	50,24 a A	32,85 a B
74	Caupi	45,50 a A	38,30 a B
88	Ruzizensis	63,50 a A	41,82 b B
88	Consórcio	50,55 b A	49,76 b A
88	Milho	58,22 ab A	49,71 b B
88	Caupi	65,27 a A	59,60 a A

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha comparando cultivares, e minúscula na coluna comparando Cultura antecessora em cada época de avaliação, não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Obs. DAS – Dias Após a Semeadura.

Nos componentes de produtividade (Tabela 9), observaram-se efeitos significativos da CS sobre o número e massa de grãos por planta e na massa de cem grãos, e da CA sobre a produtividade da soja, no ano agrícola 2012/2013. No cultivo 2013/2014, a CS proporcionou alterações em todas as variáveis, enquanto que a CA influenciou somente a massa de grãos por planta e na produtividade.

**Tabela 9.** Análise de variância dos componentes de produtividade de cultivares de soja, conduzidos em função da cultura antecessora, no ano agrícola 2012/2013 e 2013/2014, Dourados, MS.

Variável	Média	C.V. (%)	SIGNIFICÂNCIA		
			CA	CS	CA x CS
<b>Ano Agrícola 2012/2013</b>					
Número de Grãos por Planta	179,49	19,88	ns	**	ns
Massa de Grãos por Planta	18,07	18,78	ns	*	ns
Produtividade	2.441,37	9,49	**	ns	ns
Massa de Cem Grãos	10,29	3,09	ns	**	ns
<b>Ano Agrícola 2013/2014</b>					
Número de Grãos por Planta	91,68	6,98	ns	**	ns
Massa de Grãos por Planta	9,93	6,41	**	**	ns
Produtividade	2.879,67	6,41	**	**	ns
Massa de Cem Grãos	10,91	5,32	ns	**	ns

Obs. ns – não significativo; \*\* e \*, significativos a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Abreviaturas: C.V. (%); Coeficiente de Variação; CA – Cultura Antecessora; CS: Cultivar de soja.

As influências das culturas antecessoras foram verificadas sobre a produtividade da soja (Tabela 10), de modo que quando cultivada em sucessão a *B. ruziziensis* obteve resultado inferior à sucessão de feijão-caupi e milho solteiro, no ano 2012/2013. Oliveira *et al.* (2013) identificou maior produtividade de grãos de soja em sucessão ao feijão do que após braquiária. No ano agrícola 2013/2014, a maior produtividade foi obtida após o cultivo de milho solteiro, não diferindo da *B. ruziziensis* solteira, que por sua vez não diferiu da soja após o consórcio milho-braquiária ou feijão-caupi.

**Tabela 10.** Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e Massa de grãos por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de soja conduzida em função da cultura antecessora, no ano agrícola 2012/2013 e 2013/2014, Dourados, MS.

Cultura Antecessora	Produtividade**		Massa de Grãos planta <sup>-1</sup> **
	2012/2013	2013/2014	2013/2014
Ruziziensis	2.225,91 b	2.912,43 ab	10,04 ab
Consórcio	2.334,90 ab	2.823,75 b	9,74 b
Milho	2.638,74 a	3.082,74 a	10,63 a
Caupi	2.565,92 a	2.699,77 b	9,31 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Obs. \*\* e \*, significativos a 1% e 5% de probabilidade.

Os resultados de produtividade da soja em função da cultura antecessora observados neste experimento estão de acordo com Nascente e Crusciol (2012), que também não identificaram influencia da palhada presente na superfície de solo na produtividade da soja. Contudo, Silva *et al.* (2011) afirmam que a manutenção de palhada na superfície do solo proporciona diminuição da densidade da camada superficial,

contribui para a infiltração de água e aeração, favorece o desenvolvimento do sistema radicular bem como a manutenção de maior umidade do solo, entre outros benefícios.

Em virtude de seu potencial para fixar nitrogênio atmosférico e da capacidade de ciclagem de nutrientes (FREIRE FILHO *et al.*, 2005), o cultivo de feijão-caupi proporciona melhorias na fertilidade do solo, podendo resultar em maiores produtividades da cultura da soja. Alguns autores (NOGUEIRA *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2010) indicam que a fixação biológica na soja não seja suficiente para promover o arranque inicial da cultura, podendo ser recomendado uma fertilização suplementar, prevenindo sintomas de deficiência principalmente nos estágios iniciais, desde que não exceda 20 kg ha<sup>-1</sup> (SILVA *et al.*, 2011). Desta forma, a inclusão do feijão-caupi nos sistemas de rotação que tenham a soja, pode possibilitar o incremento de nitrogênio suficiente para estimular seu desenvolvimento inicial, possibilitando que a cultura alcance maior produtividade, conforme observado no cultivo 2012/2013. Contudo, assim como verificado para o IAF, em 2013/2014, a soja cultivada após feijão-caupi, em virtude da menor cobertura do solo favorecida pela rápida decomposição dos resíduos da cultura decorrente da precipitação pluvial acumulada após a colheita superior a 200 mm, obteve menor produtividade do que após o cultivo de milho solteiro, o mesmo ocorrendo para a massa de grãos por planta (Tabela 10). Esta afirmação é corroborada pela correlação entre o IAF e a produtividade, que foi de 0,76 aos 46 DAS na safra 2013/2014, o que representa que o aumento no IAF, em 76% dos casos, está positivamente ligado à produtividade mais elevada da soja. Resultado semelhante foi verificado na correlação do IAF, na mesma época, com a P100 com valor de 0,77 na mesma safra.

Pacheco *et al.* (2009), analisando a eficiência da sobressemeadura à cultura da soja, utilizando-se plantas de cobertura [*B. brizantha*, *B. ruziziensis*, *B. decumbens*, *Eleusine coracana* (capim-pé-de-galinha), *Pennisetum glaucum* (milheto ADR 500) e Cober Crop (híbrido de sorgo com capim-sudão)] e pousio, na redução da emergência de plantas daninhas, verificaram que não ocorreram reflexos sobre a massa de mil grãos da cultura da soja cultivada na safra seguinte, corroborando os resultados alcançados neste experimento. Santos *et al.* (2014), não identificaram diferenças no número de grãos por planta, na massa de mil grãos e na altura de inserção das primeiras vagens de soja conduzidas em diferentes sistemas de rotação de culturas, resultantes da combinação de trigo, ervilhaca, sorgo, milho, aveia branca e soja.

A falta de resposta dos componentes da produtividade pode ser explicada em razão capacidade de compensação da soja (RICCE *et al.*, 2011), conhecida por

plasticidade, em resposta a fatores como a desuniformidade no estande e componentes como luz e espaço físico (PACHECO *et al.*, 2009), e ainda outros, como meteorológicos e de manejo da cultura (VENTIMIGLIA *et al.*, 1999), dificultando sua mensuração. Um dos fatores limitantes à expressão dos resultados pode estar relacionado com as características do solo do local do experimento, uma vez que solos com altos teores de argila tem maior poder tampão, sendo as mudanças resultantes das alterações de manejo expressas na cultura alvo mais lentamente.

A cultivar BRS 360RR alcançou maiores resultados na massa de grãos por planta e na massa de cem grãos, enquanto a cultivar BRS 284 obteve maior número de grãos por plantas, nas duas safras cultivadas (Tabela 11). A combinação entre estas variáveis proporcionou que não houvesse diferença entre as cultivares na produtividade alcançada, corroborando Thomas e Costa (2010), ao afirmarem que quanto maior a massa dos grãos, menor será o número de grãos por unidade de área, embora se possa obter elevados rendimentos de grãos tanto com cultivares que apresentam grãos grandes, como a BRS 360RR, como pequenos, BRS 284. Navarro Junior e Costa (2002) afirmam que a relevância de cada componente na produtividade final é variável em cada cultivar, de modo que suas combinações vão determinar a máxima produtividade alcançada.

A correlação da P100 com o índice de clorofila *a*, *b* e total e a área foliar aos 88 DAS (-0,8; -0,75; -0,83; e 0,76, respectivamente) no cultivo 2012/2013, demonstram que quanto maiores estas variáveis na proximidade do fim do ciclo da cultura menor a massa de cem grãos, pois as folhas passam a atuar como dreno do processo fotossintético ao invés de melhorar o desempenho da cultura. Na fase final de desenvolvimento da cultura, a presença de folhas verdes pode levar a um atraso na colheita, além de ocasionar problemas de amadurecimento normal dos grãos, proporcionando maior ocorrência de microorganismos e acelerando a maturação dos mesmos, principalmente, em cultivares de maturação precoce (SILVA *et al.*, 2013).

**Tabela 11.** Massa de grãos por planta, número de grãos por planta e massa de cem grãos (P100) de cultivares de soja, em 2012/2013 e 2013/2014, Dourados, MS.

Cultivar	Massa de Grãos planta <sup>-1**</sup>		Número de Grãos Planta <sup>-1**</sup>	
	2012/2013	2013/2014	2012/2013	2013/2014
BRS 360RR	19,3 a	10,98 a	159,2 b	87,68 b
BRS 284	16,8 b	8,88 b	199,8 a	95,69 a

Cultivar	P100 <sup>**</sup>	
	2012/2013	2013/2014
BRS 360RR	12,14 a	12,52 a
BRS 284	8,43 b	9,29 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna, em cada variável, não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Obs. \*\* e \*, significativos a 1% e 5% de probabilidade.

## **5 CONCLUSÕES**

A soja conduzida em sucessão a *B. ruziziensis* obteve menor área foliar em virtude da imobilização do N para o processo de decomposição dos resíduos vegetais.

Soja após feijão caupi apresenta maiores índices de clorofila e área foliar favorecido pelo nitrogênio oriundo da fixação biológica realizada pelas bactérias.

Em um sistema de plantio direto consolidado, a soja após milho solteiro obteve os maiores resultados para área foliar, índice de área foliar e produtividade de grãos nos dois anos agrícola.

Os valores de índice de clorofila, área foliar, razão de área foliar, área foliar específica, número e massa de vagens, e massa seca total são dependentes da época de avaliação.

## **6 AGRADECIMENTOS**

À Embrapa Agropecuária Oeste pela sessão da área e condução do experimento e a CAPES pela bolsa de doutorado concedida.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIA, S. S. Mineralização do nitrogênio incorporado como material vegetal em três solos da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21 p. 387-392, 1997.

ALVES, V. B.; PADILHA, N. de S.; GARCIA, R. A.; CECCON, G. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p. 280-292, 2013.

BARCELOS, J. P. Q.; JUNIOR, E. F.; REIS, H. P. G.; PUTTI, F. F.; DOS REIS, A. R. Diagnóstico da exigência do algodoeiro em nitrogênio e níquel pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 1, p. 97-106. 2016.

BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R. da; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Guruguéia, Piauí. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 182-190, abril-junho, 2008.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

CAMPOS, J. H. B. da C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. de P. R. da. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 396–404, 2010.

CARVALHO, M. A. C. de; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, nov. 2004b.

CARVALHO, M. A. C. de; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. de. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004a.

CECCON, G. Dicas para implantação do consórcio milho-braquiária. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 124, n.1, p. 20-21, 2011.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 17, n. 97, p. 17-20; jan./fev. 2007.

CECCON, G., MATOSO, A. O., NETO, A. L. N., FIGUEIREDO, P. G., ROCHA, M. M. Avaliação de Genótipos de Feijão-caupi em Dourados, Mato Grosso do Sul. In: **Congresso Nacional de Feijão-Caupi**, 2. Belém. Embrapa Amazônia Oriental, 2009b. 1 CD-ROM.

CECCON, G.; ROCHA, M. de R.; SANTOS, A. dos.; BRITO, M. F. de F.; MONTEIRO, P. de O. Produtividade e tempo de cocção de grãos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto cultivados em dourados, MS, ano 2011. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FEIJÃO-CAUPI**, 3, 2013, Pernambuco. Anais... Pernambuco: CONAC, 2013b.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Cerrado: Manejo de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com milho safrinha e rendimento de soja em sucessão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, Ed. 113, p. 4-8, Set./Out. 2009a.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 204-212, 2013a.

CHAVARRIA, G.; DURIGON, M. R.; KLEIN, V. A.; KLEBER, H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.8, p.1387-1393, ago. 2015.

CHIODEROLI, C. A. **Consociação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura-pecuária**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, SP, 2010.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

CHIODEROLI, C. A.; MELO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consociação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, vol. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

COMUNELLO, E. Aprimoramento do zoneamento agrícola de risco climático do sistema de produção da soja em Mato Grosso do Sul. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP. 2016. 112 p. Tese (Doutorado)

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Safra 2015/2016. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, DF. v. 3, n. 10 – Décimo Levantamento. 179 p. Julho 2016.

CONCENÇO, G.; CECCON, G.; CORREIA, I. V. T.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B. Ocorrência de espécies daninhas em função de sucessões de cultivo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 359-368, 2013.

CONFALONE, A.; NAVARO, M. D. Influência do “déficit” hídrico sobre a eficiência da radiação solar em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.5, n.3, p.195-198, 1999.

CONTE, O. **Atributos físicos de solo e demanda de tração em semeadura direta de soja, com diferentes pressões de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 91 p. Dissertação (Mestrado)

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 65-76, Jan./Feb. 2013.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 527-535, 2003.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p. (Embrapa Soja. Documentos 366).

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.603-612, jun. 2010.

EMBRAPA Agropecuária Oeste. **Guia Clima**. Disponível em: <http://www.cpa0.embrapa.br/clima/>. Acessado em: 15 maio 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação**

**de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Cultivares de Soja**: Macrorregiões 1, 2 e 3 – Centro-Sul do Brasil. Embrapa Soja, Londrina-PR. 2014. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114394/1/Cultivares-de-soja-macrorregioes-1-2-e-3-centro-sul-do-Brasil.pdf>. Acesso em: 11 Ago. 2016.

EMBRAPA. **Cultivo de Feijão-Caupi**. Sistemas de Produção, n. 2. Versão Eletrônica Jan/2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/solosadubacao.htm>. Acesso em: 15 jul. 2016.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**. vol. 3, n. 1. p. 39-45, 1991.

FALKER. **CFL 1030** - Medidor eletrônico de teor de clorofila: clorofiLOG. [Porto Alegre], 2012. Disponível em: <http://www.falker.com.br/datasheet.php?Id=4>. Acessado em: 20/Set./2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v.23, p.515-24, 1999.

FIETZ, C. R.; RANGEL, M. A. S. Época de semeadura da soja para a região de Dourados-MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 666-672, 2008.

FIETZ, R. C.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN D. L.; Deficiência hídrica na região de Dourados, MS. **XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola CONBEA**, 2013, Fortaleza. 1 CD-ROM.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; VOSS, M.; AMBROSI, I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. vol.35, n.2, 2000. pp. 349-355.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica,

2005. p. 29-92.

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

GARDIANO, C. G.; KRZYZANOWSKI, A. A.; SAAB, O. J. G. A. Hospedabilidade de plantas melhoradoras de solo à *Rotylenchulus reniformis* Linford e Oliveira (1940). **Arquivo Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 313-317, abr./jun., 2012.

GAVA, R., FRIZZONE, J. A., SNYDER, R. L., JOSE, J. V., JUNIOR, E. F. F., e PERBONI, A. O estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 6, p. 349, 2015.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa-Soja, 2011. 68p. (Documentos, 319).

JANTALIA, C. P.; VILELA, L.; ALVES, B.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **Influência de pastagens e sistemas de produção de grãos, no estoque de carbono e nitrogênio em um Latossolo Vermelho**. Seropédica; Embrapa Agrobiologia, 2006. 50 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11)

KASCHUK, G.; HUNGRIA, M.; LEFFELAAR, P. A.; GILLER, K. E.; KUYPER, T. W. Differences in photosynthetic behavior and leaf senescence of soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) dependent on N<sub>2</sub> fixation or nitrate supply. **Plant Biology**, v.12, n.1, p. 60-69, 2010.

LEANDRO, H. M.; ASMUS, G. L. Rotação e sucessão de culturas para o manejo do nematoide reniforme em área de produção de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 6, p. 945-950, Jun. 2015.

LI-COR. **Medidor de área foliar: LI-3100C**. [Nebraska, USA], 2012. Disponível em: [http://www.licor.com/env/products/leaf\\_area/LI-3100C/](http://www.licor.com/env/products/leaf_area/LI-3100C/). Acesso em: 12/Out./2012.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 41, n. 1, p. 181-202, 1984.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; ZABOT, L.; UHRY, D. LISBOA, J. I.; JAUER, A. Características morfológicas de cultivares de soja

convencionais e Roundup Ready™ em função da época e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, Abr. 2010.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. de. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão a soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.4, p.415-422, abr. 2010.

MANCIN, C. R.; SOUZA, L. C. F. de; NOVELINO, J. O.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Desempenho agrônômico da soja sob diferentes rotações e sucessões de culturas em sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 71-77, Mar. 2009.

MATOSO, A. de. O.; SORATTO, R. P.; CECCON, G.; FIGUEIREDO, P. G.; NETO, A. L. N. Desempenho agrônômico de feijão-caupi e milho semeados em faixas na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.7, p.722-730, 2013.

MENDONÇA, V. Z. D.; MELLO, L. M. M. D.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, É. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 251-259, 2013.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Brasil 2015/2016 a 2025/2026 – Projeções de Longo Prazo**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2016.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 187-192, Feb. 2012.

NAVARRO JÚNIOR, H. M.; e COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 269-274, mar. 2002.

NOGUEIRA, P. D. M.; SENA JÚNIOR, D. G.; RAGAGNIN, V. A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. **Global Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 117–124, 2010.

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J. Soybean growth and yield under cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.2, p. 249-256, mar/abr, 2013.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.;

CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L. e PETTER, F. A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 455-463, 2009.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.357-364, mar-abr, 2004.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V. da; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, n.13. p. 51-76. 2011.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal (Princípios Básicos). Cruz das Almas. Novembro de 2004.

PEREIRA, V. J.; RODRIGUES, J. F.; GOMES FILHO, R. R.; REIS, J. M. R. Comportamento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetida à adubação nitrogenada de plantio. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-5, 2010.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; e MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, Ago. 2000.

RICCE, W. da S.; ALVES, S. J.; PRETE, C. E. C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1220-1225, out. 2011.

RODRIGUES, O.; . Efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na taxa de crescimento de grãos de soja. Boletim de pesquisa e desenvolvimento da Embrapa, Passo Fundo, 2006.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. M.; BROCH, D. L.; BOENI, B.; CONCEIÇÃO, P. C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58 p.(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agropecuária Oeste, 29).

SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C. Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, mar. 2002, p. 259-267.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; PIRES, J. L. F.; FONTANELI, R. S.; BIAZUS, V.; VERDI, A. C.; e VARGAS, A. Rendimento de grãos e características agrônômicas de soja em função de pastagens perenes em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 319-326, 2014.

SERAFIM, M. E.; VITORINO, A. C.; PEIXOTO, P. P.; SOUZA, C. M.; e CARVALHO, D. D. Intervalo hídrico ótimo em um latossolo vermelho distroférrico sob diferentes sistemas de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 654-665, 2008.

SEREIA, R. C. **Atributos físicos e químicos do solo sob cultivos de outono-inverno em sistema de semeadura direta**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014. 119 p. Dissertação (Mestrado)

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio: II - implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, 2006.

SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P.A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011.

SILVA, A. J.; CANTERI, M. G.; SILVA, A. L. Haste verde e retenção foliar na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, v.39, n.3, p.151-156, 2013.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, Ago. 2003. p. 240-244.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGHETTI, M. H.; CAO, E. G. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33, 1829-1836, 2009.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 15 p.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Editora Artmed, 2004, 719p.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. (Ed.). **Soja: manejo para alta**

produtividade de grãos. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 13-33.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; e PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 195-199, fev. 1999.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO-ZANÃO, M. P.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 429-438, 2010.