



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FLÁVIA WERNER

**ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA
NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA:
LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PALHA DO CAPIM-
BRAQUIÁRIA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA**

Londrina
2019

FLÁVIA WERNER

**ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA
NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA:
LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PALHA DO CAPIM-
BRAQUIÁRIA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial na obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva

Coorientador: Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

W492 Werner, Flávia .

Épocas de dessecação e adubação nitrogenada no sistema integração lavoura-pecuária: liberação de nutrientes pela palha do capim-braquiária e desempenho agrônômico da soja / Flávia Werner. - Londrina, 2019.
130 f. : il.

Orientador: Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.

Coorientador: Alvadi Antonio Balbinot Junior.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Glycine max L - Tese. 2. Urochloa brizantha cv. BRS Piatã - Tese. 3. Componentes do rendimento - Tese. 4. Macronutrientes - Tese. I. Aguiar e Silva, Marcelo Augusto de. II. Balbinot Junior, Alvadi Antonio . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

FLÁVIA WERNER

**ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO
SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA:
LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PALHA DO CAPIM-BRAQUIÁRIA
E DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial na obtenção do título de Doutora em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar
e Silva
Universidade Estadual de Londrina -UEL

Coorientador Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
EMBRAPA

Dr. Henrique Debiasi
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EMBRAPA

Dra. Larissa Alexandra Cardoso Moraes
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
EMBRAPA

Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Giliardi Dalazen
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 11 de Dezembro de 2019.

Dedico

Aos meus pais, Clarice e Alceu, pelo apoio incondicional na minha formação profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, Nossa Senhora Aparecida e a Santa Paulina, por sempre me concederem forças para enfrentar todas as situações difíceis que apareceram durante o caminho e por me ajudarem a seguir em frente, independentemente da situação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva, pela orientação, pela dedicação, paciência, pelo apoio, pelo exemplo, conhecimento e ensinamentos transmitidos.

Ao meu coorientador Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior, pela disponibilidade, exigência, dedicação e pelo exemplo profissional. Agradeço, sobretudo, por ter me oferecido a oportunidade inicial para que eu seguisse na carreira acadêmica.

A Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do Doutorado.

A Capes pela concessão da bolsa de estudos.

A Embrapa Soja pela infraestrutura oferecida.

Aos pesquisadores da Embrapa Soja, Dr. Julio Cezar Franchini, Dr. Henrique Debiasi, Dra. Liliane Márcia Mertz Henning e Dra. Estela de Oliveira Nunes pelo apoio, ensinamentos e incentivo.

Ao pesquisador Dr. Fernando Augusto Henning pelo apoio, parceria e amizade e por me proporcionar a oportunidade de participar de cursos que ajudaram na minha formação profissional.

Aos professores da Universidade Estadual de Londrina Dr. Claudemir Zucareli e Dra. Maria de Fátima Guimarães por toda ajuda, compreensão e motivação durante meus anos de estudo.

Ao pessoal de apoio da área de manejo do solo e da cultura da Embrapa Soja: Agostinho, Éverson, Póla (*in memmoriám*), Duda, Gustavo e Eliseu que não mediram esforços para a realização dos trabalhos realizados. Também ao Donizete, Mariluci, Ildfonso, Mariana e Esmael pelo auxílio em algumas análises realizadas durante esse período.

Aos meus pais, Alceu José Werner e Clarice Helena Cerbato Werner pela educação e os princípios a mim transmitidos. Obrigada pela confiança, e por todo o esforço que vocês fizeram para me ajudar a conquistar meus objetivos. Não existem palavras que consigam expressar minha gratidão.

A todos os meus familiares que sempre me incentivaram com palavras de conforto para seguir em frente, independentemente das dificuldades que aparecessem, especialmente minhas irmãs Ana Maria Werner e Marina Werner, meu sobrinho Vitor Castilho e as minhas tias Ana Angelina Cerbato, Dirce Maria Cerbato e Iva Dorina Cerbato.

Aos meus colegas de trabalho André Sampaio Ferreira e Jhenifer Passos por toda ajuda durante a condução dos experimentos, sem essa ajuda imprescindível o trabalho não poderia ter sido desenvolvido.

Ao pessoal da área de Sementes e Tecnologia de Grãos da Embrapa Soja por toda a ajuda concedida durante os trabalhos desenvolvidos, Vilma, Pyt, Waldemar, Antonio, Caroline, Marcella, Bárbara e Marli e especialmente à Adriana, por sempre me disponibilizar ajuda, me ouvir e estar sempre ao meu lado, independentemente da situação, por me ceder às estagiárias Naiane, Dayane e Andressa que foram essenciais para que a realização do trabalho fosse possível.

Aos estagiários da área de Sementes e de Física do Solos por sempre se mostrarem disponíveis e dispostos a ajudar.

Ao pesquisador Dr. Alexandre de Lima Nepomuceno pela indicação para a realização do Estágio de Doutorado Sanduíche no Exterior e ao meu coorientador no Exterior Dr. Larry C. Purcell, por aceitar em me orientar e pela paciência e ensinamentos a mim transmitidos, assim como toda a sua equipe Andy, Marylinn, Suman, Avi, Akshita, Letícia e Caio, pela amizade, paciência e ensinamentos compartilhados durante os 6 meses que permaneci nos Estados Unidos.

Aos meus amigos, Julia, Ronan, Jaqueline, Rafaela, Adriana, Cristian Rafael, Marli e Amanda pela amizade, força, compreensão nos momentos difíceis, por estarem sempre me motivando e me fazendo seguir em frente e pelos momentos alegres proporcionados, sem vocês eu não teria conseguido.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

WERNER, F. **Épocas de dessecação e adubação nitrogenada no sistema integração lavoura-pecuária: liberação de nutrientes pela palha do capim-braquiária e desempenho agrônômico da soja.** 2019. 130 f. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

A integração lavoura-pecuária é uma das principais alternativas para a diversificação de sistemas de produção, procurando sempre a máxima eficiência técnica e econômica na utilização dos recursos. Os objetivos do trabalho foram 1) avaliar o efeito da adubação nitrogenada na soja e na pastagem e de épocas de dessecação de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã sobre o crescimento, produtividade e os teores de óleo e proteína dos grãos de soja; 2) avaliar a decomposição e a liberação de macronutrientes da palha de *U. brizantha* cv. BRS Piatã para o solo em três níveis de adubação e em duas épocas de dessecação na pastagem. O trabalho foi conduzido em Londrina, Paraná, entre março de 2016 e março de 2018. Foram estudadas três doses de adubação nitrogenada da pastagem de *U. brizantha* cv. BRS Piatã (0; 150 e 300 kg ha⁻¹, aplicadas na forma de ureia a lanço, parceladas em duas vezes), constituindo três experimentos. Para cada experimento foi utilizado o delineamento de blocos completamente casualizados e cinco repetições. Para a cultura da soja os tratamentos foram compostos por cinco épocas de dessecação da pastagem (60; 45; 30; 15 e 1 dias antes da semeadura da soja (DAS)) e dois níveis de adubação nitrogenada na soja (com 30 kg N ha⁻¹ aplicados a lanço no dia da semeadura na forma de ureia e sem adubação nitrogenada). A dessecação antecipada da pastagem favorece o estabelecimento de plantas de soja e promove incremento na massa seca e acúmulo de N nos estádios vegetativos da cultura, entretanto essas diferenças não são observadas no enchimento de grãos, não influenciando na produtividade da soja, nos componentes do rendimento e nos teores de óleo e proteína nos grãos independentemente da adubação nitrogenada na pastagem e na soja. A adubação nitrogenada na implantação da soja com 30 kg ha⁻¹ de N aumenta o crescimento das plantas de soja na fase vegetativa, mas, após o pleno florescimento, essas diferenças não são observadas, não influenciando na produtividade, nos componentes de rendimento e nos teores de óleo e proteína dos grãos, independentemente da época de dessecação e da adubação nitrogenada na pastagem. Para a pastagem foram avaliadas duas épocas de dessecação: 60 e 15 DAS, com quatro repetições, determinando-se a massa seca da palha residual e os teores de macronutrientes. A adubação nitrogenada na pastagem aumenta a ciclagem de N e K e a liberação desses nutrientes à soja em sucessão. A quantidade de K liberada pela palha de *U. brizantha* adubada com 150 ou 300 kg N ha⁻¹ é suficiente para produção de até 4 t de grãos ha⁻¹, considerando ausência de perdas no sistema. A dessecação antecipada de *U. brizantha* (60 dias antes da semeadura da soja) não favorece o aproveitamento de K pela oleaginosa, pois 50% do nutriente é liberado nos 20 primeiros dias após a dessecação. A dinâmica de liberação de P pela palha de *U. brizantha* não é influenciada pela adubação nitrogenada e época de dessecação. Os teores de cálcio e enxofre na palha de pastagem de *U. brizantha* não variam com o tempo de decomposição, enquanto os teores de magnésio reduzem, independentemente da adubação nitrogenada e da

época de dessecação. A quantidade de cálcio, magnésio e enxofre liberada pela *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, foi de, aproximadamente, 15, 10 a 15 e 4 a 6 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo que a quantidade de magnésio liberada da pastagem apresentou tendência de maior liberação na presença de adubação nitrogenada na pastagem ao contrário da quantidade liberada de enxofre que apresenta menor liberação com a adubação nitrogenada na pastagem, independentemente da época de dessecação.

Palavras-chave: *Glycine max* L. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã. Componentes do rendimento. Macronutrientes.

WERNER, F. **Desiccation times and nitrogen fertilization in the crop-livestock integration system:** nutrient release by palisadegrass straw and soybean agronomic performance. 2019. 130 p. Thesis in Agronomy – State University of Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

Crop-livestock integration is one of the main alternatives for the diversification of production systems, always striving for maximum technical and economic efficiency in the use of resources. The aims of this work were to 1) evaluate the effect of nitrogen fertilization on soybean and pasture and desiccation times of *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã on the growth, yield and oil and protein content of soybean; 2) to evaluate the decomposition and release of macronutrients from *U. brizantha* cv. BRS Piatã for soil in three levels of fertilization and two periods of desiccation in the pasture. The study was conducted in Londrina, Paraná, between March 2016 and March 2018. Three doses of nitrogen fertilization from *U. brizantha* cv. BRS Piatã (0, 150 and 300 kg ha⁻¹, applied in the form of haul urea, splitted twice), constituting three experiments. For each experiment a completely randomized block design and five replications were used. For soybean crop treatments were composed of five pasture desiccation times (60; 45; 30; 15 and 1 days before soybean sowing) and two levels of nitrogen fertilization in soybean (with 30 kg N ha⁻¹ applied to haul on the day of sowing in the form of urea and without nitrogen fertilization). Early pasture desiccation favors the establishment of soybean plants and promotes increase in dry matter and N accumulation in the vegetative stages of the crop, however these differences are not observed in grain filling, not influencing soybean yield, yield components and the oil and protein contents in grains regardless of nitrogen fertilization in pasture and soybean. Nitrogen fertilization in soybean deployment with 30 kg ha⁻¹ of N increases the growth of soybean plants in the vegetative phase, but, after full flowering, these differences are not observed, not influencing yield, yield components and oil and protein contents in grains, regardless of the desiccation times and nitrogen fertilization in the pasture. For pasture, two desiccation times were evaluated: 60 and 15 days before soybean sowing, with four replications, determining the dry mass of residual straw and macronutrient contents. Nitrogen fertilization on pasture increases N and K cycling and release of these nutrients to soybean in succession. The amount of K released by *U. brizantha* straw fertilized with 150 or 300 kg N ha⁻¹ is sufficient to produce up to 4 t of grains ha⁻¹, considering no losses in the system. Early desiccation of *U. brizantha* (60 days before soybean sowing) does not favor the use of K by oilseed, since 50% of the nutrient is released within the first 20 days after desiccation. Early desiccation of *U. brizantha* (60 days before soybean sowing) does not favor the use of K by oilseed, since 50% of the nutrient is released within the first 20 days after desiccation. P release dynamics by *U. brizantha* straw is not influenced by nitrogen fertilization and desiccation times. Calcium and sulfur contents in *U. brizantha* pasture straw do not vary with the decomposition time, while magnesium contents decrease, regardless of nitrogen fertilization and desiccation times. The amount of calcium, magnesium and sulfur released by *U. brizantha* until the end of the soybean cycle in succession was approximately 15, 10 to 15 and 4 to 6 kg ha⁻¹, respectively. The amount of magnesium released in the pasture tended to be higher in the presence of nitrogen

fertilization in the pasture, as opposed to the released amount of sulfur which presented lower release with nitrogen fertilization in the pasture, regardless of desiccation times.

Key words: *Glycine max* L. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã. Yield components. Macronutrients.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1 –** Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha^{-1}), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha^{-1}) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha^{-1}) em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, com 0 kg N ha^{-1} na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18 63
- Tabela 3.2 –** Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha^{-1}), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha^{-1}) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha^{-1}) em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, com 150 kg N ha^{-1} na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18 65
- Tabela 3.3 –** Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha^{-1}), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha^{-1}) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha^{-1}) em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, com 300 kg N ha^{-1} na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18 67
- Tabela 3.4 –** Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha^{-1}), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha^{-1}) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e

	final de plantas (mil plantas ha ⁻¹) em função de dois níveis de adubação nitrogenada, com 0 kg N ha ⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (<i>Urochloa brizantha</i> cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18.....	69
Tabela 3.5 –	Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha ⁻¹), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha ⁻¹) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha ⁻¹) em função de dois níveis de adubação nitrogenada, com 150 kg N ha ⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (<i>Urochloa brizantha</i> cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18.....	71
Tabela 3.6 –	Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha ⁻¹), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha ⁻¹) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha ⁻¹) em função de dois níveis de adubação nitrogenada, com 300 kg N ha ⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (<i>Urochloa brizantha</i> cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18.....	72
Tabela 4.1 –	Densidade inicial de plantas (mil plantas ha ⁻¹), altura de plantas (cm), altura da inserção da primeira vagem (cm), diâmetro do caule (cm) e acamamento em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (<i>Urochloa brizantha</i> cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, nos experimentos com 0, 150 e 300 kg N ha ⁻¹ na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18.....	86

Tabela 4.2	– Número de vagens m ⁻² , número de grãos por vagem, massa de mil grãos (g), produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) e teores de óleo e proteína (%) da soja em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (<i>Urochloa brizantha</i> cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, nos experimentos com 0, 150 e 300 kg N ha ⁻¹ na pastagem de (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18	88
Tabela 4.3	– Densidade inicial de plantas (mil plantas ha ⁻¹), altura de plantas (cm), altura da inserção da primeira vagem (cm), diâmetro do caule (cm) e acamamento em função de dois níveis de adubação nitrogenada nos experimentos com 0, 150 e 300 kg N ha ⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (<i>Urochloa brizantha</i> cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18	89
Tabela 4.4	– Número de vagens m ⁻² , número de grãos por vagem, massa de mil grãos (g), produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) e teores de óleo e proteína (%) da soja, em função de dois níveis de adubação nitrogenada, nos experimentos com 0, 150 e 300 kg N ha ⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (<i>Urochloa brizantha</i> cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18	90

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 3.1** – Foto aérea do experimento dividido em três piquetes, sendo a área A com a aplicação de 300 kg N ha⁻¹ ano, a área B com 150 kg N ha⁻¹ ano e a área C com 0 kg N ha⁻¹. Londrina, PR..... 58
- Figura 3.2** – Extrato do balanço hídrico climatológico sequencial com CAD de 75 mm e temperaturas médias das máximas, médias e mínimas (°C) durante a condução dos experimentos na safra 2017/18. Londrina, PR..... 60
- Figura 4.1** – Extrato do balanço hídrico climatológico sequencial com CAD de 75 mm e temperaturas médias das máximas, médias e mínimas (°C) durante a condução dos experimentos na safra 2017/18. Londrina, PR..... 83
- Figura 5.1** – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas médias das máximas, médias e mínimas (°C) durante a condução da pesquisa em 2016 (A) e 2017 (B). Londrina, PR 102
- Figura 5.2.** – Massa seca da palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18 104
- Figura 5.3** – Teor de Nitrogênio (N) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18..... 106
- Figura 5.4** – Quantidade de nitrogênio na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18 108

- Figura 5.5 –** Teor de Fósforo (P) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18..... 109
- Figura 5.6–** Quantidade de fósforo na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18 111
- Figura 5.7 –** Teor de Potássio (K) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18..... 113
- Figura 5.8 –** Quantidade de potássio na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18 115
- Figura 5.9 – T** teor de Cálcio (Ca) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18..... 117
- Figura 5.10–** Quantidade de cálcio na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18 118

- Figura 5.11** – Teor de Magnésio (Mg) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18..... 119
- Figura 5.12** – Quantidade de magnésio na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18 121
- Figura 5.13** – Teor de Enxofre (S) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18..... 122
- Figura 5.14** – Quantidade de enxofre na palha de pastagem de braquiária(●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18 123

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	A CULTURA DA SOJA	22
2.2	SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	25
2.3	BIOMASSA VEGETAL E USO DE BRAQUIÁRIAS EM SISTEMAS INTEGRADOS	28
2.5	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PASTAGEM	30
2.6	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SOJA.....	32
2.7	DESSECAÇÃO DA PASTAGEM.....	34
2.8	DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PALHA	38
	REFERÊNCIAS	41
3	ARTIGO A – CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NITROGÊNIO PELA SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DE PASTAGEM DE <i>Urochloa brizantha</i> E ADUBAÇÃO NITROGENADA	54
3.1	RESUMO.....	54
3.2	ABSTRACT	55
3.3	INTRODUÇÃO.....	56
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	57
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
3.6	CONCLUSÕES	73
3.7	REFERÊNCIAS	74
4	ARTIGO B – DESEMPENHO AGRONÔMICO E TEORES DE ÓELO E PROTEÍNA EM GRÃOS DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DE PASTAGEM DE <i>Urochloa brizantha</i> E ADUBAÇÃO NITROGENADA	78
4.1	RESUMO.....	78
4.2	ABSTRACT	79

4.3	INTRODUÇÃO	79
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	81
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
4.6	CONCLUSÕES	92
4.7	REFERÊNCIAS.....	92
5	ARTIGO C – DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES DA PALHA DE PASTAGEM DE BRAQUIÁRIA PARA A SOJA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	97
5.1	RESUMO.....	97
5.2	ABSTRACT	98
5.3	INTRODUÇÃO	99
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	100
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
5.6	CONCLUSÕES	124
5.7	REFERÊNCIAS.....	125
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	130

1 INTRODUÇÃO

Vários desafios vêm sendo impostos à agricultura, como a produção de alimentos em elevada quantidade e qualidade, garantindo segurança alimentar, produção de energia, fibra, madeira e outros bens para a humanidade, e, ainda, mitigando os gases causadores de efeito estufa. Adicionalmente a isso, a necessidade de atender essas demandas com o mínimo distúrbio ambiental, associado ao reduzido consumo de insumos que apresentam reservas finitas no planeta, como fósforo, potássio e petróleo.

Esse cenário agrícola se torna ainda mais complexo com a inserção de fatores sociais. Dessa forma, o principal desafio é a produção de bens (alimentos, energia, fibra, madeira, entre outros) que a humanidade demanda de forma crescente, devido ao aumento populacional e aumento de renda per capita, com reduzido impacto ambiental e, ao mesmo tempo, permitindo que as famílias de agricultores familiares consigam viver com dignidade no meio rural. Nesse sentido, a alternativa que se aproxima desses requisitos é o uso de sistemas de produção que ocupem intensamente os recursos disponíveis nos agrossistemas, concomitante à melhoria da qualidade do solo – base da produção vegetal e animal – reduzindo o consumo de insumos e gerando maior renda por área.

A soja é a cultura agrícola que mais cresceu no Brasil nas últimas décadas, em função de vários fatores. Dentre eles, destacam-se a facilidade de mecanização da cultura em Sistema Plantio Direto (SPD), grande aporte tecnológico, empreendedorismo dos agricultores, adequada aptidão da espécie às condições edafoclimáticas brasileiras e incentivos fiscais. O complexo agroindustrial da soja é destaque na economia nacional. O grão de soja é amplamente utilizado na alimentação animal para a fabricação de rações, biodiesel e vem apresentando uso crescente para a alimentação humana. Atualmente, o Brasil é o principal exportador de grãos de soja e seus derivados e o segundo maior produtor mundial.

No Brasil, a soja vem sendo cultivada em sistemas de produção pouco diversificados, como, por exemplo nas sucessões soja-milho segunda safra (ocupando mais de 11 milhões de hectares), soja-milheto para cobertura ou soja-trigo no sul do país. Além disso, em várias regiões que apresentam estação chuvosa curta a soja é cultivada em sistema de monocultura. Essa situação tem gerado

degradação da qualidade e conservação do solo, ocasionando compactação e erosão do solo, além de agravamento de problemas fitossanitários, como fitonematóides e doenças necrotróficas. Uma das principais estratégias para conciliar a intensificação dos sistemas de produção com aumento da diversificação é a integração da soja e outras culturas de grãos com espécies forrageiras destinadas à produção de carne e/ou leite, em sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP).

Espécies do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) têm sido amplamente adotadas em sistema ILP conduzido em regiões tropicais ou subtropicais com invernos amenos. Isso se deve, especialmente a expressiva capacidade de produção de fitomassa, mesmo em ambientes de baixa fertilidade, que têm proporcionado boa cobertura de solo, alta ciclagem de nutrientes e facilidade de dessecação para implantação de culturas em sucessão, principalmente a cultura da soja. O crescimento vigoroso de raízes apresentado pelas braquiárias é importante na melhoria de atributos físicos e hídricos do solo, o que pode beneficiar a soja cultivada em sucessão em sistema ILP. Nesse sentido, a integração de pastagens de braquiária e o cultivo de espécies para grãos é uma importante estratégia para atender os fundamentos do SPD, buscando uma agricultura verdadeiramente conservacionista, sustentável e economicamente rentável. Salienta-se que as duas espécies de braquiária mais utilizadas no Brasil em integração com a soja são *U. brizantha* e *U. ruziziensis*.

A produção de forragem e o crescimento de raízes de braquiária podem ser incrementados pela adubação nitrogenada na pastagem. O aumento na produção de biomassa pela braquiária pode potencializar a ciclagem de nutrientes, melhorar atributos físicos e hídricos do solo e permitir maior quantidade de palha residual para o cultivo da soja em sucessão. No entanto, o impacto desses fatores sobre o desempenho da soja semeada após a pastagem precisa ser adequadamente elucidado.

Outro questionamento recorrente no meio técnico é quanto à época indicada de dessecação da pastagem de braquiária em relação à semeadura da soja em SPD. Essa prática de manejo é relevante porque pode influenciar a qualidade da semeadura, o estabelecimento e o crescimento das plantas, a produtividade e qualidade da soja. Nesse sentido, é frequente a indicação de dessecação de pastagem de braquiária com antecedência de dois meses em relação à semeadura da soja, objetivando adequado funcionamento da semeadora e um período de no

mínimo um mês sem plantas verdes na lavoura, para que eventuais insetos-praga morram por inanição. No entanto, essa indicação necessita ser devidamente esclarecida pela pesquisa.

É relevante mencionar que a antecipação da dessecação em relação à semeadura acima de um mês pode reduzir a quantidade de palha no início do ciclo das culturas subsequentes, além de permitir a emergência de plantas daninhas antes das plantas cultivadas, fazendo-se necessário, em algumas situações, dessecação adicional próximo à semeadura. É provável que a redução da relação C/N na palha residual da pastagem de braquiária decorrente da adubação nitrogenada permita que a dessecação seja realizada com menor antecedência, uma vez que a palha pode apresentar decomposição mais rápida. Nesse sentido, a definição de épocas ideais de dessecação de pastagem de braquiária com diferentes composições químicas é um avanço tecnológico relevante para sistemas integrados no Brasil.

A palha com elevada relação C/N, como a produzida por espécies do gênero *Urochloa*, pode imobilizar temporariamente o N presente na solução do solo. Isto tem fundamentado a hipótese sobre a necessidade de aplicação de N mineral na semeadura da soja, de tal forma que a cultura tenha a sua disposição o N necessário para o crescimento inicial, até que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) opere em plenitude. No entanto, não há informações na literatura sobre o efeito dessa prática em soja semeada em sucessão à pastagem de *U. brizantha*, com diferentes aportes de N e épocas de dessecação.

O período de permanência e decomposição dos resíduos vegetais da palha de *U. brizantha* sobre o solo em SPD e a dinâmica de liberação dos nutrientes são condições indispensáveis para que o sistema seja bem-sucedido, sendo que é necessário escolher corretamente a cultura forrageira para que a cobertura do solo durante toda a safra seja suficiente. Em teoria, o mais vantajoso seria que o máximo de quantidade de nutrientes liberado pela palha correspondesse ao momento em que a cultura de interesse comercial mais consumisse nutrientes. Ao ajustar esses dois momentos pode ser que se aumente a eficácia de absorção dos nutrientes pela soja e, conseqüentemente seu desempenho produtivo.

As hipóteses do trabalho são que independentemente da adubação nitrogenada na pastagem, a dessecação próxima à semeadura da soja (1 a 15 dias) prejudica a plantabilidade e o desempenho agrônômico da soja. A adubação

nitrogenada na semeadura da soja é dispensável, independentemente da adubação nitrogenada na pastagem e da época de dessecação em relação à semeadura da oleaginosa. A adubação nitrogenada na pastagem aumenta a velocidade de decomposição e liberação de macronutrientes da palha para o solo durante o ciclo de desenvolvimento da soja.

Sendo assim, os objetivos do trabalho foram 1) avaliar o efeito da adubação nitrogenada na soja e na pastagem e de épocas de dessecação de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã sobre o crescimento, acúmulo de nitrogênio, produtividade e teores de óleo e proteína dos grãos de soja; 2) avaliar a decomposição e a liberação de macronutrientes da palha de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã para o solo em três níveis de adubação e em duas épocas de dessecação na pastagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA SOJA

A classificação botânica da planta de soja é reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Faboideae (Papilionoideae), gênero *Glycine*, da espécie *Glycine max* (L.) Merrill (SEDIYAMA, 2009). A soja como atualmente a conhecemos é uma planta originária da China, a princípio apresentando hábito de crescimento rasteiro e cultivada nas margens de rios, domesticada possivelmente entre 1500 e 1027 a.C. Três mil anos depois essa cultura passou a ser produzida em todo o continente asiático, começando a ser aproveitada como alimento (MELO, 2005). Após esse período, sua propagação pelo mundo ocorreu através de imigrantes japoneses e chineses e viajantes ingleses (MISSÃO, 2006). Em 1900 começou a ser cultivada comercialmente por produtores americanos nos Estados Unidos. Desde então, ocorreu um acelerado desenvolvimento na cadeia produtiva, com a introdução das primeiras cultivares plantadas comercialmente (BACAXIXI *et al.*, 2011).

A introdução da cultura ocorreu no Brasil em 1882 no estado da Bahia. Em 1914 houve o primeiro registro do cultivo comercial no Rio Grande do Sul, porém somente em 1941 que a produção comercial de soja adquiriu importância econômica ocupando uma área de 640 ha e produção de 450 toneladas. A partir desse período a produção foi aumentando e o país adquiriu registro internacional como exportador em 1949, produzindo um total de 25 mil toneladas. Ao longo da década de 1950 o país alcançou 100 mil toneladas em produção, e ao final da década de 1960 a soja se estabeleceu como cultura de importância econômica para o país produzindo cerca de 1 milhão de toneladas. A partir de 1970, devido a grande demanda nacional e internacional a cultura começou a se expandir. Em seguida, a primeira indústria para processamento de soja foi instalada no país, o que garantiu ao Brasil status de produtor de soja (SEDIYAMA, 2009). Também estão presentes no mercado cultivares com maior eficiência produtiva quando comparadas com as cultivares ancestrais originadas na China e na Manchúria (PERINI *et al.*, 2012).

Com o passar do tempo, a soja expandiu-se no âmbito econômico mundialmente, devido a sua importância socioeconômica, e pelo aumento da

procura no mercado externo e interno, principalmente por ser uma importante fonte de proteínas para o mundo (BRACCINI *et al.*, 2003). A soja apresenta um amplo leque de utilidades, podendo ser consumida em forma de ração com a finalidade de alimentar os animais ou ser utilizada para a alimentação humana, através do consumo de grãos, agindo como alimento funcional, ou na fabricação de óleos, bebidas, chocolates, biocombustíveis, farmacêuticos, veterinários, produtos cosméticos, entre outros (MISSÃO, 2006).

A soja possui grande relevância para os países em que é cultivada, principalmente se é implementada em larga escala, havendo formação de uma cadeia de produção de alta complexidade, envolvendo desde a pesquisa, manejo do solo, escolha das cultivares, manejo fitossanitário, armazenamento, processamento e comercialização. Como consequência da alta procura por essa *commodity* no mercado internacional, houve acelerada expansão dessa cultura no país, que decorreu, principalmente pela troca de áreas cultivadas com outras culturas e, basicamente, pela abertura de novas fronteiras agrícolas (REZENDE; CARVALHO 2007).

No Brasil, o sucesso da cultura da soja aconteceu sobretudo devido à adoção de eventos tecnológicos associados a utilização de cultivares adaptadas em zonas de baixas latitudes, em virtude da utilização de genes que expressam o período da juvenildade e retardam a floração das plantas. Isso possibilitou que a soja apresentasse altos rendimentos de grãos, sendo facilmente manejadas mecanicamente e possuindo um acessível manejo cultural e fitossanitário, contribuindo dessa forma para a ampliação da área cultivada (ANDRADE *et al.*, 2014).

Neste contexto, a soja foi uma das culturas de grãos que viabilizou a expansão agrícola para uma nova e última fronteira agrícola no Cerrado brasileiro, conhecida pela sigla MATOPIBA, que representa os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, respectivamente. Com esse processo de expansão da cultura, começou a ocorrer o desenvolvimento de regiões que possuíam um pequeno desenvolvimento econômico e eram pouco habitadas. Nessa conjuntura, muitas dessas regiões se sobressaíram em termos de produção de soja e vem colaborando para a consolidação do Brasil

como um dos maiores produtores globais de soja, também impulsionando o desenvolvimento de outros setores da economia como a avicultura e suinocultura nacional (BACHA; CARVALHO, 2014).

No cenário atual o Brasil figura como o segundo maior produtor mundial de soja, atingindo a marca de 115 milhões de toneladas de grãos produzidos na safra 2018/2019 em uma área de 35,8 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2019). O maior produtor são os Estados Unidos da América, que somou uma produção de 123,6 milhões de toneladas de grãos na mesma safra com 35,6 milhões de hectares cultivados (USDA, 2019). A soja desponta em âmbito nacional entre as culturas de grãos, ocupando o primeiro lugar em área cultivada e produção de grãos (LUDWIG *et al.*, 2011).

Nessa conjuntura, a produção brasileira de soja se concentra principalmente nas regiões centro-oeste e sul, sendo que os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás apresentam maior relevância nacional, produzindo 32,5, 19,2, 16,3 e 11,4 milhões de toneladas de grãos, respectivamente, somando em conjunto 69% do total produzido na safra 2018/2019. As regiões Centro-oeste e Sul do país foram responsáveis por 90,5% da produção de grãos de soja na safra 2018/19, apresentando produtividade nacional média de 3.206 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019).

A fim de se obter uma lavoura de soja eficiente e competitiva, inúmeros fatores devem ser observados, como o correto manejo do solo e da palhada antecedente a cultura da soja, escolha da cultivar, semeadura na época recomendada e adequada disponibilidade hídrica, aplicação de agroquímicos, regulação da semeadora (profundidade, espaçamento e densidade) e sementes que disponham de boa qualidade genética, física, sanitária e fisiológica (VAZQUEZ; CARVALHO; BORBA, 2008).

A pesquisa tem focado seus esforços para o aprimoramento da sojicultura no país, buscando mais conhecimentos que proporcionem maior rendimento de grãos com redução dos custos de produção. Para isso, são necessários estudos contínuos que visem a renovação e adequação técnicas de cultivo inovadoras (BARBOSA *et al.*, 2013). A cultura da soja desempenha um papel significativo no desenvolvimento da integração lavoura-pecuária, por ser uma cultura comercial importante e por ser uma leguminosa (Fabaceae), fixando nitrogênio e

participando da melhoria da fertilidade do solo, contribuindo também para a sustentabilidade do sistema (FERREIRA *et al.*, 2015).

2.2 SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) são sistemas planejados envolvendo interações espaciais e temporais em diferentes escalas, explorando o uso da terra para animais e culturas na mesma área, concomitantemente ou de forma desarticulada em rotação ou sucessão. Os SIPA têm como objetivo principal alcançar o sinergismo entre as interações solo-planta-animal-atmosfera (MORAES *et al.*, 2014).

No âmbito mundial os SIPA estão presentes em 25 milhões de km² (BELL;MOORE, 2012) sendo responsáveis por cerca da metade da produção de alimentos no mundo (HERRERO *et al.*, 2010). Por essa representatividade, os SIPA são considerados vitais para a segurança alimentar do planeta. Além do seu papel na produção de alimentos, esse sistema é a base da produção dos países em desenvolvimento, onde dois bilhões de pessoas são sustentadas por esse modelo de produção (WRIGHT *et al.*, 2012).

Os SIPA, designados no Brasil como integração lavoura-pecuária (ILP) ou como integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), constituem em combinações entre plantas cultivadas que possuem interesse econômico, animais e o componente arbóreo, utilizados de maneira simultânea ou em sequência na mesma área de cultivo, ou até mesmo em áreas diferentes (MORAES *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2015).

Não se apresenta como uma inovação na tecnologia empregada, pois seus princípios são há muito tempo utilizados. Entretanto seu uso vinha sendo desprezado em comparação com sistemas especializados de produção (monocultura) resultantes da Revolução Verde (CARVALHO *et al.*, 2015). Desta forma, devido à falta de eficiência dos atuais modelos de produção agrícolas e pecuários, o conceito de integração de sistemas tem reconquistado seu espaço em âmbito mundial e nacional.

A pecuária não tem sido eficiente em transformar produtos nas grandes áreas que utiliza e, além de tudo é uma atividade que gera grande impacto ambiental. Do mesmo modo a agricultura apresenta um grande risco operacional

dos sistemas fundamentados em sistemas especializados de produção, ocasionando dúvidas quanto ao seu efeito no meio ambiente e economicamente, já que é uma atividade, na maior parte dos casos, utilizada de forma intensiva, fundamentalmente embasada em tecnologia de insumos, com pouca diversificação e sem compromisso com impactos ambientais. Neste cenário, os SIPA têm sido reconhecidos como uma alternativa única em sistema de produção, visando de maneira conjunta, a sustentabilidade e a intensificação (CARVALHO *et al.*, 2015).

Há relativamente pouco tempo, os SIPA foram certificados como uma possibilidade para intensificar de forma sustentável os sistemas de produção (FAO, 2010), pois englobam um conjunto de características singulares em sistemas de produção de alimentos. Esses sistemas se apresentam mais efetivos na utilização de recursos naturais (WRIGHT *et al.*, 2012), proporcionam ciclagem de nutrientes e desta forma a melhoria dos atributos do solo (SALTON *et al.*, 2014), diminuem os custos de produção (RYSCHAWY *et al.*, 2012), mantendo ou até mesmo aumentando os níveis de produtividade (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009), e ainda geram benefícios ao meio ambiente (SANDERSON *et al.*, 2013).

Com o passar do tempo o SIPA retomou a sua importância, após longo domínio da utilização de sistemas intensivos, caracterizados por limitada diversidade e pelo uso excessivo de insumos (LEMAIRE *et al.*, 2014). Parra Herrero *et al.* (2010), o futuro do fornecimento de alimentos para o mundo está na utilização de tecnologias que usem os recursos naturais de forma intensiva e sustentável, proporcionando maior eficácia na produção de maior quantidade de alimentos sem o aumento da utilização da área, água ou outros insumos utilizados.

Independentemente de que o conceito de integrar sistemas seja antigo, a ideia de executá-lo de forma diferenciada a que eram realizadas nas propriedades foi revolucionária. A expressão Integração Lavoura-Pecuária (ILP) foi utilizada nesse sentido, e categoricamente, por Medeiros (1978 apud MEDEIROS, 1973), recomendando a utilização de bovinos de corte em áreas cultivadas com soja e trigo no Planalto do Rio Grande do Sul, defendendo que a lavoura e pecuária poderiam coexistir na mesma propriedade, o que foi considerado por Moraes *et al.* (2014), no país, um amadurecimento do SIPA como conceito diferenciado da comum rotação de cultivo/pastagens. Em âmbito nacional a última transformação do SIPA, ocorreu da implantação da tecnologia do plantio direto, no momento em que a

pecuária precisou passar pela fase de adaptação a sistemas intensamente dirigidos a práticas conservacionistas (MORAES *et al.*, 2014).

Proposta por Anghinoni *et al.* (2013), a denominação dos diferentes sistemas, na medida em que engloba aspectos relativos à variedade de diversidade e sua dinâmica tempo-espaço, possui utilidade na descrição do sistema integrado de produção em três aspectos: diversidade dos componentes integrantes (espécies vegetais e animais e sua utilidade para o sistema), temporalidade das etapas (tempo de duração de cada sistema e o intervalo de tempo entre cada espécie) e espacialização das relações (intervalo para a conexão entre as partes integrantes).

No atual contexto ambiental e econômico, não há justificativa para que as áreas permaneçam improdutivas ao longo do ano. Os sistemas de cultivo poderiam se beneficiar da rotação ou sucessão com pastagens, o que poderia melhorar a eficiência dos investimentos, intensificando a utilização da terra fornecendo um sistema produtivo estável. A pecuária seria integrada como uma opção de diversificação, permitindo uma renda adicional. Entretanto, a insuficiência e a incerteza dos dados referentes às áreas em integração na região subtropical do Brasil, se tornam a principal barreira para a adoção de um sistema ILP. Os impactos negativos dos animais permanecem sendo um paradigma dos sistemas de cultivo sob manejo agrícola conservacionista (MORAES *et al.*, 2014).

Embora a grande apreensão dos agricultores seja a ideia de que o pastoreio em sucessão ou rotação com o cultivo agrícola poderia comprometer o rendimento dos grãos, a pesquisa demonstrou uma tendência inversa. Em 23 estudos realizados na região subtropical brasileira, a produtividade de grãos de culturas cultivadas em sucessão ou rotação com pastagens foi maior em comparação com as culturas controle não-pastejadas, demonstrando que o pastejo afeta o rendimento de grãos subsequentes de maneira positiva (MORAES *et al.*, 2014).

Adicionalmente, estabelecer doses de fertilizantes que alcancem alta eficiência econômica é complexo, já que diversos fatores devem pesar na balança como o preço dos adubos nitrogenados e da carne. Para a produção de leite, ao utilizar pastagens anuais de inverno há geração de alimento de alta qualidade considerando o consumo, digestibilidade e composição bromatológica (BARCELLOS *et al.*, 2008), demonstrando que há possibilidade de produzir leite em pastagens anuais de inverno, cultivadas em sistema ILP. O uso de pastagens perenes também

deve ser levado em conta quando o objetivo é a produção animal obtida através de sistema ILP. Nessa situação, as pastagens podem ser favorecidas por adubações residuais das culturas anuais e, como consequência, obter alta produção forrageira podendo ser transformada em carne ou leite (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2003).

Ao analisar o desempenho das culturas, resultados de pesquisas evidenciam que, quando o sistema ILP segue as orientações dos seus princípios corretamente, a produção de grãos se mantém ou aumentam se os sistemas forem formados exclusivamente por esses constituintes. Lunardi *et al.* (2008) observaram que após pastagem de inverno, a cultura da soja apresentou produtividade de grãos superior em comparação com a soja cultivada após cobertura do solo sem a presença de pastejo.

2.3 BIOMASSA VEGETAL E USO DE BRAQUIÁRIAS EM SISTEMAS INTEGRADOS

A manutenção de biomassa vegetal na área resulta em aumento da agregação do solo, maior eficiência na retenção de íons, maior ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, diminuição da necessidade por insumos e melhoria da qualidade do solo, além da ampliação do sequestro de carbono e da diminuição dos efeitos do gás carbônico e outros gases do efeito estufa responsáveis pelo aquecimento global (BAYER *et al.*, 2016).

Em conjunto com essas modificações, também verificam-se resultados positivos em outros atributos, como estímulo do crescimento de organismos do solo (SOUZA *et al.*, 2010), incremento na diversidade microbiana funcional (CHAVEZ *et al.*, 2011) e na resistência a ações físicas (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011). Desse modo, analisando todo o contexto, notou-se que a diversidade temporal e espacial dos constituintes do sistema influencia no grau das interações sinérgicas e a ampliação da magnitude dos ciclos biogeoquímicos, e conseqüentemente afetando o retorno das culturas ao manejo do solo e aos insumos aplicados nas culturas (MORAES *et al.*, 2014).

As gramíneas do gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) são utilizadas na forragicultura brasileira desde os anos de 1950. Todavia, somente a partir das décadas de 1970 e 1980 que houve avanço da utilização deste gênero, essencialmente em regiões que possuem um clima mais quente, com ocupação de mais de 50% das áreas de pastagens cultivadas no Brasil tropical. Isso ocorreu pela

maior adaptação deste gênero às mais diversas particularidades de clima e solo, dominando cada vez mais espaços nos cerrados, por possuir maiores habilidades sobre outras espécies, proporcionando níveis satisfatórios de forragem. O uso de espécies ou cultivares de *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) foi possível em função do conjunto de características agropecuárias interessantes dessas forrageiras. Por essa razão, o predomínio deste gênero nos sistemas de produção animal em pastagem ainda pode se prolongar por muito tempo, principalmente pela ampla extensão das áreas cultivadas e também os esforços dos programas melhoramento genético de forrageiras da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) abranger o estudo deste gênero. Entretanto, apesar de grande parte das áreas cultivadas serem com espécies de *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*), é possível assegurar que é necessário aumentar o número de pesquisas no âmbito de cenários em que este gênero está introduzido (FAGUNDES *et al.*, 2006).

É necessário recuperar as pastagens, sendo que para atingir esse objetivo é preciso concentrar os esforços na reconstituição da fertilidade do solo, exaurida pelo processo contínuo de exploração extrativista, ocasionada pelos anos em que o manejo da pastagem (correção/manutenção) não foi realizado corretamente levando ao desgaste da fertilidade do solo e conseqüentemente a degradação das pastagens (COSTA *et al.*, 2009). Desta forma, o suprimento de nutrientes, em quantidades e proporções adequadas, essencialmente o nitrogênio, apresenta relevância no processo produtivo de pastagens. O motivo para que isso ocorra é que o nitrogênio do solo, oriundo da mineralização da matéria orgânica, não é satisfatório para atender à exigência de gramíneas com alto potencial produtivo (FAGUNDES *et al.*, 2006).

Estas gramíneas forrageiras são de elevado potencial na manutenção da palhada sobre o solo em razão de possuir alta relação C/N, tanto da parte aérea como das raízes e a imobilização temporária de N pela biomassa microbiana do solo, retardando sua decomposição e aumentando as perspectivas de utilização em ambientes mais quentes. Em regiões de clima tropical, trabalhos de pesquisa têm destacado que a maior restrição, em manter a palhada sobre o solo, é o acelerado período de decomposição da massa vegetal (TIMOSSI *et al.*, 2007; ECHER *et al.*, 2012).

Espécies do gênero *Urochloa* têm sido amplamente adotadas em sistema ILP conduzido em regiões tropicais, principalmente de maneira a intercalar o

cultivo com duas safras de soja e dois anos de pastagens perenes (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2016). Isso se torna possível devido a grande capacidade de produção de fitomassa, inclusive em ambientes com baixa fertilidade do solo, proporcionando adequada cobertura (FRANCHINI *et al.*, 2014;2015), alta ciclagem de nutrientes (COSTA *et al.*, 2016) e facilidade de dessecação para implantação de culturas em sucessão (MACHADO;ASSIS, 2010).

2.5 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PASTAGEM

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas em conjunto com a fertilidade do solo depende da quantidade de matéria orgânica do solo (MOS), que é considerada com frequência a origem de toda vida presente no solo, responsável pelo fornecimento de energia e nutrientes para os organismos, desempenhando inúmeras atividades de grande importância para os ecossistemas naturais e agrícolas (EMBRAPA 2006). A adubação nitrogenada desempenha um papel fundamental na sustentabilidade dos sistemas agropecuários. O Nitrogênio está presente na solução do solo, sendo componente da matéria orgânica ou na forma de amônio e nitrato (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

Ainda que uma pequena parcela das necessidades da planta por nitrogênio consiga ser atendida pela absorção direta de sua estrutura orgânica, na forma de aminoácidos e moléculas de ureia, praticamente 100% dessas necessidades são satisfeitas pela absorção de N em formas minerais, como o amônio (NH_4) e o nitrato (NO_3) (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Deste modo, as exigências da planta são atendidas pela soma do N mineral oriundo da atmosfera, de fertilizantes e de resíduos orgânicos incorporados na solução do solo.

O nitrogênio é o nutriente mais importante para manter um alto rendimento das gramíneas forrageiras, sendo um importante constituinte de cloroplastos, proteínas e outros compostos que participam efetivamente na composição de compostos orgânicos integrantes da estrutura vegetal. Assim sendo é responsável por características estruturais da formação da planta, dentre elas o tamanho das folhas, do colmo, desenvolvimento e crescimento dos perfilhos (RODRIGUES *et al.*, 2008; DUPAS *et al.*, 2016). Para a maioria dos estudos a utilização de N tem ocasionado aumento da produção de forragem, isso acontece em razão de que a quantidade de N ofertado pela matéria orgânica do solo, não tem

sido satisfatório para suprir devidamente as exigências das plantas forrageiras (GALINDO *et al.*, 2017).

A dinâmica do nitrogênio na interação entre solo-planta dentro do ecossistema de lavoura tem sido extensivamente pesquisada. A partir da década de 60, nos trópicos, procurou se compreender melhor como era o funcionamento dessa dinâmica, nas pastagens, em sistemas de pecuária. A partir dessa década, os estudos com pastagens de forrageiras tropicais fertilizadas com N têm concentrado seus esforços, principalmente, na determinação de limites econômicos para a utilização do fertilizante nitrogenado e na definição de um provável retorno econômico alcançado pela utilização desse elemento. Essa perspectiva é fundamental e completamente necessária para que se possa assegurar ao produtor rural aumento da produção de forragem e, deste modo, superior produtividade animal em conjunto com a diminuição dos custos de produção, que são elementos necessários para se garantir maiores ganhos apropriados com os novos níveis de investimentos com fertilizantes (MARTHA JUNIOR *et al.*, 2009; SILVEIRA *et al.*, 2010; FERNANDES *et al.*, 2015; SILVEIRA *et al.*, 2015).

Recomendar a quantidade exata de fertilizante nitrogenado para pastagem é um desafio, por compreender inúmeros elementos relacionados ao solo, a planta e a particularidades sócio-econômicos de cada área. Geralmente, os boletins de recomendação de adubação são cuidadosos em indicar os macro e micronutrientes, exceto para o nitrogênio, sendo que sua disponibilidade nos solos, regularmente, não é considerada. Isso acontece em virtude de que cerca de 95% do nitrogênio do solo faz parte da matéria orgânica, que representa o maior fornecedor desse nutriente para as plantas. Entretanto, a eficiência do solo em prover nitrogênio às culturas provém da taxa de mineralização do nitrogênio orgânico, que depende dos fatores bióticos e abióticos (WERNER *et al.*, 2001).

Galindo *et al.* (2018) avaliando duas fontes de N (nitrato de amônio e ureia) e doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) no capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, observaram que as doses influenciaram positivamente no acúmulo de N, K e a taxa de acúmulo de matéria seca. Garcia *et al.* (2014) observaram que a aplicação de diferentes doses de N (0, 250, 500 e 1.000 kg N ha⁻¹) em *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Urochloa ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. Tanzânia e Mombaça, semeadas em consórcio com o milho, produziram em torno de 13,5 toneladas de massa seca ha⁻¹, e não apresentaram diferenças na velocidade de

decomposição da palha (exceto para o capim Mombaça) e na produtividade da soja em sucessão (em torno de 3000 kg ha⁻¹). Entretanto o aumento das doses de N proporcionou aumento de produtividade de massa seca para todos os capins de forma linear positiva.

Avaliando a taxa de decomposição, celulose e lignina e velocidade de liberação de nutrientes da fitomassa da *Urochloa brizantha*, em função da aplicação de 0 e 60 kg ha⁻¹ de N, Costa *et al.* (2016) observaram que aplicação de N em cobertura reduz a relação C/N, entretanto aumenta a produção de matéria seca e o acúmulo de N, P e S, mas não modifica os teores de celulose e lignina, a velocidade de decomposição e liberação de nutrientes (N, K, Ca, Mg, C e Si). Os mesmos autores ressaltam que esses resultados evidenciam o elevado potencial dessa espécie para utilização em sistemas ILP, apresentando algumas vantagens que podem ser potencializadas com maiores doses de N.

Castagnara *et al.* (2011) estudando quatro doses de N (0, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹) em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça e *Brachiaria sp.* cv. Mulato constataram que o aumento das doses de N proporcionou maior massa seca, altura e número de perfilhos para todos os capins avaliados. Estudando a aplicação de duas fontes de N (sulfato de amônio e ureia) e quatro doses de N (0; 100; 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹) em *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Silva *et al.* (2013) observaram que o aumento das doses de N ocasionou incremento nas características estruturais e no acúmulo de massa seca.

Brancalião *et al.* (2015), avaliando diferentes coberturas do solo com diferentes doses de nitrogênio (0, 30 e 60 kg N ha⁻¹) e pousio no inverno antecedendo a semeadura de soja, constataram que o pousio proporciona menor rendimento de grãos de soja (em torno de uma tonelada de grãos) em relação as demais coberturas do solo e que a adubação nitrogenada não interfere nos teores de óleo e proteína e produtividade de grãos.

2.6 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SOJA

O Nitrogênio é o nutriente requerido pela planta de soja em maior quantidade e pode ser absorvido como amônio (NH₄) ou nitrato (NO₃). A forma predominante é a de nitrato e, quando isso acontece, o NO₃ precisa ser reduzido a

NH_4 para o N ser transformado em aminoácidos e proteínas. Aproximadamente 90% do N total da planta se encontra na forma orgânica, como aminoácidos livres, proteínas, aminas, purinas, coenzimas, dentre outras (SFREDO; BORKERT, 2004). O N pode ser disponibilizado para as culturas através do solo, dos fertilizantes e da fixação biológica do N_2 atmosférico.

A fixação não-biológica, ou seja, que não depende da atuação de organismos vivos, é resultado de processos naturais, como a reação de descargas elétricas com o N_2 , a combustão e o vulcanismo. Entretanto, esta forma de fixação de N contribui em torno de somente 10% das entradas do nutriente no ambiente terrestre. Outra forma de fixação de N é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), que é o processo em que o N presente no ar (N_2) é transformado em formas que podem ser utilizadas pelas plantas. Isso ocorre através da simbiose entre bactérias presentes no solo fixadoras de nitrogênio (denominadas rizóbios) e plantas leguminosas. Quando as bactérias entram em contato com as raízes das leguminosas, induzem a formação de nódulos, onde ocorre o processo de aproveitamento do N do ar (CIAMPITTI; SALVAGIOTTI, 2018).

Portanto, segundo Hungria *et al.* (2007) é aconselhável evitar o uso de fertilizantes nitrogenados, considerando indesejável sua utilização, por possuir custo elevado, poluir o ambiente e, principalmente, por promover a redução da nodulação e conseqüentemente, diminuir a eficiência do processo de fixação simbiótica do N_2 em leguminosas. Não há necessidade do uso de doses de fertilizante nitrogenado na semeadura da soja para proporcionar o “arranque inicial” das plantas, independentemente do manejo do solo adotado (plantio convencional ou plantio direto). Entretanto, visando a economia com adubos formulados, podem ser utilizadas formulações de adubo contendo N, evitando não ultrapassar mais do que 20 kg de N ha^{-1} (EMBRAPA, 2011). A soja é uma das principais culturas para o país promovendo a fixação de até 300 kg de N ha^{-1} , disponibilizando parte desse nutriente para a safra seguinte (HUNGRIA *et al.*, 2005, 2006).

As plantas de soja necessitam de grande quantidade de N, em torno de 80 kg para cada tonelada de grãos produzidos (VAN ROEKEL; PURCELL, 2014). Como a FBN desempenha um papel importante na sustentabilidade agrícola nos trópicos e contribui para a lucratividade das lavouras de soja no Brasil, é essencial realizar estudos para maximizar a nutrição com N e incrementar a produtividade de soja com o mínimo de custos econômicos e ambientais (HUNGRIA *et al.*, 2006).

Diversos trabalhos realizados no país, evidenciam que a utilização de fertilizante nitrogenado na soja é dispensável, já que a fixação biológica de N, juntamente com a mineralização da matéria orgânica do solo, suprem a exigência da cultura, mesmo considerando-se ampla variação de ambientes de produção e expectativas de produtividade, contanto que a inoculação seja executada de forma correta (HUNGRIA et al., 2006; CAMPO et al., 2009; WILSON et al., 2014; FERREIRA et al., 2016; WERNER et al., 2016; BALBINOT JUNIOR et al., 2016).

Contudo, a utilização de espécies do gênero *Urochloa*, que produzem enorme quantidade de palha com alta relação C/N, podem reter por um curto período de tempo o N presente no solo, principalmente no início do crescimento da cultura (CALONEGO et al., 2012). Adicionalmente, pode ocorrer alteração na disponibilidade de N inorgânico disponível no solo, diminuindo a quantidade do nutriente disponível para as próximas culturas (CASTOLDI; PIVETA; ROSOLEM, 2014). Qualquer fator que reduza a nodulação pode resultar na diminuição da fixação de N₂, levando à busca de estratégias para minimizar impactos (CAMPO et al. 2009).

Balbinot Junior et al. (2016) avaliaram o desempenho de duas cultivares de soja, após dois anos com pastagem de *Urochloa brizantha*, submetidas a diferentes doses (0, 20 e 45 kg de N ha⁻¹) e épocas de aplicação de N (semeadura, início do florescimento, início do enchimento dos grãos), constataram que a adubação nitrogenada não influenciou a partição de fotoassimilados entre folhas e caules, o teor de N foliar, a produtividade, os componentes de rendimento e os teores de óleo e proteína nos grãos.

Em contrapartida Petter et al. (2012) observaram que a aplicação no início do florescimento de 20 kg ha⁻¹ e 40 Kg ha⁻¹ de N proporcionou aumento na produtividade de soja, com acréscimos de até 360 kg ha⁻¹, entretanto, ainda é economicamente inviável a aplicação de nitrogênio na cultura da soja. Balbinot Junior, Franchini e Debiasi (2016) constataram que a aplicação de 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura da soja incrementou o crescimento e o acúmulo de N no início do ciclo de desenvolvimento da cultura, mas essas diferenças não foram observadas no período reprodutivo, o que não refletiu em ganhos de produtividade de grãos.

2.7 DESSECAÇÃO DA PASTAGEM

No sistema de plantio direto a eliminação da vegetação existente, com herbicidas não seletivos (dessecação), é prática regular e a principal alternativa para eliminar as plantas daninhas, para finalizar o desenvolvimento das culturas presentes na área e para a composição de cobertura vegetal morta. O manejo da dessecação que antecede a semeadura direta é essencial para o correto desenvolvimento das próximas culturas, pois a erradicação das plantas daninhas possibilita que a cultura possua um desenvolvimento inicial rápido e vigoroso (RICCE; ALVES; PRETE, 2011).

O glyphosate, dentre todos os herbicidas utilizados para a dessecação que antecede a semeadura, se destaca, por apresentar reconhecida eficácia e amplo espectro de controle de plantas daninhas (DVORANEN *et al.*, 2008). Diversos trabalhos têm apontado que a melhor época de aplicação do glyphosate na dessecação, é de 15 a 20 dias antes da semeadura, sendo necessário no dia da semeadura uma aplicação com um herbicida de contato para eliminar uma possível infestação de plantas daninhas (NUNES *et al.*, 2009; CONSTANTIN *et al.*, 2009).

No entanto, alguns produtores escolhem aplicar o glyphosate no dia da semeadura, no sistema conhecido como “desseque-plante”, com o objetivo de otimizar tempo e intensificar a utilização do maquinário (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2006). O sucesso da dessecação pré-semeadura é de suma importância para o estabelecimento inicial da cultura da soja, encontrando condições ideais para o seu crescimento e desenvolvimento (FREITAS; SILVA 2006). Visto que o efeito do glifosato na cobertura vegetal é lento e essas coberturas levam alguns dias para senescer completamente (CONSTANTIN *et al.*, 2008). Desse modo, ao aplicar o herbicida no mesmo dia da semeadura da soja, as culturas de cobertura ainda estão verdes e se desenvolvendo. Portanto, pode ocasionar sombreamento inicial em plântulas de soja, prejudicando seu desenvolvimento inicial (SANTOS *et al.*, 2007; NASCENTE *et al.*, 2013).

Quando a semeadura é realizada logo após a dessecação pode ocasionar dificuldades na operação das máquinas, dependendo da quantidade da biomassa de cobertura vegetal. A maior quantidade de fitomassa na superfície do solo aumentam os índices de patinagem. Em áreas em que há grande quantidade de cobertura vegetal, a interação do rodado com o solo é modificada, afetando

consequentemente, a capacidade do trator em desenvolver a tração (GABRIEL FILHO *et al.*, 2004).

Alguns efeitos que podem ocorrer na soja é o amarelecimento, sombreamento, redução no crescimento o que pode ocasionar efeitos no rendimento das culturas (CONSTANTIN; OLIVEIRA JÚNIOR, 2005). Conforme Matallo *et al.* (2009), quando o glifosato é aplicado próximo à época da semeadura, pode ocorrer exsudação radicular de herbicidas das culturas de cobertura para soja, principalmente se as raízes das culturas de cobertura tratadas com o herbicida são numerosas e próximas às raízes da cultura.

As espécies do gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) podem apresentar efeito alelopático nas plantas de soja, provocando um efeito inibitório ou benéfico, direto ou indireto, de uma planta sobre outra, através da produção de compostos químicos que são liberados no ambiente. A consequência mais significativa da alelopatia é a alteração da densidade e do desenvolvimento das plantas, assumindo grande importância quando os restos vegetais são deixados sobre a superfície ou incorporados anualmente ao solo (SOUZA *et al.*, 2006).

Para a cultura da soja em áreas com grande quantidade de cobertura vegetal, principalmente gramíneas, é recomendado aguardar entre 14 a 18 dias após a dessecação, momento em que as plantas deverão estar completamente secas, fornecendo condições que facilitem a semeadura (RICCE; ALVES; PRETE, 2011). Muraishi *et al.* (2005) avaliaram o manejo de espécies vegetais de cobertura do solo e observaram que o intervalo entre manejo e semeadura da cultura de soja e de milho é importante quando as culturas de cobertura forem arroz ou braquiária.

Oliveira *et al.* (2013) avaliando a dessecação da *Brachiaria brizantha* no dia da semeadura ou 15 dias antes da semeadura da soja, observaram que é necessário dessecar a braquiária ao menos 15 dias antes da semeadura para obter maior produtividade de grãos. Nascente e Crusciol (2012) observaram que o manejo químico de *U. brizantha* próximo à data de semeadura reduz o rendimento da soja.

Monquero *et al.* (2010) avaliando intervalos de dessecação (2, 7, 14, 21 e 28 dias antes da semeadura da soja) de espécies utilizadas como cobertura (*Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum americanum* e *Brachiaria brizantha*) observaram que a dessecação aos 2 e 7 DAS proporcionou menor emergência de plântulas de soja devido a grande quantidade de biomassa verde. Entretanto ao realizar a dessecação aos 2 DAS, a palha se manteve por mais tempo no solo, reduzindo a

emergência de plantas daninhas. Os autores também observaram que os maiores teores de potássio na soja foram verificados com palha de *B. ruziziensis* e *B. brizantha*, e o teor de nitrogênio, quando as plantas foram dessecadas, aos 21 DAS.

Avaliando o desempenho da soja em quatro épocas de dessecação (30, 20, 10 e 0 dias antes da semeadura da soja) Ricce, Alves e Prete, (2011) observaram que a dessecação no dia do plantio da soja não interfere na produtividade de grãos de soja. Ao avaliar o desempenho agrônomo da soja em quatro épocas de dessecação, três cultivares distintas e três alturas de pastejo, Franchini *et al.* (2014) observaram que houve um incremento da densidade de plantas e maior crescimento em altura sem alteração na produtividade de grãos, conforme há um aumento do intervalo entre a dessecação e a semeadura da soja. O desempenho das cultivares de soja não foi alterado pela interação entre altura da pastagem e época de dessecação.

Franchini *et al.* (2015) estudando quatro épocas de dessecação (35, 28, 20 e 8 dias antes da semeadura) e aplicação de nitrogênio no momento da semeadura da soja, constataram que os intervalos de dessecação da pastagem de *U. ruziziensis* e a semeadura da soja não alteram o desempenho agrônomo da cultura. Já a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N à soja, propicia maior altura de plantas e de inserção da primeira vagem, mas não interferiu no rendimento de grãos.

Balbinot Junior, Franchini e Debiasi (2016) estudando o efeito de quatro épocas de dessecação de *U. ruziziensis* (35, 28, 20 e 8 dias antes da semeadura da soja) e da adubação da cultura com N mineral sobre o crescimento e o desempenho da soja, observaram que o aumento do intervalo entre a dessecação e a semeadura da soja e a adubação nitrogenada na cultura proporcionaram maior crescimento e acúmulo de N no início do ciclo de desenvolvimento da soja, mas essas diferenças não foram observadas no período reprodutivo, não ocasionando incremento na produtividade de grãos.

A rotação da soja com pastagem (dois a três anos) tem possibilitado vantagens para ambas as culturas, deste modo, o cultivo da soja transgênica se difundiu para extensas áreas, tornando-se uma das principais alternativas para recuperação e renovação de pastagens degradadas (KICHEL *et al.*, 2000). Utilizando cultivares de soja com ciclo precoce e dessecação eficiente, o manejo de plantas daninhas em pós-emergência é facilitado. É possível para alguns casos não ser necessário o controle de plantas daninhas, ou apenas uma aplicação em pós-

emergência. Do mesmo modo que a dessecação pré semeadura, o manejo de plantas daninhas em pós-emergência é outra técnica que garante o rendimento da soja contra os danos acarretados pela competição com as plantas daninhas (PETTER *et al.*, 2007).

2.8 DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES PELA PALHA

Com a introdução de mais de uma cultura na área de produção ou a utilização de consórcios, uma nova dinâmica é estabelecida no que se refere à utilização dos recursos do ambiente (água, luz e nutrientes), e precisa ser considerada para obter resultados satisfatórios (KLUTHCOUSKI; OLIVEIRA, 2012; MARCELO *et al.*, 2012; SORATTO *et al.*, 2012). Analisando esse contexto, a ciclagem de nutrientes da palha dessas culturas, através da decomposição e liberação de seus nutrientes, torna-se um relevante fator de estudo para auxiliar no manejo da adubação. Essa contribuição pode ser considerada no cálculo da dose de fertilizante a ser utilizada, resultando no uso racional de insumos reduzindo o custo de produção para o produtor e diminuindo o risco de perdas e desequilíbrio ambiental (SANTOS *et al.*, 2008).

Na teoria, diversos fatores interferem na decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura, dentre eles, principalmente a cultura utilizada e as condições climáticas (precipitação pluvial e temperatura) (CRUSCIOL *et al.*, 2005). Além disso, há grande interferência da qualidade de cada material, do tipo e fertilidade do solo e do manejo (ROSOLEM *et al.*, 2003; CARVALHO *et al.*, 2009; MATOS *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2014).

Os nutrientes presentes nos resíduos culturais são disponibilizados para as plantas de forma rápida e intensa, ou lenta e gradual, dependendo da interação com os fatores climáticos, especialmente pela temperatura e precipitação pluvial, atividade macro e microbiológica do solo e as características (qualidade e quantidade) do resíduo vegetal (ROSOLEM *et al.*, 2003; CRUSCIOL *et al.*, 2005). Inúmeras espécies de plantas de cobertura podem ser utilizadas com a finalidade de impedir o esgotamento dos nutrientes. Entretanto, para que uma espécie seja eficiente na ciclagem de nutrientes, deve haver sincronismo entre a liberação do nutriente pelo resíduo da planta de cobertura e a necessidade da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (BRAZ *et al.*, 2004).

Cavalli *et al.* (2018), avaliando a decomposição e a liberação de nutrientes de diferentes resíduos de culturas para o cultivo da soja em sucessão, observaram que a *Brachiaria ruziziensis* apresentou a maior taxa de decomposição (85%) e a maior porcentagem de liberação de nutrientes (K=99%; N=92%; Mg=98% e Ca=90%) e que a quantidade de K liberado pode ser de até 150 kg ha⁻¹ correspondendo a demanda pela cultura da soja. Rossi *et al.* (2013) avaliaram as taxas de decomposição e a dinâmica da liberação de N, P e K da *Brachiaria ruziziensis* e do sorgo na entressafra da soja, observando que a produção de biomassa seca da palha da braquiária foi superior à da palha de sorgo, mostrando a eficiência da braquiária em ser utilizada como planta de cobertura. O nutriente que apresentou o menor tempo para liberação de 50% do nutriente foi o P, seguido por K e N.

Avaliando a decomposição e liberação de macronutrientes da palha de milho em conjunto com a *Brachiaria ruziziensis*, sob sistema de ILP, Santos *et al.* (2014) observaram que a liberação de nutrientes de, aproximadamente 6,6 t ha⁻¹ de palha, com o respectivo percentual em relação à quantidade total de nutrientes acumulada na planta, até o final das avaliações foi de 29,3 (62 %) de N; 7,8 (80 %) de P; 42,2 (94 %) de K; 48,6 (74 %) de Ca; 17,0 (81 %) de Mg; e 7,7 (79 %) de S kg ha⁻¹. Com esses resultados é possível auxiliar no manejo da adubação das culturas se traduzindo em economia de recursos.

Visando avaliar a formação de palha e o acúmulo de macronutrientes e a decomposição da palhada da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Brachiaria ruziziensis* consorciadas com milho e adubadas com doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha⁻¹ Costa *et al.* (2014) observaram que a adubação nitrogenada não influenciou a produtividade de massa seca dos capins e a quantidade de palhada depositada sobre a superfície do solo após o consórcio com milho, porém elevou os acúmulos de N, K, Mg e S. Pacheco *et al.* (2011) observaram as espécies *Urochloa brizantha* e *U. ruziziensis* apresentaram elevado acúmulo de biomassa e dos nutrientes P, Ca e Mg.

O período de persistência dos resíduos vegetais sobre o solo em SPD e a dinâmica de liberação dos nutrientes são condições fundamentais para que o sistema obtenha sucesso, visto a necessidade de preservar o solo coberto durante toda a safra (KLIEMANN *et al.*, 2006). A persistência da palhada é uma condição que depende da espécie vegetal e das condições edafoclimáticas de cada ambiente,

sendo a indicação de somente uma cultura a ser utilizada para todo o território nacional de extrema complexidade. Isso fundamenta a necessidade de estudos sobre o comportamento dos resíduos vegetais de diversas espécies em diversas condições distintas de clima e solo (CALONEGO *et al.*, 2012).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. C.; VICENTE, L. E.; TEIXEIRA, A. H. C. T.; LEIVA, J. F.; VICTORIA, D. C.; ROGGIA, S.; FRANCHINI, J. C. **Uso do sensoriamento remoto na obtenção de parâmetros biofísicos em plantios de soja.** In: Agricultura de precisão para culturas anuais, 2014, p. 239-245.

ANGHINONI, I; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agropecuária no subtropico brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.8, p.325-380, 2013.

BACAXIXI, P.; RODRIGUES, L.R.; BRASIL, E.P.; BUENO, C.E.M.S.; RICARDO, H.A.; EPIPHANIO, P.D.; SILVA, D.P.; BARROS, B.M.C.; SILVA, T.F.; BOSQUÊ, G.G. A soja e seu desenvolvimento no melhoramento genético.

Revista Científica Eletrônica de Agronomia, n. 20, 2011.

BACHA, C. J. C.; CARVALHO, L. V. What explains the intensification and diversification of Brazil's agricultural production and exports from 1990 to 2012?

IRIBA WorkingPaper, v.02, 2014. Disponível em:

<<https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=539085124070069087004070065096112011059080066060051090009026114124070016010074116007001050008026018126038026004079083122086120038051058092033066092091093012097102109026013040026023088016021071024107107086081092111006123016089109067089084068092065098069&EXT=pdf>>. Acesso em: Maio de 2019.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A. de; VEIGA, M. da; PELISSARI, A.;

DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n. 6, p.1925-1933, 2009.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Altura de manejo da pastagem, época de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e adubação nitrogenada na cultura da soja em sistema integração lavoura-pecuária. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.2, p.124-133, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WERNER, F.;

FERREIRA, A. S. Nitrogênio mineral na soja integrada com a pecuária em solo arenoso. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.10, n.2, p.107 - 113, 2016.

BARBOSA, M. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; PICCININ, G. G.; ZUCARELI, C. Desempenho agrônômico e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no arenito caiua. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 945-960, 2013.

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p.51-67, 2008.

BAYER, C.; GOMES, J.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C. B.; DIECKOW, J. Mitigating greenhouse gas emissions from a subtropical Ultisol by using long-term no-tillage in combination with legume cover crops. **Soil & Tillage Research**, v.161, p.86-94, 2016.

BELL, L. W.; MOORE, A. D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**, v. 111, p. 1-12, 2012.

BRACCINI, A. L.; ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BIO, F. E. I.; PELEGRINELLO, S. R. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycinemax* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento da colheita. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 449-457, 2003.

BRANCALIÃO, S. R.; AGUIAR, A. T. E.; BRANCALIÃO, E. M.; LIMONTA, C. R.; ROSSI, C. E.; CRISTOVÃO, N. N. Produtividade e composição dos grãos de soja após o aporte de nitrogênio com o uso de culturas de cobertura em sistema de semeadura direta. **Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, p. 69-76, 2015.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34, n. 2, p. 83-87, 2004.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CALONEGO, J. C.; GIL, F.C.; ROCCO, V.F.; SANTOS, E.A. dos. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v.28, p.770-781, 2012.

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. **Field Crops Research**,Amsterdã, v. 110, n. 3, p.219-224, 2009.

CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; ALCÂNTARA, F.A.; RESCK, I.S. & LEMOS, S.S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil Tillage Research**, v. 102, p. 144-150, 2009.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; VEIGA, M.; SILVEIRA, L. P.; SANTOS, D. T.; CARMONA, F. C.; BARRO, R.; BAYER, C.; SANDINI, I.; FONTANELLI, R. S. **Atualidades e perspectivas para os sistemas integrados de produção agropecuária**. In: MARTINS et al. (Org.). Integração Soja-bovinos de Corte no Sul do Brasil. Porto Alegre: UFRGS, 2015. p.15-18.

CASTAGNARA, D. D.; ZOZ, T.; KRUTZMANN, A.; UHLEIN, A.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1637-1648, 2011.

CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. A.; ROSOLEM, C. A. Nitrogen budget in a soil-plant system after brachiaria grass desiccation. **Soil Science and Plant Nutrition**, Londres, v. 60, n. 2, p. 162-172, 2014.

CAVALLI, E.; LANGE, A.; CAVALLI, C.; BEHLING, M. Decomposition and release of nutrients from crop residues on soybean-maize cropping systems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.13, e5527, p. 1-8. 2018.

CHAVEZ, L. F.; ESCOBAR, L. F.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; MEURER, E. J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, p.1254-1261, 2011.

CIAMPITTI, I. A.; SALVAGIOTTI, F. New Insights into Soybean Biological Nitrogen Fixation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 110, n. 4, p. 1185–1196, 2018.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. de. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Informe Agrônomo**, Curitiba, n. 109, p.14-15, 2005.

CONSTANTIN, J.; MACHADO, M. H.; CAVALIERI, S. D.; OLIVEIRA JUNIOR., R.S.; RIOS, F.A.; ROSO, A. C. Influência do glifosato na dessecação de capim-braquiária e sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 627-636, 2008.

CONSTANTIN, J.; RUBEM SILVÉRIO DE OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; INOUE, M. H.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z. Sistemas de manejo de plantas daninhas no desenvolvimento e na produtividade da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n.1, p.125-135, 2009.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E.C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 06, p. 1578-1585, 2009.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M.; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1223-1233, 2014.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J.; MORO, E. Nitrogen fertilization on palisadegrass: phytomass decomposition and nutrients release. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 159-168, 2016.

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

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; RABÊLO, F.H.S.; SARTO, A.L.; CHENG, N.C.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GALINDO, F.S.; DINALLI, R.P.; GAZOLA, R.N. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, Camberra, v. 10, n. 9, p. 1330-1338, 2016.

DVORANEN, E.C.; OLIVEIRA JUNIOR., R. S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja rr sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p. 619-625, 2008.

ECHER, F.R.; CASTRO, G.S.A.; BOGIANI, J.C.; ROSOLEM, C.A. Crescimento inicial e absorção de nutrientes pelo algodoeiro cultivado sobre a palhada de *Brachiaria ruziziensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 783-790, 2012.

EMPRAPA. **Adubação Nitrogenada para Pastagens do Gênero Brachiaria em Solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60p.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja** - Região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 264p. (Sistema de Produção/Embrapa Soja, n.15).

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M.E.R.; LAMBERTUCC, D.M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.30-37, 2006.

FAO. **An international consultation on integrated croplivestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification**. Integrated Crop Management, v. 13, 64 p., 2010.

FERNANDES, J.C.; BUZETTI, S.; DUPAS, E.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; ANDREOTTI, M. Sources and rates of nitrogen fertilizer used in Mombasa guineagrass in the Brazilian Cerrado region. **African Journal of Agricultural Research**, Ebene, v. 10, n. 19, p. 2076-2082, 2015.

FERREIRA G. A.; OLIVEIRA, P. S. R.; ALVES, S. J.; COSTA, A. C. T. Soybean productivity under different grazing heights of *Brachiaria ruziziensis* in an integrated crop-livestock system. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 755-763, 2015.

FERREIRA, A. S; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components, and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, Campinas, v.75, n.3, p. 362-370, 2016.

FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.999-1005, 2014.

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e

adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.12, p.1131-1138, 2015.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. M. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.781-789, 2004.

GALINDO, F.S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M.G.Z. Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. mombasa) at dry and rainy seasons. **Australian Journal of Crop Science**, Camberra, v. 11, n. 12, p. 1657-1664, 2017.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, p. 1-9, 2018.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LOPES, K. S.M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p.143-152, 2014.

HERRERO, M.; THORNTON, P.K.; NOTENBAERT, A.M.; WOOD, S.; MSANGI, S.; FREEMAN, H. A.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; PETERS, M.; VAN DE STEEG, J.; LYNAM, J.; PARTHASARATHY RAO, P.; MACMILLAN, S.; GERARD, B.; MCDERMOTT, J.; SERÉ, C.; ROSEGRANT, M. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, v. 327, p. 822-825, 2010.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J. & GRAHAM, P.H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: **WERNER, D. & NEWTON, W., eds.** Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Dordrecht, Springer, 2005. p.25-42.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J. & MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja**: Componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina, Embrapa Soja, 2007. 80p.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; TAMBOSI, S. A. T. Produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. **In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURAE PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIAS**, 1., 2000, Lavras. Anais... Lavras:Universidade Federal de Lavras, 2000. p. 51-68

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da. Taxa de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens. **In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.

KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P. Benefícios da ILP para a pecuária e desafios no cultivo de grandes culturas em sistemas ILPF no Cerrado com uso de plantio direto na palha. **In: SANTOS, L.F.T.; MENDES, L.R.; DUARTE, E.R.; GLÓRIA, J.R.; ANDRADE, J.M.; CARVALHO, L.R. & SALES, N.L.P., eds. Integração lavoura-pecuária-floresta: Potencialidades e técnicas de produção**. Montes Claros, Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2012. p.21-35.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.4-8, 2014.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e RoundupReady™. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n. 3, p.305-313, 2011.

LUNARDI, R.; CARVALHO, P.C.F.; TREIN, C.R.; COSTA, J.A; CAUDURO, G.F.; BARBOSA, C.M.P.; AGUINAGA, A.A.Q. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.795-801, 2008.

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

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II. Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1568-1582, 2012.

MARTHA JUNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; VILELA, L. Recuperação de ¹⁵N-ureia no sistema solo-planta de pastagem de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.95-101, 2009.

MATALLO, M.B.; ALMEIDA, S.D.B.; CERDEIRA, A.L.; FRANCO, D.A.; BLANCO, F.M.G.; MENEZES, P.T.C.; LUCHINI, L.C.; MOURA, M.A.; DUKE, S.O. Microwave-assisted solvent extraction and analysis of shikimic acid from plant tissues. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. spe, p. 987-994, 2009.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; CARDOSO, I.M.; LIMA, P.C. & FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 141-149, 2011.

MEDEIROS, R. B. **Considerações sobre a integração lavoura-pecuária no Rio Grande do Sul**. In: V Simpósio sobre o Manejo da Pastagem, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, 1978. p. 235-301.

MELO, R. D. **Parametrização de modelo para estimação da produtividade da soja nas regiões do Planalto Médio, das Missões e do Alto Vale do Uruguai, Rio Grande do Sul**. 2005. 196 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MISSÃO, M. R. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais**, Maringá, v. 3, n.1, p.7-15, 2006.

MONQUERO, P. A.; MILAN, B.; SILVA, P. V.; HIRATA, A. C. S. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, p.561-573, 2010.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L. Research on integrated croplivestock system in Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, p. 1024-1031, 2014.

MURAIISHI, C. T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JUNIOR, F. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 199-207, 2005.

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, p.187-192, 2012.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Upland rice yield as affected by previous summer crop rotation (soybean or upland rice) and glyphosate management on cover crops. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 147-155, 2013.

NUNES, A.S.; TIMOSSI, P.C.; PAVANI, M.C.M.D.; ALVES, P.L.C.A. Épocas de manejo químico de Brachiariadecumbens antecedendo o plantio direto de soja. **Planta Daninha**, v.27 n.2, 2009.

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; CASTRO, T.A.P. Corn and soybean yields as affected by cover crops and herbicide timing under no-tillage system. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 939-946, 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J. M.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C.; BIFFE, D. F. Interação entre sistemas de manejo de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e produtividade da soja. **Planta Daninha**, v.24, p. 721-732, 2006.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p.17-25, 2011.

PERINI, L. J.; FONSECA JÚNIOR, N. S. DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 2531-2544, 2012.

PETTER, F.A.; PROCÓPIO, S. O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A. L. L.; PACHECO, L. P. Manejo de herbicidas na cultura da soja RoundupReady®. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.557-566, 2007.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2012.

RICCE, W. 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, p. 1220-1225, 2011.

REZENDE, P. M. de; CARVALHO, E. de A. Avaliação de cultivares de soja [Glycinemax (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1616-1623, 2007.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 394-400, 2008.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.355-362, 2003.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 1523-1534, 2013.

RYSCHAWY, J.; CHOISIS, N.; CHOISIS, J. P.; JOANNON, A.; GIBON, A. Mixed crop-livestock systems: An economic and environmental-friendly way of farming? **Animal**, v. 6, n. 10, p. 1722-1730, 2012.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SANDERSON, M. A.; ARCHER, D.; HENDRICKSON, J.; KRONBERG, S.; LIEBIG, M.; NICHOLS, K.; SCHMER, M.; TANAKA, D.; AGUILAR, J. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop-livestock systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.28, n.2, p.129-144, 2013.

SANTOS, J.B.; SANTOS, E.A.; FIALHO, C.M.T.; SILVA, A.A.; FREITAS, M.A.M. Época de dessecação anterior à semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 860-875, 2007.

SANTOS, F.C.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; SEDIYAMA, C.S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1661-1674, 2008.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1855-1861, 2014.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. 1. ed. Londrina, PR: Mecenas, 2009, v. 1. 314 p.

SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2004. (Documentos, n.231).

SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; BERNARDES, T. F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013.

SILVEIRA, M.C.T.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CUNHA, B.A.L.; DIFANTE, G.S.; PENA, K.S.; SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F. Effect of cutting interval and cutting height on morphogenesis and forage accumulation of guinea grass (*Panicum maximum*). **Tropical Grasslands**, Cali, v. 44, n. 2, p. 103-108, 2010.

SILVEIRA, M.L.; VENDRAMINI, J.M.B.; SELLERS, B.; MONTEIRO, F.A.; ARTUR, A.G.; DUPAS, E. Bahiagrass response and N loss from selected N fertilized sources. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 70, n. 1, p. 154-160, 2015.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; COSTA, C.H.M.; FERRARI NETO, J. & CASTRO, G.S.A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1462-1470, 2012.

SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C.A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 657-668, 2006.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A. P. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.79-88, 2010.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

USDA – United States Department of Agriculture. Data & Analysis. **World Agricultural Production**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2019.

VAN ROEKEL, R.J.; PURCELL, L. C. Soybean biomass and nitrogen accumulation rates and radiation use efficiency in a maximum yield environment. **Field Crops Research**, Amsterdã, v. 54, n. 3, p. 1189-1196, 2014.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p.1-11, 2008.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. O solo como sistema. Curitiba: Edição dos Autores; 2011. 104p.

WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A. Adubação de pastagens. **In: Simpósio sobre manejo de pastagens**. 18., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2001. p.129-156.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; FERREIRA, A. S.; AGUIAR E SILVA, M.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n. 8, p. 734-738, 2016.

WILSON, E. W.; ROWNTREE, S. C.; SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; CONLEY, S. P.; DAVIS, V. M.; DIERS, B. W.; ESKER, P. D.; NAEVE, S. L.; SPECHT, J. E; CASTEEL, S. N. Genetic gain x management interactions in soybean: II. Nitrogen utilization. **Crop Science**, Madison, v.54, n.1, p. 340-348, 2014.

WHITE J. W.; HERNDL, M.; HUNT, L. A.; PAYNE, T.S.; HOOGENBOOM, G.
Simulation-based analysis of effects of Vrn and Ppd loci on flowering in wheat. **Crop Science**, v. 48, p. 678–687, 2008.

WHITEHEAD, D. C. **Volatilization of ammonia**. In: WHITEHEAD, D. C. (Ed.).
Grassland nitrogen. Wallingford: CAB International, 1995. p. 152-179.

WRIGHT, I. A.; TARAWALI, S.; BLÜMMEL, M.; GERARD, B.; TEUFEL, N.;
HERRERO, M. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems.
Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 92, p. 1010-1015, 2012.

3 ARTIGO A

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NITROGÊNIO PELA SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DE PASTAGEM DE *Urochloa brizantha* E ADUBAÇÃO NITROGENADA

GROWTH AND NITROGEN ACCUMULATION BY SOYBEAN IN FUNCTION OF DESICCATION TIMES OF *Urochloa brizantha* AND NITROGEN FERTILIZATION

3.1 RESUMO

A época da dessecação da pastagem de braquiária com alta quantidade de biomassa e a adubação nitrogenada na soja podem influenciar a qualidade da sementeira e as condições para o estabelecimento e o crescimento das plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de épocas de dessecação de pastagem de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã, cultivada em três doses de nitrogênio, e da adubação nitrogenada na soja, sobre o crescimento e acúmulo de N pela cultura. O trabalho foi conduzido em Londrina, Paraná, na safra 2017/18. Foram estudadas três doses de nitrogênio na pastagem de *U. brizantha* cv. BRS Piatã: 0; 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, aplicados na forma de ureia, a lanço, constituindo três experimentos, que foram avaliados separadamente. Em cada experimento foram avaliadas cinco épocas de dessecação da pastagem: 60; 45; 30; 15 e 1 dias antes da sementeira da soja e dois níveis de adubação nitrogenada na soja, com 30 kg N ha⁻¹ aplicados a lanço no dia da sementeira (ureia) e sem adubação nitrogenada. Foi utilizado o delineamento de blocos completos casualizados, com cinco repetições. Foram avaliados a densidade inicial e final de plantas, massa seca da parte aérea de plantas, índice de área foliar (IAF), índice SPAD, teor de N foliar e acúmulo de N em cinco estádios de crescimento (V3, V6, R2, R4 e R5.4). A dessecação antecipada da *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã favorece o estabelecimento de plantas de soja e promove incremento na massa seca e acúmulo de N nos estádios vegetativos da cultura, entretanto essas diferenças não são observadas no enchimento de grãos, independentemente da adubação nitrogenada na pastagem e na soja. A adubação nitrogenada na implantação da soja com 30 kg ha⁻¹ de N aumenta o crescimento das plantas de soja na fase vegetativa, mas, após o pleno

florescimento, essas diferenças não são observadas, independentemente da época de dessecação.

Palavras-chave: *Glycine max* L. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã. Integração lavoura-pecuária. Nitrogênio. Biomassa vegetal.

3.2 ABSTRACT

The desiccation times of brachiaria pasture with high biomass and nitrogen fertilization in soybean may influence the sowing quality and the conditions for plant establishment and growth. The aim of this work was to evaluate the effect of desiccation times of the pasture *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã, cultivated in three nitrogen doses, and nitrogen fertilization in soybean, on growth and N accumulation by the crop. The work was conducted in Londrina, Paraná, in the 2017/18 growing season. Three nitrogen doses were studied in *U. brizantha* cv. BRS Piatã: 0; 150 and 300 kg N ha⁻¹, applied in the form of urea, by haul, constituting three experiments, which were evaluated separately. In each experiment, five pasture desiccation times were evaluated: 60; 45; 30; 15 and 1 days before soybean sowing and two levels of nitrogen fertilization in soybean, with 30 kg N ha⁻¹ applied to haul on the day of sowing (urea) and without nitrogen fertilization. A randomized complete block design with five replications was used. Initial and final plant density, shoot dry mass, leaf area index (LAI), SPAD index, leaf N content and N accumulation were evaluated at five growth stages (V3, V6, R2, R4 and R5.4). The early desiccation of *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã favors the establishment of soybean plants and promotes increase in dry matter and N accumulation in the vegetative stages of the crop however, these differences are not observed in grain filling, regardless of nitrogen fertilization in pasture and soybean. Nitrogen fertilization in soybean planting with 30 kg N ha⁻¹ increases the growth of soybean plants in the vegetative phase, but, after full flowering, these differences are not observed, regardless the desiccation times.

Key words: *Glycine max* L. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã. Crop-livestock Integration System. Nitrogen. Biomass.

3.3 INTRODUÇÃO

Em razão da maior busca por alimentos e da evolução tecnológica da produção, a atividade agrícola passou a ser determinada por sistemas simplificados e padronizados, com baixa diversidade de espécies vegetais (BALBINO *et al.*, 2011). Nos últimos anos com a necessidade de otimizar o uso de recursos e reduzir os custos, o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) tem se tornado uma opção vantajosa para a diversificação dos sistemas, proporcionando diversos benefícios à atividade agropecuária, possibilitando vantagens nos âmbitos econômicos e ambientais, principalmente envolvendo a melhoria da qualidade do solo e da água, atenuação dos gases responsáveis pelo efeito estufa, elevação da biodiversidade e possibilitando a diversificação da renda, garantindo maiores ganhos econômicos (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2014).

As espécies de *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) têm sido amplamente utilizadas em sistemas de integração lavoura-pecuária, cultivadas como plantas de cobertura durante o outono/inverno, fornecendo cobertura para o solo e proporcionando maior ciclagem dos nutrientes (CASTOLDI; PIVETTA; ROSOLEM, 2014; JANEGITZ; SOUZA; ROSOLEM, 2016). Outro fator positivo das braquiárias é a alta adaptabilidade a vários tipos de solo, proporcionando elevado acúmulo de massa seca produzida (COSTA *et al.*, 2016).

O manejo de dessecação adequado das culturas de cobertura e o uso de herbicidas são essenciais para o sucesso do sistema (NASCENTE *et al.*, 2013). Com um maior período entre a dessecação e a semeadura da cultura não haverá presença de material verde na área, facilitando a operação de semeadura da soja, o estabelecimento e o crescimento da cultura, entretanto pode ocasionar a necessidade de dessecação adicional (RICCE; ALVES; PRETE, 2011). Em contrapartida, quando a semeadura da soja é realizada imediatamente após a dessecação da cobertura vegetal é provável que dificuldades ocorram na operação das máquinas por apresentar maior quantidade de matéria vegetal na superfície do solo, sendo possível que os índices de patinagem aumentem. Há a possibilidade de ocorrer sombreamento inicial nas plântulas de soja, prejudicando seu crescimento inicial, ocasionando amarelecimento e redução do crescimento das plantas

de soja quando utilizam áreas provenientes de pastagem com *Urochloa* em sistema de plantio direto (NASCENTE; CRUSCIOL, 2012; NEPOMUCENO *et al.*, 2012).

Outro aspecto importante que pode interferir no crescimento, desenvolvimento e na dinâmica do nitrogênio das plantas de soja é o suprimento do solo com nitrogênio mineral (N). Durante o ciclo da cultura a exigência por esse nutriente é alta, com valores aproximados de 80 kg de N para cada tonelada de grãos produzidos (VAN ROEKEL; PURCELL, 2014). No Brasil, analisando inúmeros ambientes de produção e expectativas de rendimento, diversas pesquisas evidenciam que a adubação nitrogenada mineral na soja é dispensável, desde que, a prática de inoculação seja executada da maneira recomendada (HUNGRIA *et al.*, 2006).

Embora a cultura demande altas quantidades de N, estudos confirmam que a fixação biológica de N (FBN), juntamente com o N presente na solução do solo, consegue atender toda a necessidade da planta por esse nutriente, sem precisar adicionar N mineral de forma complementar (CAMPO; ARAUJO; HUNGRIA, 2009). No entanto, o grande volume de palha que possui alta relação C/N, como é o caso de pastagens de braquiária, pode impedir provisoriamente que o N existente na solução do solo esteja prontamente disponível para as plantas (CALONEGO *et al.*, 2012).

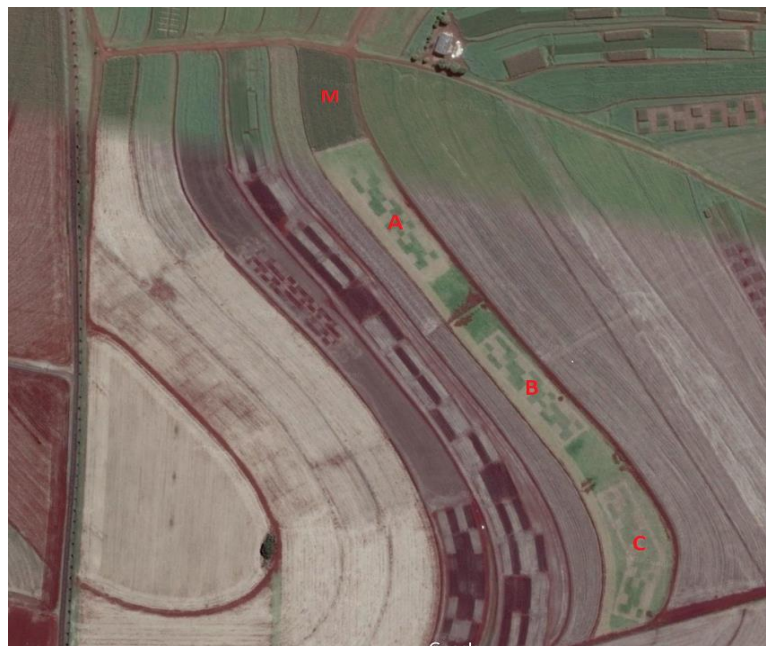
Por essa razão, alguns questionamentos têm sido gerados sobre a resposta da cultura da soja à adição de N mineral na semeadura. Já que esta pode favorecer o crescimento das plantas, em razão do maior crescimento inicial, até que a FBN e o N presente na solução do solo sejam capazes de atender suas necessidades. É possível que a adição de N mineral no momento da semeadura da cultura aumente o Índice de Área Foliar (IAF) e o índice *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) da soja (YOKOYAMA *et al.*, 2018). Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de épocas de dessecação de pastagem de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã, cultivada em três doses de nitrogênio, e da adubação nitrogenada na soja, sobre o crescimento e acúmulo de N pela cultura.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre março de 2016 e março de 2018, em Londrina, PR (23°11' S, 51°11'W e altitude de 620 m). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (SANTOS *et al.*, 2018), com textura muito argilosa, que vinha sendo manejado em SPD há quinze anos, com o cultivo de soja no verão e trigo ou aveia preta no inverno.

Em março de 2016, a *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã foi implantada com linhas espaçadas em 20 cm em consórcio com a cultura do milho safrinha, com uma densidade de 5 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis. A área experimental foi dividida em três piquetes (Figura 3.1), com aproximadamente 1,2 ha cada, sendo cada um destes um experimento com a aplicação de três doses de adubação nitrogenada (0; 150 e 300 kg ha⁻¹ ano), na forma de ureia (45% de N), que foram aplicados a lanço, parcelados em setembro e novembro de 2016. O solo possuía os seguintes atributos na camada de 0 a 20 cm: 27,9 g dm⁻³ de C orgânico; pH (CaCl₂) de 4,8; 15,5 mg dm⁻³ de P (Mehlich⁻¹); 0,53 cmol_c dm⁻³ de K trocável; 3,2 cmol_c dm⁻³ de Ca trocável; 1,4 cmol_c dm⁻³ de Mg trocável; 15,3 mg dm⁻³ de S e 49% de saturação por bases.

Figura 3.1 – Foto aérea do experimento dividido em três piquetes, sendo a área A com a aplicação de 300 kg N ha⁻¹ ano, a área B com 150 kg N ha⁻¹ ano e a área C com 0 kg N ha⁻¹. Londrina, PR



No período de outubro de 2016 até julho de 2017 foi realizado pastejo contínuo na área por bovinos machos com 350 a 550 kg de peso vivo, com

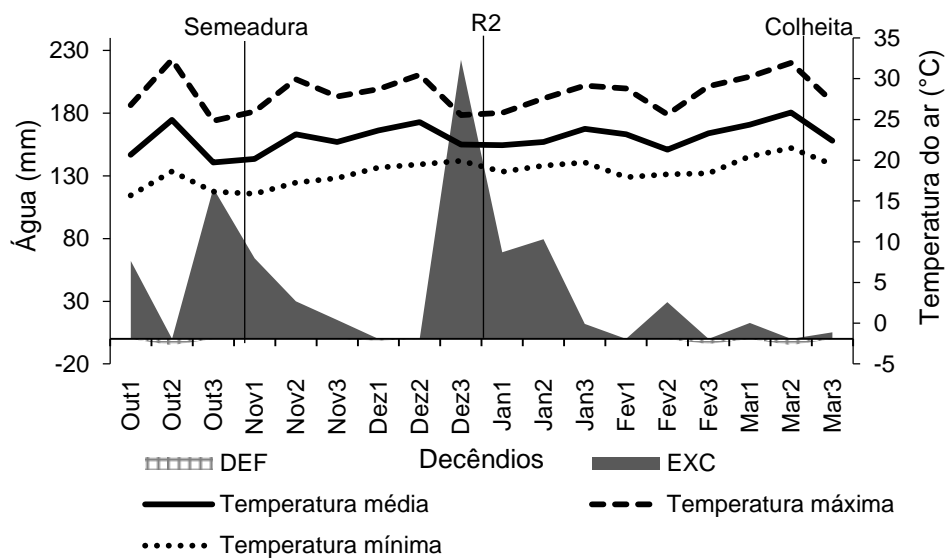
lotação variável, mantendo-se a mesma altura de plantas (30 cm). Durante o período de pastejo, a lotação variou de duas a cinco U.A ha⁻¹, dependendo do nível de adubação nitrogenada e da época do ano. Após esse período, a área foi mantida sem animais até agosto do mesmo ano, quando, em cada piquete, foi implantado um experimento em blocos completos casualizados, com cinco repetições, em esquema fatorial de 5 x 2. Os tratamentos foram compostos por cinco épocas de dessecação: 60; 45; 30; 15 e 1 dias antes da semeadura da soja e dois níveis de adubação nitrogenada na soja (com 30 kg de N ha⁻¹ aplicados a lanço no dia da semeadura na forma de ureia e sem adubação nitrogenada). A cultivar utilizada foi a BRS 1010 IPRO, que possui tipo de crescimento indeterminado e grupo de maturidade relativa 6.1. A dessecação da pastagem foi realizada com glifosato, na dose de 1.500 g e.a. ha⁻¹, aplicado com pulverizador tratorizado, equipado com pontas de pulverização tipo leque, com volume de calda de 200 L ha⁻¹. Em todas as épocas de dessecação, as condições atmosféricas e de umidade no solo foram adequadas ao funcionamento do herbicida.

A semeadura da soja foi realizada em 03/11/2017 e as sementes foram tratadas com Carboxina (30 mL i.a 50 kg⁻¹ de sementes) e Tiram (30 mL i.a 50 kg⁻¹ de sementes) e inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii* na concentração de 5 x 10⁹ UFC ml⁻¹ (100 ml 50 kg⁻¹ de sementes). Utilizou-se uma semeadora-adubadora equipada com mecanismos sulcadores do tipo guilhotina para posicionamento do adubo e discos duplos defasados para as sementes. A adubação de base foi de 350 kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-20. A semeadora foi regulada para o espaçamento de 0,45 m entre linhas. As parcelas foram compostas por 5 m de largura x 8 m de comprimento, totalizando 40m².

O controle de doenças, insetos-praga e plantas daninhas foram efetuados conforme as indicações técnicas preconizadas para a cultura da soja (EMBRAPA, 2013). Os dados meteorológicos foram obtidos na estação agrometeorológica da Embrapa Soja que está distante 700 m da localização do experimento. O balanço hídrico climatológico sequencial (BHCS) de Thornthwaite e Mather (1955) foi calculado durante a condução dos experimentos à campo (Figura 3.2). A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada durante os decêndios da condução do experimento pela equação de Penman-Monteith e transformada em evapotranspiração da cultura da soja (ET_c = ET_o x K_c) conforme recomendação de coeficiente da cultura (K_c) pela FAO (ALLEN et al., 1998). A capacidade de água

disponível no solo (CAD) utilizada para o cálculo do BHCS foi de 75 mm (FARIAS *et al.*, 2001).

Figura 3.2 – Extrato do balanço hídrico climatológico sequencial com CAD de 75 mm e temperaturas médias das máximas, médias e mínimas (°C) durante a condução dos experimentos na safra 2017/18. Londrina, PR



As variáveis avaliadas foram a densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha^{-1}), índice de área foliar (IAF), índice SPAD, massa seca de plantas (kg ha^{-1}), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio na parte aérea (kg ha^{-1}) avaliados em cinco estádios de desenvolvimento da cultura da soja (V3, V6, R2, R4, R5.4).

A densidade inicial de plantas foi determinada através da contagem de todas as plantas em uma área total de 3 m^2 por parcela no estádio V2. Para avaliação do índice de área foliar (IAF) foi utilizado um analisador de dossel de plantas, LI-COR® LAI-2200, que possui um sensor do tipo olho de peixe para captação da luz. O analisador de dossel de plantas LAI-2200C usa um método não destrutivo para medir com facilidade e precisão o IAF. O índice SPAD foi determinado utilizando um medidor de clorofila SPAD-502 Plus (Konica Minolta®), em 10 folhas por parcela, sendo a terceira folha, do ápice para a base, considerada como a folha diagnóstica. O índice SPAD foi medido sempre no folíolo central da folha diagnóstica.

Para a massa seca todas as plantas contidas em uma área de 1 metro linear por parcela foram cortadas rente ao solo e acondicionadas em sacos de

papel e, em seguida, foram levadas a estufa em temperatura de 65 °C até atingir massa constante. Após a secagem, a massa seca total da parte aérea das plantas foi determinada em balança analítica com precisão de 0,1 g. Após a pesagem das plantas estas foram trituradas em moinho e levadas para o laboratório para análise do teor de Nitrogênio que foi determinado após digestão sulfúrica pelo método Kjeldhal (AOAC, 1995). O acúmulo de Nitrogênio na parte aérea de plantas (kg ha^{-1}) foi obtido através da multiplicação do Teor de Nitrogênio Total (%) e a Massa Seca de Plantas (kg ha^{-1}). A densidade final de plantas foi determinada na área útil das parcelas no estádio R7. A contagem foi realizada no mesmo local da avaliação da densidade inicial de plantas em 3 m^2 por parcela.

Os dados obtidos foram analisados quanto a normalidade e homocedasticidade, utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Hartley, respectivamente, os quais indicaram não ser necessária a transformação dos dados. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e teste F. Cada experimento foi analisado separadamente. As médias da adubação nitrogenada na cultura da soja foram comparadas pelo teste F. Para os níveis de dessecação, foi realizada análise de regressão polinomial até o segundo grau. Em todas as análises, adotou-se o nível de probabilidade de erro de 5%. As análises foram executadas através do programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis avaliadas não houve interação entre a época de dessecação da pastagem de braquiária e a adubação nitrogenada da soja em sucessão. Ressalta-se que as condições meteorológicas durante a condução dos experimentos foram adequadas para o crescimento da soja (Figura 3.1). Houve efeito de épocas de dessecação nos experimentos sem adubação nitrogenada (Tabela 3.1) e com 300 kg N ha^{-1} (Tabela 3.3) para a densidade inicial de plantas, em que a antecipação da dessecação da braquiária proporcionou maior estabelecimento inicial de plantas. Na pastagem com 150 kg N ha^{-1} não houve efeito das épocas de dessecação sobre a densidade de plantas de soja (Tabela 3.2). Nepomuceno *et al.* (2012) avaliando a dessecação de *U. ruziziensis* entre 0 e 30

dias antes da semeadura da soja não constatarem diferenças para o estande inicial da soja. Franchini *et al.* (2014) observaram que o aumento do intervalo de 8 para 35 dias entre dessecação e semeadura de soja proporcionou maior densidade inicial de plantas de soja. Para a densidade final de plantas não houve efeito de épocas de dessecação no experimento que não recebeu adição de nitrogênio. Para os experimentos que receberam adubação nitrogenada houve efeito das épocas de dessecação em que a antecipação da dessecação da pastagem proporcionou maior estande final de plantas.

Monquero *et al.* (2010) avaliando o estande da soja aos 20, 40 e 60 dias após a semeadura da cultura sob três coberturas vegetais (*Brachiaria ruziziensis*, *Pennisetum americanum* e *Brachiaria brizantha*) observaram que as dessecações realizadas aos 14, 21 e 28 dias antes da semeadura da soja (DAS) apresentaram maiores valores em relação às dessecações realizadas aos 2 e 7 DAS, demonstrando que as coberturas ainda não completamente controladas podem exercer efeito negativo na germinação e emergência das plantas, em função do sombreamento do solo, além disso, nas dessecações realizadas aos 2 e 7 DAS, as plantas de cobertura não estavam secas o suficiente para um adequado corte da palha pelos discos de corte da semeadora. Também com o aumento da quantidade de palha houve interferência na densidade inicial e final da soja, principalmente por dificuldades no processo de semeadura (RICCE; ALVES; PRETE, 2011; FRANCHINI *et al.*, 2014). Possivelmente, a dessecação antecipada apresentou condições mais adequadas para a deposição das sementes e do fertilizante, permitindo maior emergência das plantas (BALBINOT JUNIOR, FRANCHINI; DEBIASI, 2016).

Para o experimento sem a adição de nitrogênio na pastagem, houve efeito de épocas de dessecação para a massa seca de plantas e acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas de soja nos estádios V3 e V6, observou-se que a antecipação da dessecação da braquiária em relação à semeadura da soja proporcionou maior massa seca de plantas e conseqüentemente maior acúmulo de N na parte aérea das plantas (Tabela 3.1).

Franchini *et al.* (2015a) observaram que o intervalo de dessecação de *U. ruziziensis* entre 8 e 35 dias antes da semeadura da soja não apresentou efeito no teor de N na parte aérea das plantas de soja em todos os estádios avaliados, como no presente estudo desenvolvido. Isso ocorreu provavelmente pelo

efeito de diluição do N, em que ocorre aumento da formação de novos tecidos vegetais e, em consequência incremento no acúmulo de massa seca, promovendo a diluição nos teores de N (FOLONI *et al.*, 2016).

Tabela 3.1 – Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha⁻¹) em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, com 0 kg N ha⁻¹ na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Intervalos entre a dessecação e a semeadura da soja (dias)					Equações ajustadas	R ²	CV (%)
	1	15	30	45	60			
Dens. inic. (mil ha ⁻¹)	453	457	458	471	481	$\hat{Y} = 449,68^{**} + 0,48^{**}x$	0,9	4,8
Dens. fin (mil ha ⁻¹)	422	434	421	443	438	ns		6,4
Estádio V3								
SPAD	29,1	30,6	27,8	30,4	31,8	ns		10,4
IAF	0,97	1,3	1,07	1,2	1,24	ns		18,3
MS (kg ha ⁻¹)	238	259,3	265,5	305,3	299,8	$\hat{Y} = 239,0^{**} + 1,145^{**}x$	0,89	19,0
Teor de N (%)	3,23	3,32	3,29	3,35	3,3	ns		8,2
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	7,69	8,63	8,77	10,27	9,89	$\hat{Y} = 7,819^{**} + 0,0407^{**}x$	0,85	21,4
Estádio V6								
SPAD	32,4	34,9	34,6	35,7	34,7	$\hat{Y} = 33,37^{**} + 0,036^{*}x$	0,47	6,2
IAF	2,05	2,2	1,98	2,16	2,46	ns		18,9
MS (kg ha ⁻¹)	886	1033	890	1050	1271	$\hat{Y} = 865,2^{**} + 5,32^{**}x$	0,63	17,0
Teor de N (%)	3,15	3,18	3,17	3,36	3,17	ns		6,3
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	27,97	32,85	28,73	35,35	40,35	$\hat{Y} = 27,48^{**} + 0,1843^{**}x$	0,72	19,1
Estádio R2								
SPAD	38,9	39,2	40,3	39,3	38,3	ns		4,9
IAF	5,8	6,2	6,4	6,2	6,7	$\hat{Y} = 5,894^{**} + 0,012^{**}x$	0,74	9,3
MS (kg ha ⁻¹)	3477	3700	3535	3920	4050	ns		16,2
Teor de N (%)	2,5	2,65	2,65	2,76	2,62	ns		12,8
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	87	99,5	94,4	109,7	106,1	ns		23,3
Estádio R4								
SPAD	44,6	44,4	45	43,8	45,2	ns		4,4
IAF	7	7,1	7,1	7,3	7,5	ns		5,5
MS (kg ha ⁻¹)	5803	6004	5840	6127	6565	ns		13,6
Teor de N (%)	2,94	2,98	3,09	2,92	3,22	ns		13,2
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	170	181	180	178	212	ns		21,6
Estádio R5.4								
SPAD	48,1	49	49,4	48,4	48,9	ns		3,3

IAF	6,3	6,5	6,5	6,2	6,4	ns	6,3
MS (kg ha ⁻¹)	8248	8634	8311	7987	9141	ns	14,3
Teor de N (%)	2,72	2,75	2,65	2,73	2,81	ns	13,8
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	225,2	219,6	220,4	220,9	257,2	ns	26,9

ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Dens inici: densidade inicial (mil plantas ha⁻¹); Dens fin: densidade final (mil plantas ha⁻¹); SPAD: Soil Plant Analysis Development; IAF: Índice de Área Foliar; MS: Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹); Teor de Nitrogênio na parte aérea (%); Acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹).

No experimento que recebeu 150 kg N ha⁻¹, houve efeito de épocas de dessecação para o acúmulo de N na parte aérea das plantas de soja nos estádios V3 e V6 (Tabela 3.2). Também houve efeito da dessecação da braquiária para o IAF e a massa seca das plantas no estádio V6. Para essas variáveis a dessecação antecipada da pastagem também proporcionou maiores valores. Provavelmente, com um maior intervalo entre a dessecação da pastagem e a semeadura da soja pode ter possibilitado uma maior liberação de nutrientes através da mineralização da palha durante os estádios iniciais da soja, ocasionando em aumento do crescimento das plantas (FRANCHINI *et al.*, 2014).

Para o experimento que recebeu 300 kg N ha⁻¹ houve efeito de épocas de dessecação para a massa seca de plantas e o acúmulo de N na parte aérea das plantas de soja nos estádios V3 e V6 e para o IAF somente no estádio V6 (Tabela 3.3). Do mesmo modo que para os outros dois experimentos, a antecipação da semeadura proporcionou maiores valores de massa seca, acúmulo de N e IAF.

Monquero *et al.* (2010) concluíram que a dessecação aos 2 dias antes da semadura da soja proporcionou menor estande de plantas, mas não afetou o crescimento posterior das plantas de soja, como o presente estudo em que a dessecação realizada no dia da semeadura da soja proporcionou menores densidades inicial e final da soja mas não interferiu no desenvolvimento das plantas de soja. Balbinot Junior, Franchini, Debiasi (2016) observaram que a antecipação da dessecação de *Urochloa ruziziensis* promoveu aumento na massa seca da parte aérea e no acúmulo de N pelas plantas até 30 dias após a emergência das plantas, mas em contrapartida não alterou os teores de N na parte aérea aos 12 e aos 30 dias após a emergência das plantas. Os mesmos autores salientam que o maior acúmulo de N com a antecipação da dessecação ocorreu em razão do maior acúmulo de massa seca no início do ciclo da cultura e não pelo maior teor de N na parte aérea.

Tabela 3.2 – Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha⁻¹) em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, com 150 kg Nha⁻¹ na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Intervalos entre a dessecação e a semeadura da soja (dias)					Equações ajustadas	R ²	CV (%)
	1	15	30	45	60			
Dens. inic. (mil ha ⁻¹)	429	458	472	468	472	ns		8,0
Dens. fin (mil ha ⁻¹)	384	426	442	433	422	$\hat{Y} = 383.42^{**} + 3.19^* x - 0.043^{**}x^2$	0,96	7,7
Estádio V3								
SPAD	28,7	29,4	29,8	30,7	30,7	ns		8,5
IAF	0,93	0,85	0,89	0,93	1,02	ns		20,1
MS (kg ha ⁻¹)	279,3	336,2	311,8	316,9	354,2	ns		17,8
Teor de N (%)	3,15	3,28	3,26	3,27	3,32	ns		8,1
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	8,84	11,13	10,16	9,5	11,74	$\hat{Y} = 9.43^{**} + 0.0279^*x$	0,31	20,4
Estádio V6								
SPAD	34,9	34,5	34,3	35,3	35,4	ns		5,0
IAF	2,1	2,4	2,6	2,8	3	$\hat{Y} = 2.1317^{**} + 0.0148^{**}x$	0,99	19,3
MS (kg ha ⁻¹)	859	1091	946	1044	1198	$\hat{Y} = 899.45^{**} + 4.2434^{**} x$	0,58	20,6
Teor de N (%)	2,79	2,96	2,94	2,94	2,93	ns		8,7
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	24,1	32,4	27,8	30,7	35	$\hat{Y} = 25.925^{**} + 0.1349^{**} x$	0,56	24,3
Estádio R2								
SPAD	40,1	40	40,8	40,8	40,7	ns		3,7
IAF	5,5	6,1	6	6,4	6,6	$\hat{Y} = 5.611^{**} + 0.0168^{**} x$	0,88	8,6
MS (kg ha ⁻¹)	3227	4148	4027	3874	4323	$\hat{Y} = 3532.8^{**} + 12.816^* x$	0,52	19,8
Teor de N (%)	2,78	3,03	2,76	2,74	2,95	ns		14,8
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	90	124,1	109,8	107	128,1	$\hat{Y} = 99.88^{**} + 0.3947^* x$	0,38	22,1
Estádio R4								
SPAD	44	44,5	44,3	45,1	44,4	ns		3,7
IAF	7,2	7,6	7,4	7,4	7,6	ns		5,7
MS (kg ha ⁻¹)	5396	5846	5408	5549	6033	ns		14,8
Teor de N (%)	2,97	2,99	3,02	2,84	2,99	ns		13,3
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	159,9	176,9	162,5	155,8	180,7	ns		18,7
Estádio R5.4								
SPAD	48,6	48,1	47	48,6	48	ns		4,9
IAF	5,7	5,8	5,7	5,6	5,8	ns		8,0
MS (kg ha ⁻¹)	7436	8788	8380	8984	8911	ns		13,3
Teor de N (%)	2,85	2,65	2,64	2,84	2,56	ns		11,3
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	213,5	233,6	220,7	257,5	228,1	ns		17,5

ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Dens inici: densidade inicial (mil plantas ha⁻¹); Dens fin: densidade final (mil plantas ha⁻¹); SPAD: Soil Plant Analysis Development; IAF: Índice de Área Foliar; MS: Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹); Teor de Nitrogênio na parte aérea (%); Acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹).

No estágio R2 nos experimentos sem adição de N e com 300 kg N ha⁻¹ apenas o IAF apresentou diferenças estatísticas quanto a época de dessecação, sendo que a antecipação da semeadura proporcionou maiores valores de IAF em relação as dessecações mais próximas à semeadura. Já para o experimento com 150 kg N ha⁻¹ houve efeito de época de dessecação no estágio R2 para o IAF, massa seca de plantas e acúmulo de N na parte aérea no qual a antecipação da dessecação da pastagem de braquiária proporcionou maiores valores para essas variáveis. Balbinot Junior, Franchini, Debiasi (2016) observaram que aos 60 dias após a emergência das plantas as épocas de dessecação não influenciaram na massa seca, o teor de N na parte aérea e no acúmulo de N pelas plantas.

Franchini *et al.* (2015a) avaliando o intervalo de dessecação de *U. ruziziensis* entre 8 e 35 dias antes da semeadura da soja, observaram maior acúmulo de massa seca da parte aérea pelas plantas de soja aos 12 e 30 dias após a emergência da soja à medida que aumentou o intervalo entre a dessecação e a semeadura, significando um maior crescimento inicial da cultura. Os mesmos autores observaram que a partir dos 59 dias após a emergência da soja, as épocas de dessecação não apresentaram influência sobre o crescimento das plantas de soja, indicando que, ao longo do período vegetativo, a soja compensou o menor crescimento quando a dessecação foi realizada próxima à semeadura.

Em todos os experimentos avaliados não houve efeito de época de dessecação no estágio R5.4 para o Índice SPAD, IAF, massa seca de plantas, teor de N e acúmulo de N na parte aérea. O mesmo comportamento foi observado para o estágio R4 no experimento que não recebeu adição de nitrogênio e com 150 kg N ha⁻¹. Já para o experimento que recebeu 300 kg N ha⁻¹ houve efeito de épocas de dessecação para o IAF e a massa seca de plantas no estágio R4 em que a antecipação da dessecação em relação à semeadura proporcionou aumento dessas variáveis. Dessa forma os efeitos da época de dessecação sobre o crescimento e acúmulo de N pelas plantas de soja foram desaparecendo com a evolução do ciclo da cultura (FRANCHINI *et al.*, 2015a; BALBINOT JUNIOR; FRANCHINI; DEBIASI,

2016), como também observado na presente pesquisa realizada. Monquero *et al.* (2010) observaram que a época de dessecação de *B. ruziziensis* não influenciou a área foliar da soja nas fases iniciais do seu desenvolvimento, entretanto foi observado que aos 90 dias após a emergência a dessecação aos 2, 7 e 14 dias antes da semeadura da soja apresentaram as maiores áreas foliares.

Tabela 3.3 – Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha⁻¹) em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, com 300 kg N ha⁻¹ na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Intervalos entre a dessecação e a semeadura da soja (dias)					Equações ajustadas	R ²	CV (%)
	1	15	30	45	60			
Dens. inic. (mil ha ⁻¹)	409	452	474	490	474	$\hat{Y} = 425,76^{**} + 1,127^{**} x$	0,71	7,3
Dens. fin (mil ha ⁻¹)	376	405	435	451	439	$\hat{Y} = 386,26^{**} + 1,157^{**} x$	0,79	7,6
Estádio V3								
SPAD	30	30,1	31,2	29,8	31,7	ns		7,7
IAF	0,92	0,87	1,01	1,05	0,98	ns		20,0
MS (kg ha ⁻¹)	236	279	342	330	343	$\hat{Y} = 252,17^{**} + 1,78^{**} x$	0,79	17,4
Teor de N (%)	3,34	3,11	3,27	3,12	3,29	ns		10,0
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	7,97	8,7	11,1	10,4	11,3	$\hat{Y} = 8,19^{**} + 0,056^{**} x$	0,79	20,4
Estádio V6								
SPAD	35,1	34,4	35,3	34,2	34,1	ns		4,1
IAF	2,28	2,55	2,91	3,56	3,1	$\hat{Y} = 2,340^{**} + 0,0179^{**} x$	0,72	15,0
MS (kg ha ⁻¹)	847	1078	1223	1160	1115	$\hat{Y} = 835,75^{**} + 19,54^{*} x - 0,252^{**} x^2$	0,97	18,2
Teor de N (%)	2,91	2,86	2,9	2,97	2,99	ns		7,9
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	25	30,9	35,8	34,4	33	$\hat{Y} = 27,882^{**} + 0,1304^{**} x$	0,54	18,6
Estádio R2								
SPAD	40,3	40,5	39,4	40,5	40,2	ns		3,9
IAF	5,2	5,6	6,1	6,2	6,1	$\hat{Y} = 5,352^{**} + 0,016^{**} x$	0,83	6,6
MS (kg ha ⁻¹)	3635	3702	4044	3971	4027	ns		14,6
Teor de N (%)	2,89	2,79	2,86	2,75	2,85	ns		13,7
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	106,1	103,5	114,8	109,1	114,9	ns		20,9
Estádio R4								
SPAD	44,8	44,7	44,3	44,8	43,2	ns		3,6
IAF	6,69	6,85	7,03	7,08	7,22	$\hat{Y} = 6,71^{**} + 0,0087^{**} x$	0,98	5,6
MS (kg ha ⁻¹)	5347	5861	6061	6145	6120	$\hat{Y} = 5536,1^{**} + 12,27^{*} x$	0,76	13,5
Teor de N (%)	3,13	2,84	2,77	3,27	3	ns		15,2

Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	165,5	167,2	168,3	199,6	183,4	ns	18,2
Estádio R5.4							
SPAD	48	48,6	47	48	45,3	ns	4,3
IAF	6,4	6,35	6,16	6,09	6,13	ns	7,5
MS (kg ha ⁻¹)	8738	8853	8777	8472	8662	ns	14,6
Teor de N (%)	2,64	2,61	2,63	2,58	2,49	ns	14,6
Acúm. de N (kg ha ⁻¹)	229,9	231	231,6	224,9	215,8	ns	20,6

ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Dens inici: densidade inicial (mil plantas ha⁻¹); Dens fin: densidade final (mil plantas ha⁻¹); SPAD: Soil Plant Analysis Development; IAF: Índice de Área Foliar; MS: Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹); Teor de Nitrogênio na parte aérea (%); Acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹).

Não houve efeito da adubação nitrogenada na cultura da soja na densidade inicial e final de plantas, nos três experimentos. Também não houve efeito desse fator para o Índice SPAD, IAF, massa seca de plantas, teor de N e acúmulo de N na parte aérea nos estádios R2, R4 e R5.4 para todos os experimentos avaliados (Tabelas 3.4, 3.5 e 3.6). Isso se deve em função de que com o avançar do ciclo da soja o efeito do N vai se diluindo e não influenciando tanto quanto no início do ciclo da cultura em que a simbiose com a bactéria fixadora de N não está totalmente estabelecida (FRANCHINI *et al.*, 2015b).

Na ausência de fertilização nitrogenada o suprimento de N para as plantas de soja pode ter sido compensado pela maior fixação biológica desse nutriente (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2016). Balbinot Junior, Franchini, Debiasi (2016) também não encontraram diferenças significativas para o teor de N e massa seca de parte aérea com a aplicação de diferentes doses (20 e 45 kg N ha⁻¹) e épocas de aplicação de N (semeadura, R1 e R5.2) após dois anos com pastagem de *Urochloa brizantha*. Franchini *et al.* (2015b) também observaram que a aplicação de 30 kg de N ha⁻¹ no momento da semeadura da soja não alterou a taxa de cobertura do solo pelas plantas e o estande final de plantas, entretanto observaram que a adubação nitrogenada possibilitou aumento do teor de N foliar quando as plantas estavam em pleno florescimento.

De Luca e Hungria (2014) constataram aumento dos teores de N foliar no estágio R1 em plantas de soja que receberam 200 kg N ha⁻¹. Estudos realizados em diversos ambientes constataram que a fixação biológica de N associada ao N mineralizado pela matéria orgânica do solo é suficiente para suprir o N demandado pelas plantas de soja, apresentando-se desnecessária a adubação com N mineral (HUNGRIA *et al.* 2006). Parente *et al.* (2015) avaliando quatro doses

de nitrogênio (0, 10, 20 e 40 kg ha⁻¹) e duas épocas de aplicação (semeadura e início do florescimento) também não observaram alterações no teor de N foliar da soja no estágio R2.

Tabela 3.4 – Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha⁻¹) em função de dois níveis de adubação nitrogenada, com 0 kg N ha⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Nitrogênio		CV (%)
	0 kg N ha ⁻¹	30 kg N ha ⁻¹	
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	462 a ¹	466 a	4,8
Densidade final (mil plantas ha ⁻¹)	427 a	436 a	6,4
Estádio V3			
SPAD	28,7 b	31,1 a	10,4
IAF	1,05 b	1,26 a	18,3
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	259,8 a	287,4 a	19,0
Teor de N na Parte Aérea (%)	3,3 a	3,3 a	8,2
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	8,6 a	9,5 a	21,4
Estádio V6			
SPAD	34,3 a	34,6 a	6,2
IAF	2,06 a	2,28 a	18,9
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	1002 a	1050 a	17,0
Teor de N na Parte Aérea (%)	3,1 b	3,3 a	6,3
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	31,6 a	34,5 a	19,1
Estádio R2			
SPAD	38,9 a	39,5 a	4,9
IAF	6,2 a	6,4 a	9,3
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	3594 a	3879 a	16,2
Teor de N na Parte Aérea (%)	2,6 a	2,6 a	12,8
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	95,8 a	102,8 a	23,3
Estádio R4			
SPAD	44,3 a	44,9 a	4,4
IAF	7,2 a	7,2 a	5,5
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	5890 a	6246 a	13,6
Teor de N na Parte Aérea (%)	3,1 a	3,0 a	13,2
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	182,0 a	187,0 a	21,6
Estádio R5.4			
SPAD	48,5 a	49,0 a	3,3
IAF	6,3 a	6,4 a	6,3

Massa Seca (kg ha ⁻¹)	8119 a	8809 a	14,3
Teor de N na Parte Aérea (%)	2,7 a	2,8 a	13,8
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	220,3 a	237,0 a	26,9

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste F.

Houve efeito da adubação nitrogenada na soja no experimento sem adição de N na pastagem para o Índice SPAD e o IAF no estágio V3 e para o teor de N na parte aérea das plantas de soja no estágio V6, em que a adição de N proporcionou maiores valores para essas variáveis (Tabela 3.4). No experimento em que a pastagem recebeu 150 kg N ha⁻¹ houve efeito da adubação nitrogenada na soja para o IAF, a massa seca das plantas e o acúmulo de N na parte aérea das plantas de soja nos estádios V3 e V6. Para essas variáveis a adição de N na soja favoreceu o maior crescimento das plantas e dessa forma apresentaram maiores valores (Tabela 3.5). Para o experimento com a adição de 300 kg N ha⁻¹ houve efeito da adubação nitrogenada para o índice SPAD e o IAF nos estádios V3 e V6, em que a aplicação de N na cultura da soja promoveu maiores valores para essas variáveis (Tabela 3.6). Werner *et al.* (2016) observaram que a adição de 45 kg N ha⁻¹ proporcionou aumento da massa seca de folhas e total da parte aérea no estágio V5 na safra 2013/14. Os mesmos autores observaram que a adição de N não proporcionou alteração nos valores de SPAD no estágio R5.3.

Yokoyama *et al.* (2018) observaram que a aplicação de 30 kg N ha⁻¹ na semeadura da soja aumentou o índice SPAD nos estádios V5 a R3 na safra 2016/17 e após o estágio R4 não foram observados efeitos da aplicação de N mineral. Já para a safra 2017/18 a adubação nitrogenada proporcionou aumento no índice SPAD nos estádios V5 e V7, sem efeitos após o estágio R2. Os mesmos autores observaram que a adubação nitrogenada proporcionou maiores IAF da soja nos estádios V6, R1 e R3 na primeira safra e em R1, R2 e R3 na segunda safra, entretanto em estádios mais avançados no desenvolvimento da cultura a adubação nitrogenada não influenciou essas variáveis.

Franchini *et al.* (2015a) constaram que a aplicação de 30 kg N ha⁻¹ na semeadura da soja proporcionou maior crescimento e acúmulo de N na parte aérea da cultura somente no início do ciclo, não alterando o teor de N na parte aérea em qualquer estágio avaliado, enquanto que no estágio de pleno florescimento não houve diferença para a aplicação da adubação nitrogenada. Provavelmente até o estágio V6 as reservas de N na semente e o N disponibilizado na solução do solo

foram suficientes para o crescimento das plantas de soja, já que nessa fase a taxa de acúmulo de N na biomassa da soja é menor do que nos estádios R1 e R2 (florescimento) e no início do estágio R5 (enchimento de grãos) (BALBINOT JUNIOR; FRANCHINI; DEBIASI, 2016).

Tabela 3.5 – Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha⁻¹) em função de dois níveis de adubação nitrogenada, com 150 kg N ha⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Nitrogênio		CV (%)
	0 kg N ha ⁻¹	30 kg N ha ⁻¹	
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	452 a ¹	468 a	8,0
Densidade final (mil plantas ha ⁻¹)	420 a	423 a	7,7
Estádio V3			
SPAD	29,3 a	30,4 a	8,5
IAF	0,87 b	0,99 a	20,1
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	294,8 b	344,5 a	17,8
Teor de N na Parte Aérea (%)	3,2 a	3,3 a	8,1
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	9,4 b	11,2 a	20,4
Estádio V6			
SPAD	34,7 a	35,0 a	5,0
IAF	2,41 b	2,73 a	19,3
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	963,9 b	1091,5 a	20,6
Teor de N na Parte Aérea (%)	2,9 a	2,9 a	8,7
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	27,7 b	32,3 a	24,3
Estádio R2			
SPAD	40,6 a	40,4 a	3,7
IAF	6,0 a	6,2 a	8,6
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	3797,8 a	4041,6 a	19,8
Teor de N na Parte Aérea (%)	2,8 a	2,9 a	14,8
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	105,6 a	117,9 a	22,1
Estádio R4			
SPAD	44,7 a	44,2 a	3,7
IAF	7,5 a	7,4 a	5,7
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	5359 a	5934 a	14,8
Teor de N na Parte Aérea (%)	3,0 a	3,0 a	13,3
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	158,1 a	176,2 a	18,7
Estádio R5.4			

SPAD	48,4 a	47,7 a	4,9
IAF	5,9 a	5,6 a	8,0
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	8222 a	8778 a	13,3
Teor de N na Parte Aérea (%)	2,7 a	2,8 a	11,3
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	217,9 a	243,4 a	17,5

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste F.

Tabela 3.6 – Índice SPAD, Índice de Área Foliar (IAF), Massa Seca de Plantas (kg ha⁻¹), teor de Nitrogênio na parte aérea (%) e acúmulo de Nitrogênio (kg ha⁻¹) em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, densidade inicial e final de plantas (mil plantas ha⁻¹) em função de dois níveis de adubação nitrogenada, com 300 kg N ha⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Nitrogênio		CV (%)
	0 kg N ha ⁻¹	30 kg N ha ⁻¹	
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	464 a ¹	456 a	7,3
Densidade final (mil plantas ha ⁻¹)	427 a	415 a	7,6
Estádio V3			
SPAD	29,3 b	31,8 a	7,7
IAF	0,93 b	1,03 a	20,0
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	305 a	307 a	17,4
Teor de N na Parte Aérea (%)	3,1 a	3,3 a	10,0
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	9,5 a	10,2 a	20,4
Estádio V6			
SPAD	34,2 b	35,0 a	4,1
IAF	2,7 b	3,0 a	15,0
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	1063 a	1106 a	18,2
Teor de N na Parte Aérea (%)	2,9 a	3,0 a	7,9
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	30,7 a	33,0 a	18,6
Estádio R2			
SPAD	40,0 a	40,3 a	3,9
IAF	5,8 a	5,8 a	6,6
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	3774 a	3977 a	14,6
Teor de N na Parte Aérea (%)	2,8 a	2,8 a	13,7
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	108,2 a	111,2 a	20,9
Estádio R4			
SPAD	44,3 a	44,4 a	3,6
IAF	7,1 a	6,9 a	5,6
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	5991 a	5822 a	13,5
Teor de N na Parte Aérea (%)	3,0 a	3,0 a	15,2
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	180,5 a	173,1 a	18,2

Estádio R5.4			
SPAD	47,7 a	47,0 a	4,3
IAF	6,4 a	6,1 a	7,5
Massa Seca (kg ha ⁻¹)	8981 a	8420 a	14,6
Teor de N na Parte Aérea (%)	2,6 a	2,6 a	14,6
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	231,5 a	221,7 a	20,6

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste F.

Ressalta-se que a imobilização de N do solo resultante da decomposição microbiana dos restos vegetais que possuem alta relação C/N, como aqueles produzidos pelas espécies de braquiárias (CALONEGO *et al.*, 2012), tem sido usualmente utilizada como justificativa para a adubação nitrogenada na semeadura da soja, sob o pretexto de que a aplicação de fertilizantes nitrogenados acelera a decomposição e mineralização da matéria orgânica, e portanto, diminuem a relação C/N da palha (GARCIA *et al.*, 2014). No entanto, como o observado na presente pesquisa, o crescimento da cultura, assim como a quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas de soja, não foi favorecido pela presença da aplicação mineral de nitrogênio na semeadura da soja. Nessas circunstâncias e nas condições em que foram realizados os experimentos, a adubação nitrogenada foi desnecessária, mesmo em condições com aporte de N na pastagem, representando dessa forma uma economia expressiva para os produtores, significando também benefícios para o meio ambiente decorrente da diminuição da utilização de adubos nitrogenados na cultura da soja.

3. 6 CONCLUSÕES

A dessecação antecipada da *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã favorece o estabelecimento de plantas de soja e promove incremento na massa seca e acúmulo de N nos estádios vegetativos da cultura, entretanto essas diferenças não são observadas no enchimento de grãos, independentemente da adubação nitrogenada na pastagem e na soja.

A adubação nitrogenada na implantação da soja com 30 kg ha⁻¹ de N aumenta o crescimento das plantas de soja na fase vegetativa, mas, após o pleno florescimento, essas diferenças não são observadas, independentemente da época de dessecação.

3.7 REFERÊNCIAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists.** 21 ed. Washington DC: AOAC, 1995, v. 1.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper,56).

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A.M.; SILVA, V. P.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; PAULO ROBERTO GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p. 1-12, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Altura de manejo da pastagem, época de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e adubação nitrogenada na cultura da soja em sistema integração lavoura-pecuária. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.2, p.124-133, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WERNER, F.; FERREIRA, A. S. Nitrogênio mineral na soja integrada com a pecuária em solo arenoso. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v.10, n.2, p.107 - 113, 2016.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F., SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdã, v. 110, n. 3, p.219-224, 2009.

CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. A.; ROSOLEM, C. A. Nitrogen budget in a soil-plant system after brachiaria grass desiccation. **Soil Science and Plant Nutrition**, Londres, v. 60, n. 2, p. 162-172, 2014.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J.; MORO, E. Nitrogen fertilization on palisadegrass: phytomass decomposition and nutrients release. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 159-168, 2016.

DE LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant Densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.71, n. 3, p.181-187, 2014.

EMBRAPA. **Sistemas de produção 16: Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013, 265p.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p.415-421, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOLONI, J. S. S.; CATUCHI, T. A.; BARBOSA, A. M.; CALONEGO, J. C.; TIRITA, C. S. Acúmulo de nutrientes e relação C/N em diferentes estádios fenológicos do milheto submetido à adubação nitrogenada. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 1- 9, 2016.

FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 999-1005, 2014.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Crescimento da soja influenciado pela adubação nitrogenada na cultura, pressão de pastejo e épocas de dessecação de *Urochloa ruziziensis*. **Revista Agro@ambiente On-line** 9: 129-135, 2015a.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015b.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LOPES, K. S.M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação

nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p.143-152, 2014.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contribution of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.

JANEGITZ, M. C.; SOUZA, E. A.; ROSOLEM, C. A. Brachiaria as a Cover Crop to Improve Phosphorus Use Efficiency in a No-till Oxisol. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.40, e0150128, 2016.

MONQUERO, P. A.; MILAN, B.; SILVA, P. V.; HIRATA, A. C. S. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, p. 28, n. 3, p. 561-573, 2010.

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, 2012.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Upland rice yield as affected by previous summer crop rotation (soybean or upland rice) and glyphosate management on cover crops. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 147-155, 2013.

NEPOMUCENO, M.P.; VARELA, R.M.; ALVES, P. L. C. A.; MARTINS, J. V. F. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 557-565, 2012.

PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; PIVETTA, R. S.; SOUZA, L. G. M.; BOSSOLANI, J. W. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 249-255, 2015.

RICCE, W. 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, 2011.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária

no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1855-1861, 2014.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T.J . F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 590 p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955 104p.(Publications in Climatology, vol III, n.1).

VAN ROEKEL, R.J.; PURCELL, L. C. Soybean biomass and nitrogen accumulation rates and radiation use efficiency in a maximum yield environment. **Field Crops Research**,Amsterdã, v. 54, n. 3, p. 1189-1196, 2014.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; FERREIRA, A. S.; AGUIAR E SILVA, M.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n. 8, p. 734-738, 2016.

YOKOYAMA, A. H.; RIBEIRO, R. H.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C. Índices de área foliar e SPAD da soja em função de culturas de entressafra e nitrogênio e sua relação com a produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 953-962, 2018.

4 ARTIGO B

DESEMPENHO AGRONÔMICO E TEORES DE ÓLEO E PROTEÍNA EM GRÃOS DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DE PASTAGEM DE *Urochloa brizantha* E ADUBAÇÃO NITROGENADA

SOYBEAN PERFORMANCE AND QUALITY OF THE GRAINS IN FUNCTION OF DESICCATION TIMES OF *Urochloa brizantha* AND NITROGEN FERTILIZATION

4.1 RESUMO

A dessecação da pastagem de braquiária e a adubação nitrogenada podem influenciar a produtividade e a composição química dos grãos de soja no sistema de integração lavoura-pecuária. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de épocas de dessecação e adubação nitrogenada na soja, em três níveis de adubação nitrogenada na pastagem, sobre os componentes do rendimento, a produtividade e os teores de óleo e proteína nos grãos de soja. O trabalho foi conduzido em Londrina, Paraná, na safra 2017/18. Foram estudadas três doses de nitrogênio na pastagem de *U. brizantha* cv. BRS Piatã: 0; 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, aplicados na forma de ureia, a lanço, constituindo três experimentos, que foram avaliados separadamente. Em cada experimento foram avaliadas cinco épocas de dessecação da pastagem: 60; 45; 30; 15 e 1 dias antes da semeadura da soja e dois níveis de adubação nitrogenada na soja, com 30 kg N ha⁻¹ aplicados a lanço no dia da semeadura (ureia) e sem adubação nitrogenada. Foi utilizado o delineamento de blocos completos casualizados, com cinco repetições. Foram avaliados a densidade inicial de plantas, o acamamento, altura de plantas, altura da inserção da primeira vagem, diâmetro do caule, número de vagens por m⁻², número de grãos por vagem, massa de mil grãos, produtividade e teores de óleo e proteína. O intervalo entre a dessecação de pastagem de *Urochloa brizantha* e a semeadura da soja (de 1 a 60 dias) não influencia a produtividade da soja, os componentes do rendimento e os teores de óleo e proteína nos grãos, independentemente da aplicação de nitrogênio na soja e na pastagem. A adubação nitrogenada na cultura da soja, com 30 kg N ha⁻¹, não influencia a produtividade e os componentes de rendimento e os teores de óleo e proteína dos grãos, independentemente da época de dessecação e da adubação nitrogenada na pastagem.

Palavras-chave: *Glycine max* L. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã. Sistema de Integração lavoura-pecuária. Nitrogênio. Componentes do rendimento.

4.2 ABSTRACT

Brachiaria pasture desiccation and nitrogen fertilization may influence the yield and chemical composition of soybean grains in the crop-livestock integration system. The aim of this work was to evaluate the effect of desiccation times and nitrogen fertilization on soybean at three levels of pasture nitrogen fertilization on yield components, yield and oil and protein content in soybeans. The work was conducted in Londrina, Paraná, in the 2017/18 growing season. Three nitrogen doses were studied in *U. brizantha* cv. BRS Piatã: 0; 150 and 300 kg N ha⁻¹, applied in the form of urea, by haul, constituting three experiments, which were evaluated separately. In each experiment, five pasture desiccation times were evaluated: 60; 45; 30; 15 and 1 days before soybean sowing and two levels of nitrogen fertilization in soybean, with 30 kg N ha⁻¹ applied to haul on the day of sowing (urea) and without nitrogen fertilization. A randomized complete block design with five replications was used. Initial plant density, lodging, plant height, first pod insertion height, stem diameter, number of pods pods m⁻², number of grains per pod, thousand grain mass, yield and oil and protein contents were evaluated. The interval between *Urochloa brizantha* pasture desiccation and soybean sowing (from 1 to 60 days) does not influence soybean yield, yield components and oil and protein content in grains, regardless of nitrogen application to soybean and in the pasture. Nitrogen fertilization in soybean, with 30 kg N ha⁻¹, did not influence yield and yield components and grain oil and protein contents, regardless of desiccation times and nitrogen fertilization in pasture.

Key words: *Glycine max* L. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã. Crop-livestock Integration System. Nitrogen. Yield components.

4.3 INTRODUÇÃO

O uso sustentável de recursos ambientais para a produção de alimentos, fibras e bioenergia têm se apresentado como um dos principais desafios enfrentados pela agricultura. Diante disso, a utilização de sistemas de integração

lavoura-pecuária (ILP), tem sido indicada como uma possibilidade para proporcionar aumento da biodiversidade, aprimoramento do uso de recursos, redução de custos e riscos econômicos e incremento na renda por área (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009; BALBINO *et al.*, 2011; VILELA *et al.*, 2011; GARRET *et al.*, 2017).

Em sistemas ILP inseridos em regiões tropicais as espécies do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) têm sido extensivamente utilizadas, particularmente pelas características de alta capacidade de produção de fitomassa, inclusive em ambientes com baixa fertilidade do solo, fornecendo apropriada cobertura da área (FRANCHINI *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2015). Um dos pontos mais importantes para o sucesso do ILP é o manejo com herbicidas não seletivos da cultura antecedente (dessecação). O manejo da dessecação controla as plantas daninhas e finaliza o ciclo das culturas de inverno formando a palha residual para as próximas culturas. O correto manejo da dessecação é essencial para que as culturas sucessoras tenham adequado estabelecimento e desenvolvimento (RICCE; ALVES; PRETE, 2011).

Quando a dessecação da pastagem é realizada muito próxima a semeadura da soja, podem surgir dificuldades na operação, pela grande quantidade de biomassa presente na área, podendo influenciar na “plantabilidade” e no desempenho agrônômico da soja em sucessão (FRANCHINI *et al.*, 2015). Além disso, a dessecação próxima à semeadura pode aumentar a imobilização do N para decomposição da palha no início do ciclo da soja em sucessão (BALBINOT JUNIOR; FRANCHINI; DEBIASI, 2016). Por outro lado, a dessecação antecipada pode ocasionar redução acentuada da quantidade de palha no início do ciclo da soja podendo também ocasionar o surgimento de plantas daninhas anteriormente às plantas da cultura sucessora, tornando necessária, em algumas circunstâncias, a realização da dessecação adicional próxima à da semeadura (MONQUERO *et al.*, 2010; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012).

A palha de espécies do gênero *Urochloa*, que possui elevada relação C/N, pode ocasionar a imobilização temporária do N na solução do solo, (CALONEGO *et al.*, 2012; WOLI *et al.*, 2013). Isto tem fundamentado a hipótese de que é necessária a aplicação de N mineral na semeadura da soja, proporcionando deste modo que a cultura tenha à sua disposição o N necessário para o seu desenvolvimento inicial, até que a fixação biológica do nitrogênio (FBN) esteja estabilizada e funcionando plenamente (FRANCHINI *et al.*, 2015). No entanto, a

resposta da cultura da soja à adubação nitrogenada na implantação, em integração com pastagem de braquiária, pode ser dependente da época de dessecação da pastagem, uma vez que essa prática pode alterar a disponibilidade de N inorgânico disponível no solo (CASTOLDI; PIVETA; ROSOLEM, 2014). Da mesma forma, a adubação nitrogenada na pastagem que antecede a soja pode influenciar as respostas da cultura à adubação nitrogenada na implantação, por alterar os teores de N no solo (GARCIA *et al.*, 2014). Nesse sentido, a compreensão dessas interações é fundamental para aprimorar o manejo em sistemas que integrem pastagem de braquiária à soja.

Apesar da cultura da soja ser altamente exigente em nitrogênio, por apresentar um alto teor proteico (a cada tonelada de grãos produzidos são necessários 80 kg de N), a prática da adubação nitrogenada via fertilizantes minerais não é um procedimento frequentemente empregado pelos produtores, em virtude do sucesso da fixação biológica em atendê-lo quanto ao seu suprimento, juntamente com o N presente no solo (HUNGRIA *et al.*, 2006; CAMPO; ARAUJO; HUNGRIA, 2009). Diversas pesquisas têm constatado que a adubação nitrogenada na soja é dispensável, não proporcionando incrementos na produtividade da cultura (FRANCHINI *et al.*, 2015; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2016; WERNER *et al.*, 2016). A FBN em conjunto com o N mineralizado propiciado pela matéria orgânica do solo, supre a necessidade deste nutriente, desde que a inoculação e o suprimento de Cobalto e Molibdênio sejam realizados corretamente, conforme as indicações técnicas (MOREIRA *et al.*, 2015).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de épocas de dessecação e da adubação nitrogenada na soja, em três níveis de adubação nitrogenada na pastagem, sobre os componentes do rendimento, a produtividade e os teores de óleo e proteína nos grãos de soja.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre março de 2016 e março de 2018, em Londrina, PR (23°11' S, 51°11'W e altitude de 620 m). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (SANTOS *et al.*, 2018), com textura muito argilosa,

que vinha sendo manejado em SPD há quinze anos, com o cultivo de soja no verão e trigo ou aveia preta no inverno.

Em março de 2016, a *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã foi implantada com linhas espaçadas em 20 cm em consórcio com a cultura do milho safrinha, com uma densidade de 5 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis. A área experimental foi dividida em três piquetes, com aproximadamente 1,2 ha cada, sendo cada um destes um experimento com a aplicação de três doses de adubação nitrogenada (0; 150 e 300 kg ha⁻¹ ano), na forma de ureia (45% de N), que foram aplicados à lanço parcelados em setembro e novembro de 2016. O solo possuía os seguintes atributos na camada de 0 a 20 cm: 27,9 g dm⁻³ de C orgânico; pH (CaCl₂) de 4,8; 15,5 mg dm⁻³ de P (Mehlich⁻¹); 0,53 cmolc dm⁻³ de K trocável; 3,2 cmolc dm⁻³ de Ca trocável; 1,4 cmolc dm⁻³ de Mg trocável; 15,3 mg dm⁻³ de S e 49% de saturação por bases.

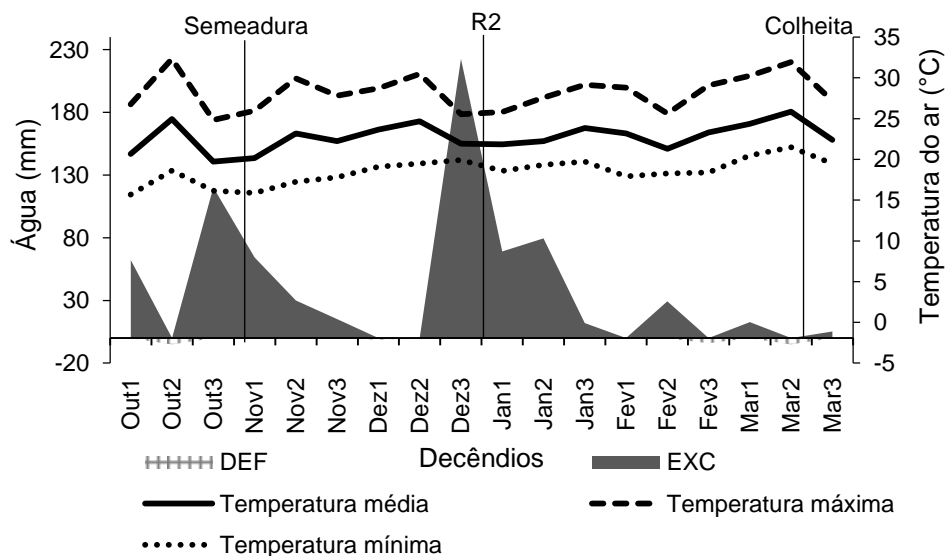
No período de outubro de 2016 até julho de 2017 foi realizado pastejo uniforme e contínuo na área por bovinos machos com 350 a 550 kg de peso vivo, com lotação média de duas unidades animais (UA) ha⁻¹, mantendo a mesma altura de pastejo (30 cm). Após esse período, a área foi mantida sem animais até agosto do mesmo ano, quando, em cada piquete, foi implantado um experimento em blocos completos casualizados, com cinco repetições, em esquema fatorial de 5 x 2. Os tratamentos foram compostos por cinco épocas de dessecação: 60; 45; 30; 15 e 1 dias antes da semeadura da soja e dois níveis de adubação nitrogenada na soja (com 30 kg N ha⁻¹ aplicados a lanço no dia da semeadura na forma de ureia e sem adubação nitrogenada). A cultivar utilizada foi a BRS 1010 IPRO, que possui tipo de crescimento indeterminado e grupo de maturidade relativa de 6.1. A dessecação da pastagem foi realizada com glifosato, na dose de 1.500 g e.a. ha⁻¹, aplicado com pulverizador tratorizado, equipado com pontas de pulverização tipo leque, com volume de calda de 200 L ha⁻¹. Em todas as épocas de dessecação, as condições atmosféricas e de umidade no solo foram adequadas ao funcionamento do herbicida.

A semeadura da soja foi realizada em 03/11/2017 e as sementes foram tratadas com Carboxina (30 mL i.a 50 kg⁻¹ de sementes) e Tiram (30 mL i.a 50 kg⁻¹ de sementes) e inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii* na concentração de 5 x 10⁹ UFC ml⁻¹ (100 ml 50 kg⁻¹ de sementes), utilizando-se uma semeadora-adubadora equipada com mecanismos sulcadores do tipo guilhotina para

posicionamento do adubo e discos duplos defasados para as sementes. A adubação de base foi de 350 kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-20. A semeadora foi regulada para o espaçamento de 0,45 m entre linhas. As parcelas foram compostas por 5 m de largura x 8 m de comprimento totalizando 40m².

O controle de doenças, insetos-praga e plantas daninhas foram efetuados conforme as indicações técnicas preconizadas para a cultura da soja (EMBRAPA, 2013). Os dados meteorológicos foram obtidos na estação agrometeorológica da Embrapa Soja que está distante 700 m da localização do experimento. O balanço hídrico climatológico sequencial (BHCS) de Thornthwaite e Mather (1955) foi calculado durante a condução dos experimentos à campo (Figura 4.1). A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada durante os decêndios da condução do experimento pela equação de Penman-Monteith e transformada em evapotranspiração da cultura da soja (ET_c = ET_o x K_c) conforme recomendação de coeficiente da cultura (K_c) pela FAO (ALLEN *et al.*, 1998). A capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada para o cálculo do BHCS foi de 75 mm (FARIAS *et al.*, 2001).

Figura 4.1 – Extrato do balanço hídrico climatológico sequencial com CAD de 75 mm e temperaturas médias das máximas, médias e mínimas (°C) durante a condução dos experimentos na safra 2017/18. Londrina, PR



Foram avaliados a densidade inicial de plantas (mil plantas ha⁻¹), o acamamento, altura de plantas (cm), altura da inserção da primeira vagem (cm),

diâmetro do caule (cm), número de vagens m^{-2} , número de grãos por vagem, massa de mil grãos (g), produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$) e os teores de óleo e proteína (%). A densidade inicial de plantas foi determinada através da contagem de todas as plantas em uma área total de $3\ m^2$ por parcela no estágio V2. Para a avaliação da altura de plantas, altura da inserção da primeira vagem, diâmetro do caule e componentes do rendimento, foram coletadas 20 plantas em sequência em cada parcela experimental, no estágio R7. A altura de plantas foi medida a partir da superfície do solo até a extremidade apical da haste principal, com auxílio de uma régua milimetrada. A altura da inserção da primeira vagem foi determinada medindo, com uma régua milimetrada, a distância entre a base da planta à inserção da primeira vagem. O diâmetro do caule foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital, a medida foi realizada entre o primeiro e segundo nó do caule das plantas.

O número de vagens m^{-2} foi determinado contando-se todas as vagens presentes nas 20 plantas coletadas. Após contabilizado o número total de vagens foi estimado o número de vagens m^{-2} através da densidade final de plantas de cada experimento avaliado. Para obtenção do número de grãos por vagem foi realizada a contagem de todos os grãos presentes nas 20 plantas coletadas. Após essa etapa, o número de grãos por vagem foi calculado pela divisão do número total de grãos pelo número total de vagens. Para a massa de mil grãos pesou-se duas subamostras de 100 grãos por repetição, com os resultados expressos em gramas (BRASIL, 2009). O grau de acamamento das plantas foi avaliado no momento da colheita e foi utilizada uma escala de notas variando de 1 a 5, conforme descrição a seguir: 1 – nenhuma planta da área útil acamada; 2 – 25% das plantas da área útil acamadas; 3 – 50% das plantas da área útil acamadas; 4 – 75% das plantas da área útil acamadas; 5 – 100% das plantas da área útil acamadas.

A produtividade foi obtida por meio da pesagem dos grãos colhidos na área útil ($15\ m^2$) em cada parcela experimental, com padronização da umidade em 13%. A colheita foi realizada com o uso da colhedora de parcelas experimentais Classic da empresa Austríaca Wintersteiger®. Os resultados foram transformados e expressos em $kg\ ha^{-1}$. Os teores de proteína e óleo nas amostras foram determinados em grãos íntegros pela técnica da Refletância do Infravermelho Próximo (NIR), segundo Heil (2010). Os grãos inteiros e limpos de cada amostra foram submetidos a leituras, em equipamento da marca Thermo, modelo Antaris II,

dotado de esfera de integração com resolução de 4 cm^{-1} , média de 32 scans e background a cada leitura. Para a predição, foram utilizados modelos matemáticos desenvolvidos pela Embrapa Soja em 2011/12 para teores de proteína (180 padrões, coeficiente de correlação (r) = 0,97, erro padrão da calibração (RMSEC) = 0,64 e óleo (170 padrões, r = 0,98 e RMSEC = 0,45).

Os dados obtidos foram analisados quanto a normalidade e homocedasticidade, utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Hartley, respectivamente, os quais indicaram não ser necessária a transformação dos dados. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e teste F. Cada experimento foi analisado separadamente. As médias da adubação nitrogenada na cultura da soja foram comparadas pelo teste F. Para os níveis de dessecação, foi realizada análise de regressão polinomial até o segundo grau. Em todas as análises, adotou-se o nível de probabilidade de erro de 5%. As análises foram executadas através do programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre a época de dessecação da pastagem de braquiária e a adubação nitrogenada na soja em sucessão para todas as variáveis nos três experimentos. Ressalta-se que as condições meteorológicas durante a condução dos experimentos foram adequadas para a soja (Figura 4.1). A densidade inicial de plantas nos experimentos sem adubação nitrogenada e com 300 kg N ha^{-1} (Tabela 4.1) apresentaram maiores valores com a antecipação da dessecação da braquiária. Entretanto, para a pastagem que recebeu 150 kg N ha^{-1} não houve efeito das épocas de dessecação na densidade inicial de plantas. Provavelmente, com o aumento da quantidade de palha houve interferência no estabelecimento do estande, principalmente por dificuldades no processo de semeadura (RICCE; ALVES; PRETE, 2011; FRANCHINI *et al.*, 2014). Além disso, a dessecação mais próxima à semeadura pode ter ocasionado aumento da barreira física imposta pela palha à emergência das plântulas (MONQUERO *et al.*, 2010).

Nos experimentos sem adubação nitrogenada e com 300 kg N ha^{-1} (Tabela 4.1), não houve efeito das épocas de dessecação para a altura de plantas,

altura da inserção da primeira vagem, diâmetro do caule e acamamento. Já no experimento com a adição de 150 kg N ha⁻¹ houve efeito para altura de plantas, em que a antecipação da dessecação da braquiária promoveu maiores alturas. Possivelmente a dessecação antecipada proporcionou melhores condições para que as plantas de soja crescessem mais rapidamente, refletindo em maior altura das plantas. Apesar do maior estabelecimento de plantas nos tratamentos dessecados antecipadamente não houve diferenças significativas no acamamento de plantas para nenhum fator e experimentos avaliados, embora seja usual em maiores densidades haver maior acamamento (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2015). A ausência de acamamento decorreu principalmente da baixa propensão de acamamento da cultivar utilizada.

Tabela 4.1 – Densidade inicial de plantas (mil plantas ha⁻¹), altura de plantas (cm), altura da inserção da primeira vagem (cm), diâmetro do caule (cm) e acamamento em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, nos experimentos com 0, 150 e 300 kg N ha⁻¹ na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Intervalos entre a dessecação e a semeadura da soja (dias)					Equações ajustadas	R ²	CV (%)
	1	15	30	45	60			
0 kg N ha ⁻¹ na pastagem								
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	453	457	458	471	481	$\hat{Y} = 449,68^{**} + 0,48^{**}x$	0,9	4,8
Altura de Plantas (cm)	101,6	103,4	100,3	106,2	107,5	ns		6,3
Altura da Inserção 1ª Vagem (cm)	18,8	18,8	17,1	18,2	17	ns		16,2
Diâmetro do caule (cm)	5,9	5,7	5,9	6,1	5,9	ns		7,1
Acamamento	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	ns		16,2
150 kg N ha ⁻¹ na pastagem								
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	429	458	472	468	472	ns		8,0
Altura de Plantas (cm)	99,8	110,4	108,3	105,8	111,5	$\hat{Y} = 103,37^{**} + 0,1254^{**}x$	0,41	5,6
Altura da Inserção 1ª Vagem (cm)	19,8	19,6	19,3	18,9	19,5	ns		12,4
Diâmetro do caule (cm)	5,6	5,9	6	6,1	6,1	ns		6,6
Acamamento	1,5	1,7	1,6	1,6	1,5	ns		15,6
300 kg N ha ⁻¹ na pastagem								
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	409	452	474	490	474	$\hat{Y} = 425,76^{**} + 1,127^{**}x$	0,71	7,3
Altura de Plantas (cm)	106,6	111	220,8	113,8	113,4	ns		5,4
Altura da Inserção 1ª Vagem (cm)	18,4	17,3	18	17,8	18,3	ns		15,7
Diâmetro do caule (cm)	6,02	5,89	6,07	6,1	6,08	ns		7,5
Acamamento	1,6	1,9	1,5	1,8	1,7	ns		22,1

ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Não houve efeito de época de dessecação para o número de vagens m^{-2} , número de grãos por vagem, massa de mil grãos e a produtividade de grãos. Nepomuceno *et al.* (2012) não observaram diferenças significativas para altura de inserção da primeira vagem de soja em quatro épocas de dessecação de *U. ruziziensis* avaliadas (0, 10, 20 e 30 dias antes da semeadura da soja). Oliveira *et al.* (2013) observaram que a dessecação realizada 15 dias antes da semeadura da soja de *Brachiaria brizantha* proporcionou maior número de vagens por planta e de massa de cem grãos em relação ao sistema desseque-plante. Apesar da dessecação antecipada promover maior estabelecimento de plantas do que a dessecação mais próxima à semeadura da soja, não houve efeito de época de dessecação para a produtividade de grãos (Tabela 4.2).

Nascente e Crusciol (2012) observaram que para *U. brizantha* o aumento do período de tempo entre a dessecação e a semeadura de soja proporcionou incremento na produtividade da soja. De acordo com Debiasi e Franchini (2012), os intervalos entre a dessecação de *U. brizantha* e a semeadura de soja menores do que 44 dias diminuíram o rendimento da soja quando a massa seca residual da pastagem foi superior a $9 t ha^{-1}$. Já Franchini *et al.* (2014) observaram que a produtividade de grãos de soja não foi afetada pela época de dessecação (8 a 35 dias antes da semeadura da soja) de pastagem de *Urochloa ruziziensis*. Balbinot Junior, Franchini e Debiasi (2016) não observaram diferenças entre quatro épocas de dessecação da pastagem de *U. ruziziensis* (35, 28, 20 e 8 dias antes da semeadura da soja) e de adubação nitrogenada na soja (sem N ou com $30 kg de N ha^{-1}$ na semeadura) no número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos.

Os teores de óleo e proteína não foram influenciados pelos fatores estudados nos três experimentos avaliados. Não houve diferença nos teores de óleo e proteína dos grãos em todas as épocas de dessecação avaliadas para todos os experimentos analisados (Tabela 4.2). Sendo esse um indicativo de que a adubação com N mineral não ocasionou benefícios nos grãos de soja, mesmo em condições de alta quantidade de biomassa vegetal (dessecação próxima à semeadura) (FRANCHINI *et al.*, 2015). A quantidade de N disponibilizada às plantas via fixação biológica do N e mineralização da matéria orgânica foi satisfatória para atender as

necessidades dos grãos por N para produção de óleo e proteína (HUNGRIA *et al.*, 2006; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2016).

Tabela 4.2 – Número de vagens m^{-2} , número de grãos por vagem, massa de mil grãos (g), produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$) e teores de óleo e proteína (%) da soja em função de intervalos entre a dessecação da pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja, nos experimentos com 0, 150 e 300 $kg\ N\ ha^{-1}$ na pastagem (médias com e sem N na soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Intervalos entre a dessecação e a semeadura da soja (dias)					Equações ajustadas	CV (%)
	1	15	30	45	60		
0 $kg\ N\ ha^{-1}$ na pastagem							
Número de vagens m^{-2}	1346	1192	1315	1334	1225	ns	12,4
Número de grãos por vagem	2,45	2,41	2,36	2,4	2,47	ns	5,1
Massa de mil grãos (g)	163	165	162	161	166	ns	6,0
Produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$)	4862	4947	5005	4838	4910	ns	7,0
Óleo (%)	23,3	23,4	23,5	23,5	23,5	ns	3,2
Proteína (%)	33,6	33,7	33,9	33,1	33,7	ns	2,6
150 $kg\ N\ ha^{-1}$ na pastagem							
Número de vagens m^{-2}	1093	1261	1320	1310	1255	ns	16,6
Número de grãos por vagem	2,34	2,41	2,31	2,42	2,36	ns	7,5
Massa de mil grãos (g)	156	165	172	159	163	ns	7,4
Produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$)	4868	4784	4768	4792	4763	ns	4,5
Óleo (%)	23	23,1	22,9	23,3	23,2	ns	3,5
Proteína (%)	33,8	34,1	33,5	33,4	33,6	ns	3,5
300 $kg\ N\ ha^{-1}$ na pastagem							
Número de vagens m^{-2}	1182	1204	1235	1219	1180	ns	15,1
Número de grãos por vagem	2,35	2,33	2,38	2,5	2,52	ns	9,4
Massa de mil grãos (g)	166	174	166	163	162	ns	8,9
Produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$)	4702	4793	4712	4755	4657	ns	5,8
Óleo (%)	23,2	23,1	23,7	23,4	23,3	ns	2,9
Proteína (%)	33,8	33,9	33,5	33,6	33,9	ns	2,7

ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Não houve efeito de adubação nitrogenada na soja para densidade inicial de plantas, altura de plantas, altura da inserção da primeira vagem, diâmetro do caule e acamamento para nenhum experimento avaliado (Tabela 4.3). Isso demonstra que a adubação nitrogenada foi dispensável em todos os cenários estudados, não apresentando vantagens para o crescimento de plantas. Franchini *et al.* (2015) observaram que a aplicação de 30 $kg\ N\ ha^{-1}$ na soja promoveu incremento

na altura de plantas e da inserção da primeira vagem. Parente *et al.* (2015) também observaram aumento da altura de plantas de soja com incremento das doses de N de 0 a 40 kg ha⁻¹ realizando a adubação na semeadura. Como a adubação não influenciou na altura de plantas e no diâmetro do caule, não houve diferença também para o acamamento de plantas.

Tabela 4.3 – Densidade inicial de plantas (mil plantas ha⁻¹), altura de plantas (cm), altura da inserção da primeira vagem (cm), diâmetro do caule (cm) e acamamento em função de dois níveis de adubação nitrogenada nos experimentos com 0, 150 e 300 kg N ha⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Nitrogênio		CV (%)
	0 kg N ha ⁻¹	30 kg N ha ⁻¹	
	0 kg N ha ⁻¹ na pastagem		
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	462 a ¹	466 a	4,8
Altura de Plantas (cm)	103,3 a	104,3 a	6,3
Altura da Inserção Primeira Vagem (cm)	17,9 a	18,1 a	16,2
Diâmetro do caule (cm)	5,9 a	5,9 a	7,1
Acamamento	1,5 a	1,5 a	16,2
	150 kg N ha ⁻¹ na pastagem		
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	452 a	468 a	8,0
Altura de Plantas (cm)	105,6 a	108,7 a	5,6
Altura da Inserção Primeira Vagem (cm)	19,1 a	19,8 a	12,4
Diâmetro do caule (cm)	5,9 a	6,0 a	6,6
Acamamento	1,6 a	1,5 a	15,6
	300 kg N ha ⁻¹ na pastagem		
Densidade inicial (mil plantas ha ⁻¹)	464 a	456 a	7,3
Altura de Plantas (cm)	110,2 a	112,0 a	5,4
Altura da Inserção Primeira Vagem (cm)	17,7 a	18,2 a	15,7
Diâmetro do caule (cm)	6,0 a	6,1 a	7,5
Acamamento	1,7 a	1,7 a	22,1

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste F.

Não houve efeito da adubação nitrogenada na soja para a produtividade de grãos em todos os experimentos avaliados (Tabela 4.4). Esses resultados comprovam que a correta inoculação da soja com bactérias fixadoras de N, juntamente com o N do solo, proporcionam adequada nutrição de N para as plantas, sem a necessidade da aplicação desse nutriente via adubação mineral (HUNGRIA *et al.*, 2006; FRANCHINI *et al.*, 2015; WERNER *et al.*, 2016). Balbinot

Junior *et al.* (2016) não observaram aumento na produtividade de grãos em soja cultivada após dois anos de pastagem de *Urochloa brizantha*, submetidas a diferentes doses (20 e 45 kg de N ha⁻¹) e épocas de aplicação (semeadura, no início do florescimento e no início do enchimento dos grãos) de N em soja, em solo arenoso com alta quantidade de palha de *U. brizantha*. Por outro lado, Pereira *et al.* (2018) observaram que a aplicação de 10 kg ha⁻¹ de N mineral aplicados nos estádios V2 e R1 da soja via foliar proporcionaram aumentos da produtividade de grãos de soja.

Tabela 4.4 – Número de vagens m⁻², número de grãos por vagem, massa de mil grãos (g), produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e teores de óleo e proteína (%) da soja, em função de dois níveis de adubação nitrogenada, nos experimentos com 0, 150 e 300 kg N ha⁻¹ na pastagem de braquiária (médias de cinco intervalos entre a dessecação da pastagem (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) e a semeadura da soja). Londrina, PR, safra 2017/18.

Variáveis	Nitrogênio		CV (%)
	0 kg N ha ⁻¹	30 kg N ha ⁻¹	
	0 kg N ha ⁻¹ na pastagem		
Número de vagens m ⁻²	1253 a ¹	1312 a	12,4
Número de grãos por vagem	2,40 a	2,43 a	5,1
Massa de mil grãos (g)	165 a	162 a	6,0
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	5043 a	4782 a	10,0
Óleo (%)	23,3 a	23,5 a	3,2
Proteína (%)	33,6 a	33,6 a	2,6
	150 kg N ha ⁻¹ na pastagem		
Número de vagens m ⁻²	1252 a	1243 a	16,6
Número de grãos por vagem	2,35 a	2,38 a	7,5
Massa de mil grãos (g)	165 a	161 a	7,4
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	4862 a	4728 a	6,5
Óleo (%)	23,1 a	23,1 a	3,5
Proteína (%)	33,8 a	33,6 a	3,5
	300 kg N ha ⁻¹ na pastagem		
Número de vagens m ⁻²	1202 a	1206 a	15,1
Número de grãos por vagem	2,44 a	2,39 a	9,4
Massa de mil grãos (g)	165 a	167 a	8,9
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	4767 a	4680 a	5,8
Óleo (%)	23,4 a	23,3 a	2,9
Proteína (%)	33,6 a	33,9 a	2,7

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste F.

Ferreira *et al.* (2016) observaram que a aplicação de 45 kg N·ha⁻¹ na soja não proporcionou aumentos no número de vagens por planta, no número de grãos por vagem e na massa de mil grãos. Segundo os mesmos autores, o número de grãos por vagem é uma variável pouco influenciada pelo ambiente. Werner *et al.* (2016) não constataram aumento da altura de plantas ou da inserção da primeira vagem com a aplicação de 45 kg N·ha⁻¹ na soja. A adição mineral com N na soja não promoveu aumento das concentrações de proteína e óleo nos grãos de soja (Tabela 4.4). Wilson *et al.* (2014) não relataram efeitos de 560 kg ha⁻¹ de N nas concentrações de óleo e proteína em grãos de 57 cultivares de soja. Ferreira *et al.* (2016) não observaram ganhos nos teores de óleo e proteína aplicando 45 kg ha⁻¹ de N no estágio V2 em grãos de soja. Os teores de óleo mantiveram valores em torno de 23% e os teores de proteína apresentaram valores em torno de 33-34%. Demonstrando que em condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento das plantas os teores de proteína e óleo são pouco afetados pelos tratamentos (SULTAN; DIKSHIT; VAIDYA, 2015). Vale ressaltar que em todos os experimentos os grãos de soja apresentaram baixo teor de proteína, sempre inferior a 35%. Observou-se que nas últimas décadas houve decréscimo nos teores de proteína nos grãos de soja, reduzindo dessa forma a qualidade dos produtos à base de soja (MAHMOUD *et al.*, 2006).

Outro fator a ser observado é a inexistência de interação significativa entre os fatores estudados (adubação nitrogenada na soja e épocas de dessecação da pastagem), indicando que a adição de N mineral na soja não proporcionou vantagens agrônômicas em todas as situações estudadas, mesmo em condições em que a imobilização de N pelos microrganismos do solo possui tendência a ser maior, como em situações em que a pastagem apresenta alta biomassa vegetal e com dessecação próxima à semeadura da soja (FRANCHINI *et al.*, 2015).

A redução entre o período entre a dessecação da pastagem e a semeadura da soja pode possibilitar ganhos significativos na produção animal, além da dessecação complementar de plantas daninhas se tornar uma prática dispensável (FRANCHINI *et al.*, 2015). Com os resultados obtidos nesta pesquisa é possível afirmar que a adubação nitrogenada mineral foi dispensável, considerando-se o cultivo da soja em sistema ILP, mesmo em condições de aplicação ou não de N mineral na pastagem de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã e ainda assim conseguiu atingir elevada produtividade de grãos em todas as condições avaliadas (cerca de

4.700 kg ha⁻¹). Dessa forma, é indicado que a inoculação das sementes de soja seja realizada da forma estipulada pela pesquisa e não em relação à aplicação de N mineral na cultura da soja, mesmo em sistema ILP, proporcionando desta maneira benefícios econômicos e ambientais.

4.6 CONCLUSÕES

O intervalo entre a dessecação de pastagem de *Urochloa brizantha* e a semeadura da soja (de 1 a 60 dias) não influencia a produtividade da soja, os componentes do rendimento e os teores de óleo e proteína nos grãos, independentemente da aplicação de nitrogênio na soja e na pastagem.

A adubação nitrogenada na cultura da soja, com 30 kg N ha⁻¹, não influencia a produtividade e os componentes de rendimento e os teores de óleo e proteína dos grãos, independentemente da época de dessecação e da adubação nitrogenada na pastagem.

4.7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements** **FAO irrigation and drainage**. Relatório Técnico, FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations, 1998.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A.M.; SILVA, V. P.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; PAULO ROBERTO GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p. 1-12, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 2975-2984, 2015.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Altura de manejo da pastagem, época de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e adubação nitrogenada na

cultura da soja em sistema integração lavoura-pecuária. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.2, p.124-133, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WERNER, F.; FERREIRA, A. S. Nitrogênio mineral na soja integrada com a pecuária em solo arenoso. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v.10, n.2, p.107 - 113, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdã, v. 110, n. 3, p.219-224, 2009.

CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. A.; ROSOLEM, C. A. Nitrogen budget in a soil-plant system after brachiaria grass desiccation. **Soil Science and Plant Nutrition**, Londres, v. 60, n. 2, p. 162-172, 2014.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012.

EMBRAPA. **Sistemas de produção 16**: Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013, 265p.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p.415-421, 2001.

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

FERREIRA G. A.; OLIVEIRA, P. S. R.; ALVES, S. J.; COSTA, A. C. T. Soybean productivity under different grazing heights of *Brachiaria ruziziensis* in an integrated crop-livestock system. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 755-763, 2015.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components, and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, Campinas, v.75, n.3, p. 362-370, 2016.

FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 999-1005, 2014.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M.; TEIXEIRA FILHO, M.; LOPES, K. S. M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v.73, n.2, p.143-152, 2014.

GARRETT, R.D.; NILES, M. T.; GIL, J. D. B.; GAUDIN, A.; CHAPLIN-KRAMER, R.; ASSMANN, A.; ASSMANN, T. S.; BREWER, K.; CARVALHO, P. C. F.; CORTNER, O.; DYNES, R.; GARBACH, K.; KEBREAB, E.; MUELLER, N.; PETERSON, C.; REIS, J.C.; SNOW, V.; VALENTIM, J. Social and ecological analysis of commercial integrated crop livestock systems: Current knowledge and remaining uncertainty. **Agricultural Systems**, v. 155, p. 136–146, 2017.

HEIL, C. **Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR Spectroscopy**. Madison: Thermo Fisher Scientific, 2010. 3 p. (Application note: 51954). Disponível em: <<https://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/CMD/CMD%20Documents/Application%20&%20Technical%20Notes/AN-51954-Rapid-Multi-Component-Analysis-Soybeans-AN51954-EN.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.

MAHMOUD, A.A.; NATARAJAN, S.S.; BENNETT, J.O.; MAWHINNEY, T.P.; WIEBOLD, W.J.; KRISHNAN, H.B. Effect of six decades of selective breeding on soybean protein composition and quality: a biochemical and molecular analysis.

Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, D.C., v. 54, n. 11, p. 3916–3922, 2006.

MONQUERO, P. A.; MILAN, B.; SILVA, P. V.; HIRATA, A. C. S. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, p. 28, n. 3, p. 561-573, 2010.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; SCHROTH, G.; MANDARINO, J. M. G. Effect of nitrogen, row spacing, and plant density on yield, yield components, and plant physiology in soybean-wheat intercropping. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 6, p. 2162-2170, 2015.

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, 2012.

PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; PIVETTA, R. S.; SOUZA, L. G. M.; BOSSOLANI, J. W. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 249-255, 2015.

PEREIRA, C. S.; TRENTIN FILHO, M. G.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA, H. D.; ROCHA, J. R.; LANGE, A. Formas e estádios de aplicação de adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da soja. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n.4, p. 99-112, 2018.

RICCE, W. 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, 2011.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T.J . F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 590 p.

SULTAN, S. M.; DIKSHIT, M.; VAIDYA. U.J. Oil content and fatty acid composition of soybean (*Glycine max L.*) genotypes evaluated under rainfed conditions of Kashmir Himalayas in India. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 7, n. 2, p. 910-915, 2015.

THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955 104p.(Publications in Climatology, vol III, n.1).

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; FERREIRA, A. S.; AGUIAR E SILVA, M.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n. 8, p. 734-738, 2016.

WILSON, E. W.; ROWNTREE, S. C.; SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; CONLEY, S. P.; DAVIS, V. M.; DIERS, B. W.; ESKER, P. D.; NAEVE, S. L.; SPECHT, J. E; CASTEEL, S. N. Genetic gain x management interactions in soybean: II. Nitrogen utilization. **Crop Science**, Madison, v.54, n.1, p. 340-348, 2014.

WOLI, K. P.; RAKSHIT, S.; LUNDVALL, J. P.; SAWYER, J. E.; BARKER, D. W. Liquid Swine Manure Application to Soybean and Residual-Year Nitrogen Supply to Corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.77, p. 1684–1695, 2013.

5. ARTIGO C

DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES DA PALHA DE PASTAGEM DE BRAQUIÁRIA PARA A SOJA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

DECOMPOSITION AND RELEASE OF MACRONUTRIENTS FROM STRAW OF PALISADEGRASS PASTURE TO SOYBEAN IN A CROP-LIVESTOCK SYSTEM

5.1 RESUMO

Os resíduos vegetais que permanecem no solo em sistema plantio direto constituem importante reserva de nutrientes para a cultura em sucessão. O objetivo do trabalho foi avaliar a taxa de decomposição e liberação de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) de palha de pastagem de *Urochloa brizantha* cv BRS Piatã, cultivada em três doses de nitrogênio e submetida a duas épocas de dessecação em relação à semeadura da soja. O trabalho foi conduzido em Londrina, Paraná, entre março de 2016 e março de 2018. Foram avaliadas três doses de N na pastagem de *U. brizantha* cv. BRS Piatã (0; 150 e 300 kg N ha⁻¹), constituindo três experimentos distintos. Em cada experimento foram avaliadas duas épocas de dessecação da pastagem (60 e 15 dias antes da semeadura da soja), com quatro repetições. A adubação nitrogenada na pastagem de *U. brizantha* aumenta a ciclagem de N e K e a liberação desses nutrientes à soja em sucessão. A quantidade de K liberada pela palha de *U. brizantha* adubada com 150 ou 300 kg N ha⁻¹ é suficiente para produção de até 4 toneladas de grãos ha⁻¹, considerando ausência de perdas no sistema. A dessecação antecipada de pastagem de *U. brizantha* não favorece o aproveitamento de K pela oleaginosa, pois 50% do nutriente é liberado nos 20 primeiros dias após a dessecação. A dinâmica de liberação de P pela palha de *U. brizantha* não é influenciada pela adubação nitrogenada e época de dessecação. Os teores de cálcio e enxofre na palha de pastagem de *U. brizantha* não variam com o tempo de decomposição, enquanto os teores de magnésio reduzem, independentemente da adubação nitrogenada e da época de dessecação. A quantidade de cálcio liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, foi de, aproximadamente, 15

kg ha⁻¹, independentemente da adubação nitrogenada e da época de dessecação. A quantidade de magnésio liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, variou de 10 a 15 kg ha⁻¹, com tendência de haver maior quantidade liberada na presença de adubação nitrogenada na pastagem. A quantidade de enxofre liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, variou de 4 a 6 kg ha⁻¹, com tendência de haver menor quantidade liberada na presença de adubação nitrogenada na pastagem, independentemente da época de dessecação.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, épocas de dessecação, resíduo vegetal, *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã.

5.2 ABSTRACT

Plant residues that remain in the soil in a crop-livestock integration system constitute an important nutrient reserve for the crop in succession. The aim of this work was to evaluate the effect of nitrogen fertilization and two desiccation times of *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã pasture on straw decomposition and release of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulfur (S) to the soil. The work was conducted in Londrina, Paraná, between march 2016 and march 2018. Three doses of n in the pasture of *U. brizantha* cv. BRS Piatã (0, 150 and 300 kg N ha⁻¹), constituting three distinct experiments. In each experiment, two pasture desiccation times (60 and 15 days before soybean sowing) were evaluated, with four replications. Nitrogen fertilization on *U. brizantha* pasture increases N and K cycling and release of these nutrients to soybean in succession. The amount of K released by *U. brizantha* straw fertilized with 150 or 300 kg N ha⁻¹ is sufficient to produce up to 4 tons of grains ha⁻¹, considering no losses in the system. Early desiccation of *U. brizantha* pasture does not favor the use of K by oilseed, since 50% of the nutrient is released in the first 20 days after desiccation. P release dynamics by *U. brizantha* straw is not influenced by nitrogen fertilization and desiccation times. Calcium and sulfur contents in *U. brizantha* pasture straw do not vary with the decomposition time, while magnesium contents decrease, regardless of nitrogen fertilization and desiccation times. The amount of calcium released by *U. brizantha* pasture straw by the end of the soybean cycle in succession was approximately 15 kg ha⁻¹, regardless of nitrogen fertilization and desiccation times. The amount of magnesium released by *U. brizantha* pasture straw until the end of the soybean cycle in succession ranged from 10 to 15 kg ha⁻¹, with a tendency for greater amount released in the presence of nitrogen fertilization on pasture. The amount of sulfur released by *U. brizantha* pasture straw until the end of the soybean cycle in succession, ranged from 4 to 6 kg ha⁻¹, with a tendency to have less amount

released in the presence of nitrogen fertilization in the pasture, regardless from the desiccation times.

Key words: nitrogen fertilization, desiccation times, plant residue, *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã.

5.3 INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda por insumos modernos para manter o alto rendimento das pastagens e das lavouras, o Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) manejado em Sistema Plantio Direto (SPD) pode ser usado para aumentar a eficiência de utilização desses recursos (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009; STARK *et al.*, 2018). Deste modo, o ILP se torna uma opção adequada para aumentar a rentabilidade e a sustentabilidade da produção de soja nas regiões tropical e subtropical do Brasil (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009; FRANCHINI *et al.*, 2014).

No Brasil, a utilização de forrageiras tropicais integrada à produção de soja difundiu-se nas regiões com clima quente (NEPOMUCENO *et al.*, 2012). A inserção de forrageiras permite a melhoria da qualidade do solo e a produção de palha para a instalação de culturas em sucessão em SPD, além de fornecer alimento de alta qualidade aos animais (FRANCHINI *et al.*, 2014;2015). Entre as espécies forrageiras utilizadas na ILP, destacam-se as do gênero *Brachiaria* (Syn *Urochloa*), devido à alta produção de biomassa radicular e aérea, mesmo em ambientes restritivos, como, por exemplo, baixa disponibilidade de água e nutrientes. Espécies desse gênero apresentam alta capacidade de absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo, aumentando a ciclagem desses elementos (TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008; ECHER *et al.*, 2012).

Um dos nutrientes demandados em maiores quantidades pelas gramíneas forrageiras é o nitrogênio, participando de diversos processos metabólicos por ser um elemento estrutural, resultando em aumento do rendimento da matéria seca dessas espécies, sendo o principal nutriente para a manutenção da sua produtividade (DUPAS *et al.*, 2016). Ao ser aplicado, o N é incorporado pelas plantas e agregado às cadeias de carbono ocasionando incremento dos componentes celulares e, portanto, permitindo maior vigor do rebrote e produtividade de matéria seca das plantas, o que pode aumentar a absorção de outros nutrientes, como o P e o K (GALINDO *et al.*, 2017). Por sua vez, os nutrientes liberados pela

palha em decomposição ajudam a suprir as necessidades nutricionais da soja cultivada na sequência (CAVALLI *et al.*, 2018). No entanto, o efeito positivo da adição de N sobre os teores de Ca, Mg e S na biomassa das plantas forrageiras e posterior liberação para a soja em sucessão ainda precisa ser melhor elucidado.

O período de permanência dos restos culturais sobre o solo em SPD e a dinâmica de liberação dos nutrientes são requisitos essenciais para o sucesso de todo o sistema, visando a preservação e a cobertura do solo durante toda a safra (CALONEGO *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2014). O correto manejo das plantas de cobertura com produtos químicos pode proporcionar maior disponibilização dos nutrientes devido à decomposição subsequente e maior persistência de palha na superfície do solo (NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Desse modo, a escolha da época de dessecação antes da semeadura da soja constitui uma prática de manejo cultural importante, pois pode influenciar na liberação de nutrientes pela palha, sendo mais proveitoso para a soja que o pico da absorção de nutrientes equivalesse ao máximo da liberação dos nutrientes, visando o maior aproveitamento destes (MONQUERO *et al.*, 2010).

O uso de intervalos entre a dessecação e a semeadura da soja que sincronize a liberação de nutrientes pela palha com os momentos de maior absorção pela cultura é importante para maximizar a eficiência de uso dos mesmos (COSTA *et al.*, 2016). É provável que a adubação nitrogenada na pastagem de *U. brizantha* aumente a ciclagem dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e a velocidade de decomposição da palha residual e a velocidade de liberação desses macronutrientes à soja em sucessão, podendo alterar a indicação de adubação na oleaginosa.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a taxa de decomposição e liberação de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) de palha de pastagem de *Urochloa brizantha* cv BRS Piatã, cultivada em três doses de nitrogênio e submetida a duas épocas de dessecação em relação à semeadura da soja.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

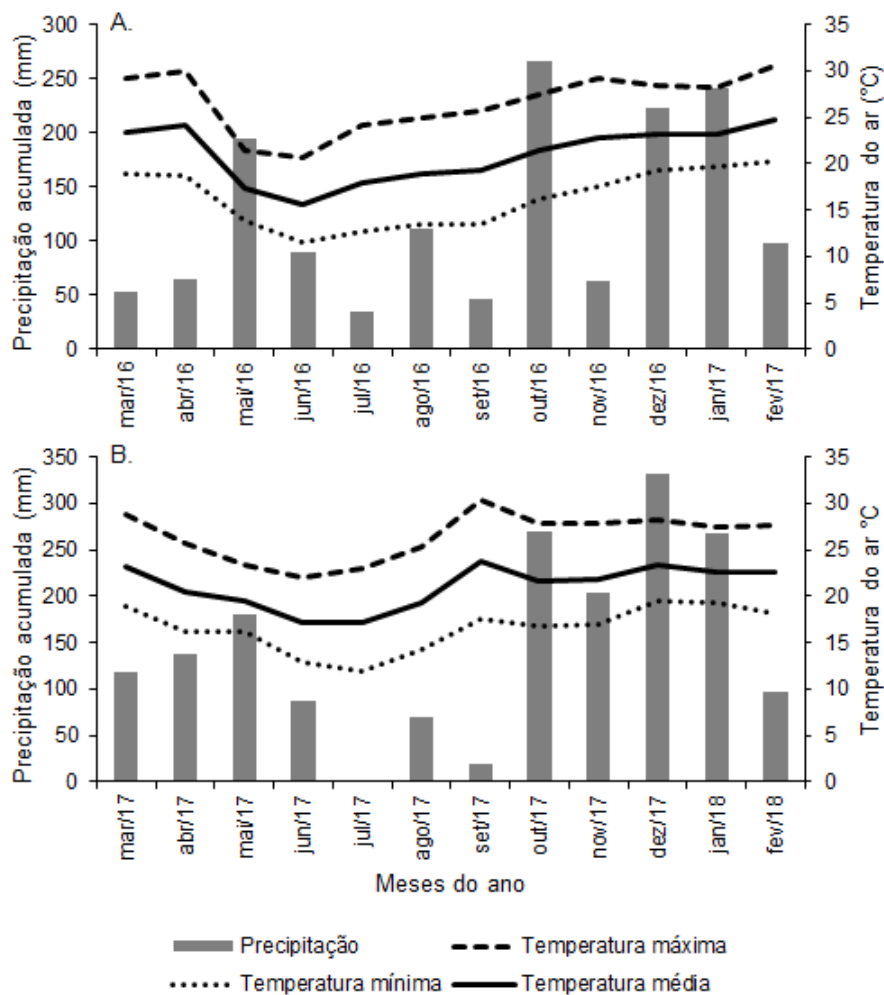
O trabalho foi realizado entre março de 2016 e março de 2018, em Londrina, PR (23°11' S, 51°11'W e altitude de 620 m). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (SANTOS *et al.*, 2018), com textura

muito argilosa, que vinha sendo manejado em SPD há quinze anos, com o cultivo de soja no verão e trigo ou aveia preta no inverno.

Em março de 2016, a *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã foi implantada com linhas espaçadas em 20 cm, em consórcio com a cultura do milho segunda safra, com densidade de 5 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis. No momento da instalação da pastagem, o solo apresentava os seguintes atributos na camada de 0 a 20 cm: 27,9 g dm⁻³ de C orgânico; pH (CaCl₂) de 4,8; 15,5 mg dm⁻³ de P (Mehlich⁻¹); 0,53 cmol_c dm⁻³ de K trocável; 3,2 cmol_c dm⁻³ de Ca trocável; 1,4 cmol_c dm⁻³ de Mg trocável; 15,3 mg dm⁻³ de S e 49% de saturação por bases.

A área experimental foi dividida em três piquetes, com aproximadamente 1,2 ha. Cada piquete recebeu uma dose de N (0; 150 e 300 kg ha⁻¹ ano), na forma de ureia (45% de N). O fertilizante nitrogenado foi aplicado a lanço, metade da dose em setembro e outra metade em novembro de 2016. No período de outubro de 2016 até julho de 2017 foi realizado pastejo uniforme e contínuo na área por bovinos machos com 350 a 550 kg de peso vivo, mantendo a pastagem com 30 cm de altura. A lotação média no piquete sem N foi de 2 U.A. ha⁻¹ e no piquete com adubação nitrogenada foi de 4 U.A. ha⁻¹. Após o período de pastejo, a área foi mantida sem animais até agosto do mesmo ano, quando, em cada piquete, foram avaliadas duas épocas de dessecação da pastagem: 60 e 15 dias antes da semeadura da soja (DAS), com quatro repetições. A dessecação foi realizada com glifosato, na dose de 1.500 g e.a. ha⁻¹, aplicado com pulverizador tratorizado, equipado com pontas de pulverização tipo leque, com volume de calda de 200 L ha⁻¹. As condições atmosféricas e de umidade no solo foram adequadas ao funcionamento do herbicida para as duas épocas de dessecação. Os dados meteorológicos foram obtidos na estação agrometeorológica da Embrapa Soja que está distante 700 m da área experimental e estão apresentados na Figura 5.1.

Figura 5.1 – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas médias das máximas, médias e mínimas (°C) durante a condução da pesquisa em 2016 (A) e 2017 (B). Londrina, PR.



Na dessecação aos 60 DAS foram realizadas sete coletas de palha (1m² por parcela): 13, 41, 68, 90, 111, 139 e 177 dias após dessecação (DAD) e na dessecação aos 15 DAS foram efetuadas seis coletas: 0, 21, 43, 64, 91 e 129 DAD. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa com

circulação forçada de ar a 60 °C, até atingir massa constante, quando foram pesadas.

Para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg e S as amostras foram digeridas em Forno de Micro-ondas Marca CEM, Modelo Mars Xpress, utilizando-se 6 mL de solução aquosa de ácido nítrico (HNO₃) 1:1, e 2 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 130V. Foram utilizados 0,25g de tecido vegetal e o volume foi aferido para 30 mL (diluição de 120x) e a digestão foi realizada em micro-ondas, sob potência de 1600 w, e resfriamento por 20 minutos, até temperatura ambiente. Para a análise do P e K foi utilizado o equipamento analítico com espectrômetro de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), marca PerkinElmer, modelo Optima 8300 (Dual View). Este equipamento realiza a leituras das amostras simultaneamente para todos os analitos, e permite ambas as configurações para detecção do sinal (axial e radial). A determinação do N nas amostras foi realizada através do método de Kjeldahl com digestão sulfúrica em banho seco à 350°C durante aproximadamente quatro a cinco horas em presença de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado e peróxido de hidrogênio (H₂O₂); as amostras foram analisadas em sistema automático de destilação-titulação Autokjeldahl Unit K-370/371.

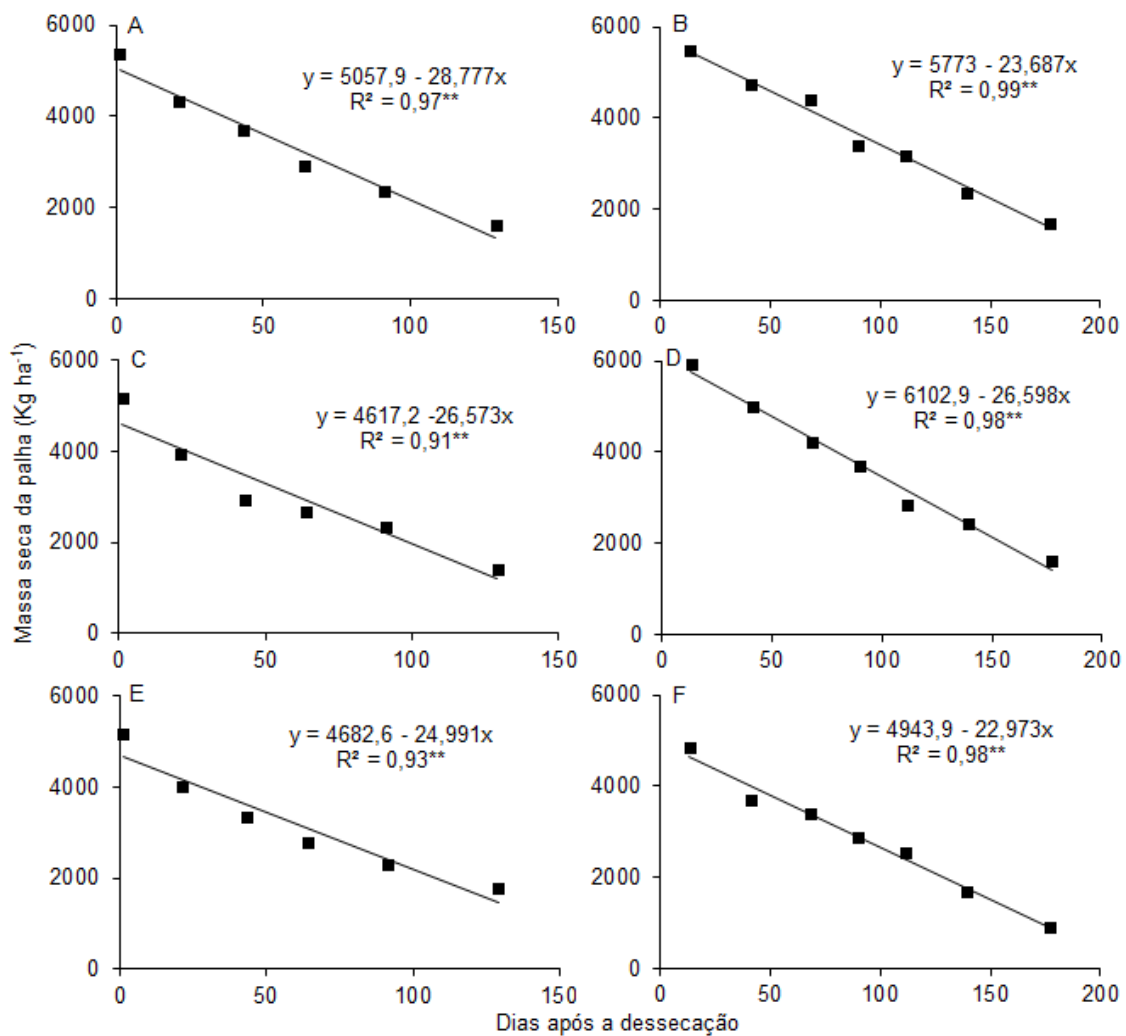
A quantidade de macronutrientes acumulada na palha foi determinada pelo produto da quantidade de massa seca e os teores de nutrientes do resíduo vegetal. A partir da obtenção desses valores a liberação de nutrientes para o solo foi calculada. Utilizando-se a derivada primeira às equações ajustadas aos dados de liberação acumulada dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), foram calculadas as taxas diárias de liberação dos nutrientes após o manejo da fitomassa (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003). Foi realizada análise de regressão polinomial para tempo após a dessecação, com auxílio do programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2011).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas duas situações de adubação nitrogenada, a quantidade de palha da pastagem foi de 5 t ha⁻¹ no momento das dessecações (Figura 5.2). De fato, a utilização de pastagens perenes, como a braquiária, fornece significativa quantidade de biomassa, com alta persistência após a dessecação

(PACHECO *et al.*, 2008). Franchini *et al.* (2014) observaram em três alturas de manutenção da pastagem de *Urochloa ruziziensis*: 15; 35 e 50 cm, pastejadas de forma contínua por seis meses, massa seca de 4,1; 6,8 e 10,7 t ha⁻¹, respectivamente.

Figura 5.2 – Massa seca da palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

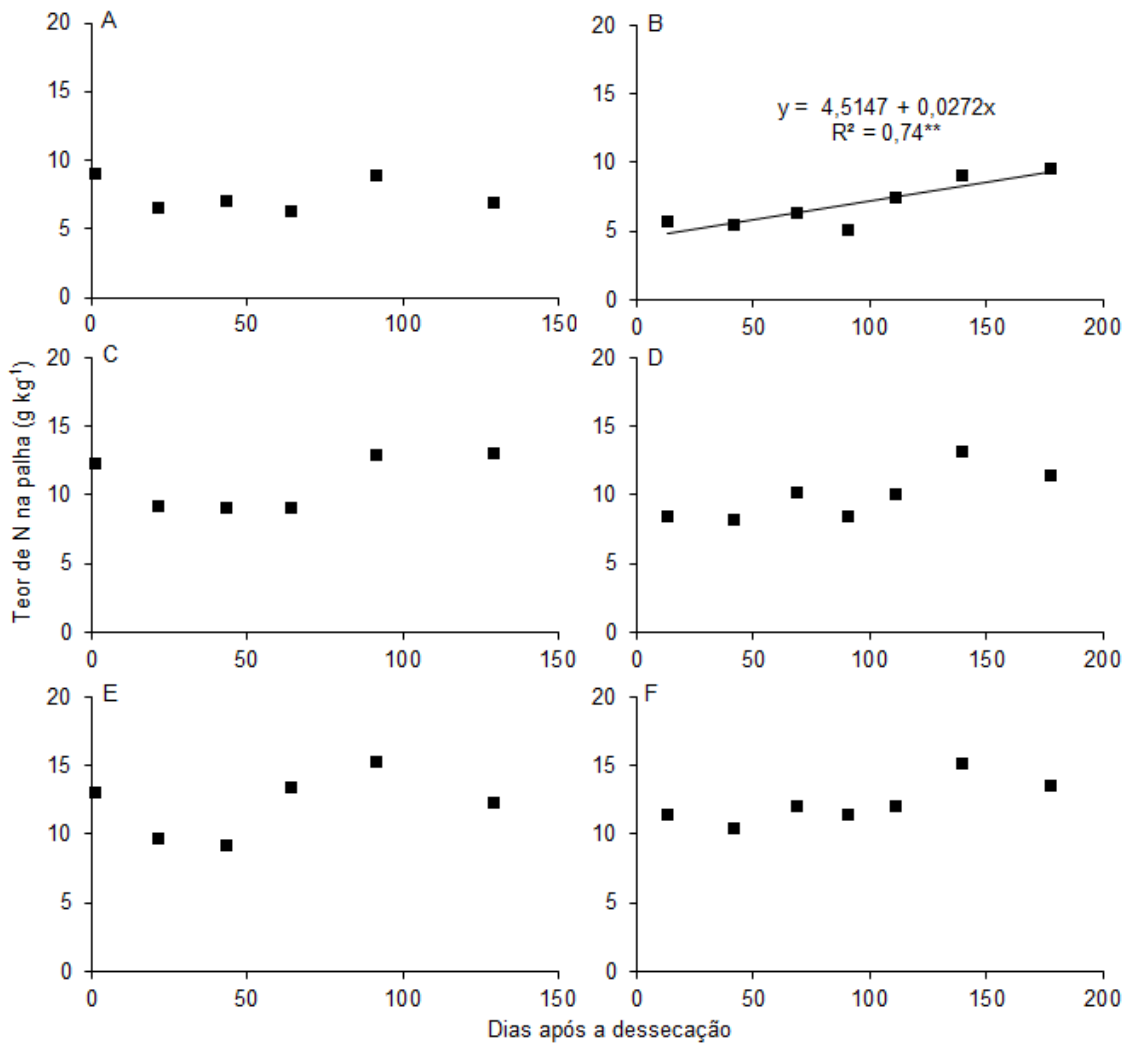
O processo de decomposição da palha apresentou um padrão semelhante nas três doses de N, variando de 23 a 29 kg ha⁻¹ de palha decomposta por dia, apresentando no final do ciclo da soja em torno de 2 t ha⁻¹. Isso demonstra que a *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã fornece palha com alta persistência na área. Enfatiza-se que a taxa de decomposição do resíduo é influenciada pela precipitação e pela temperatura ambiente. Deste modo, uma alta variabilidade de resultados podem ser obtidas em diferentes condições climáticas (CALONEGO *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2014). Costa *et al.* (2014) também observaram que espécies do gênero *Urochloa* apresentam elevada produtividade de palha em SPD, além de apresentar baixa taxa de decomposição.

Ressalta-se que as condições meteorológicas durante a condução dos experimentos foram adequadas para o crescimento da braquiária (Figura 5.1). Desta maneira a *U. brizantha* cv. BRS Piatã proporcionou adequada quantidade de palha para o Sistema Plantio Direto (SPD) e também demonstrou que a palhada fornecida torna-se importante para o desenvolvimento inicial da soja. A cultura utilizada como cobertura necessita possuir alta eficiência de produção de biomassa, seus restos vegetais devem apresentar persistência sobre a superfície do solo e, principalmente, capacidade de proporcionar adequada ciclagem de nutrientes (CRUSCIOL *et al.*, 2005).

Nas três doses de N e nas duas épocas de dessecação, o teor de N na palha da braquiária não variou significativamente durante o período de decomposição (Figura 5.3), exceto para o teor de N na pastagem dessecada aos 60 dias após a semeadura da soja e na ausência de N na pastagem, em que a concentração de N aumentou com a evolução do tempo de avaliação. Os teores de N na palha variaram expressivamente entre as doses de N na pastagem. Para a dessecação realizada 60 dias antes da semeadura da soja, os teores de N foram de 7,0; 10,0 e 12,3 g kg⁻¹ na pastagem sem N, com 150 e 300 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Para dessecação realizada 15 dias antes da semeadura da soja, os teores de N foram de 7,5; 10,9 e 12,2 g kg⁻¹ na pastagem sem N, com 150 e 300 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Costa *et al.* (2008) observaram em capim de *U. brizantha* cv. Xaraés que o acréscimo das doses de N promoveu aumento quadrático no teor de N na palha. Os teores de N observados foram similares aos verificados por Calonego *et al.* (2012), em que a *U. brizantha* apresentou um teor

inicial de N de $11,4 \text{ g kg}^{-1}$. Por sua vez, Cavalli *et al.* (2018), avaliando a *U. ruziziensis*, observaram um teor inicial de N de $12,3 \text{ g kg}^{-1}$.

Figura 5.3 – Teor de Nitrogênio (N) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha^{-1} (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

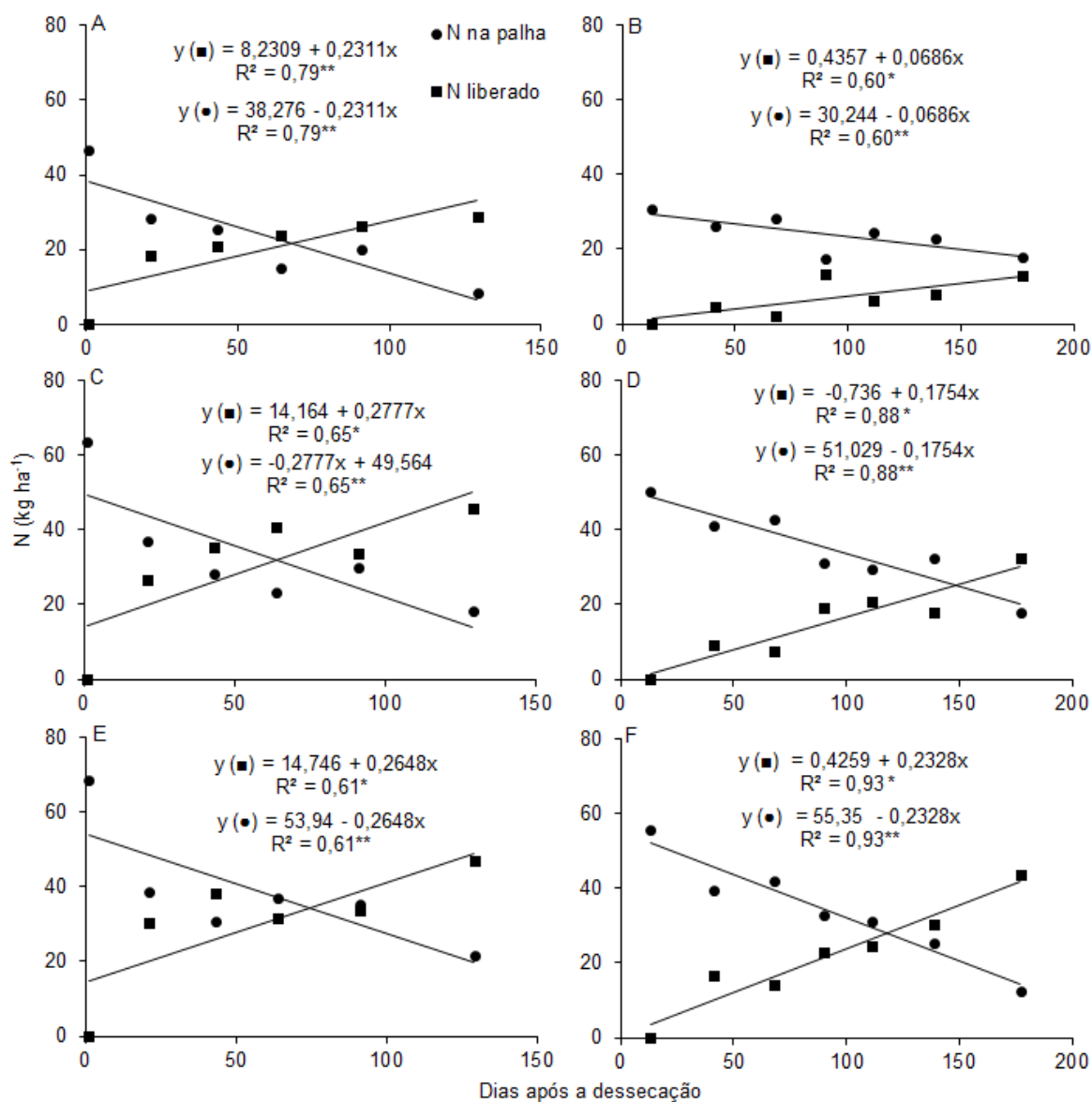
No começo do período avaliado, a quantidade de N presente na palha foi maior quando a pastagem foi adubada com N (Figura 5.4), em função do maior teor desse nutriente. Com base nos modelos ajustados, a quantidade de N presente na palha sem adubação nitrogenada, para as duas épocas de dessecação, foi de 30 a 40 kg ha⁻¹, enquanto na presença de adubação nitrogenada com 150 e 300 kg ha⁻¹ de N na pastagem foi de, aproximadamente, 50 kg ha⁻¹. A taxa diária de liberação de N da palha foi maior na presença de adubação nitrogenada na pastagem. Para a dessecação realizada 60 dias antes da semeadura da soja, a taxa diária de liberação de N variou de 0,07 kg ha⁻¹ na ausência de adubação nitrogenada e 0,23 kg ha⁻¹ na dose máxima de nitrogênio.

Na dessecação aos 15 dias antes da semeadura da soja, a taxa de liberação de N variou de 0,23 kg ha⁻¹ na ausência de N e 0,28 kg ha⁻¹ para a condição adubada com 150 kg N ha⁻¹. Ao final do período avaliado, com adubação nitrogenada, a palha liberou maior quantidade de N para a soja em relação à ausência de adubação. Esses resultados demonstram que em sistemas integrados é necessário um adequado programa de adubação das culturas, visto que a ausência de adubação na pastagem limita a ciclagem desse nutriente (Costa *et al.*, 2014).

É necessário salientar que, apesar da alta quantidade de palha fornecida pela pastagem, cerca de 5 t ha⁻¹ (Figura 5.2), a quantidade liberada de N para a soja em sucessão foi relativamente baixa, em função dos baixos teores do nutriente na palha. A taxa de liberação de N encontra-se diretamente relacionada à liberação do C, visto que o N remanescente segue o mesmo comportamento da biomassa que está presente o sistema (MENDONÇA *et al.*, 2015). Dessa forma, o manejo dos restos vegetais de plantas cultivadas com relação C/N maior que 25, usualmente apresentam forte imobilização temporária de N e velocidade de decomposição relativamente lenta (CALONEGO *et al.*, 2012). Crusciol *et al.* (2005) destacam que, uma vez que o N seja fixado em compostos orgânicos, fica à disposição da ciclagem no complexo planta-palha-solo formado nos agroecossistemas. Como consequência, a quantidade de N que regressa ao solo na forma de resíduos de plantas compõe importante parcela do N total absorvido pelas plantas em sucessão (Costa *et al.*, 2012).

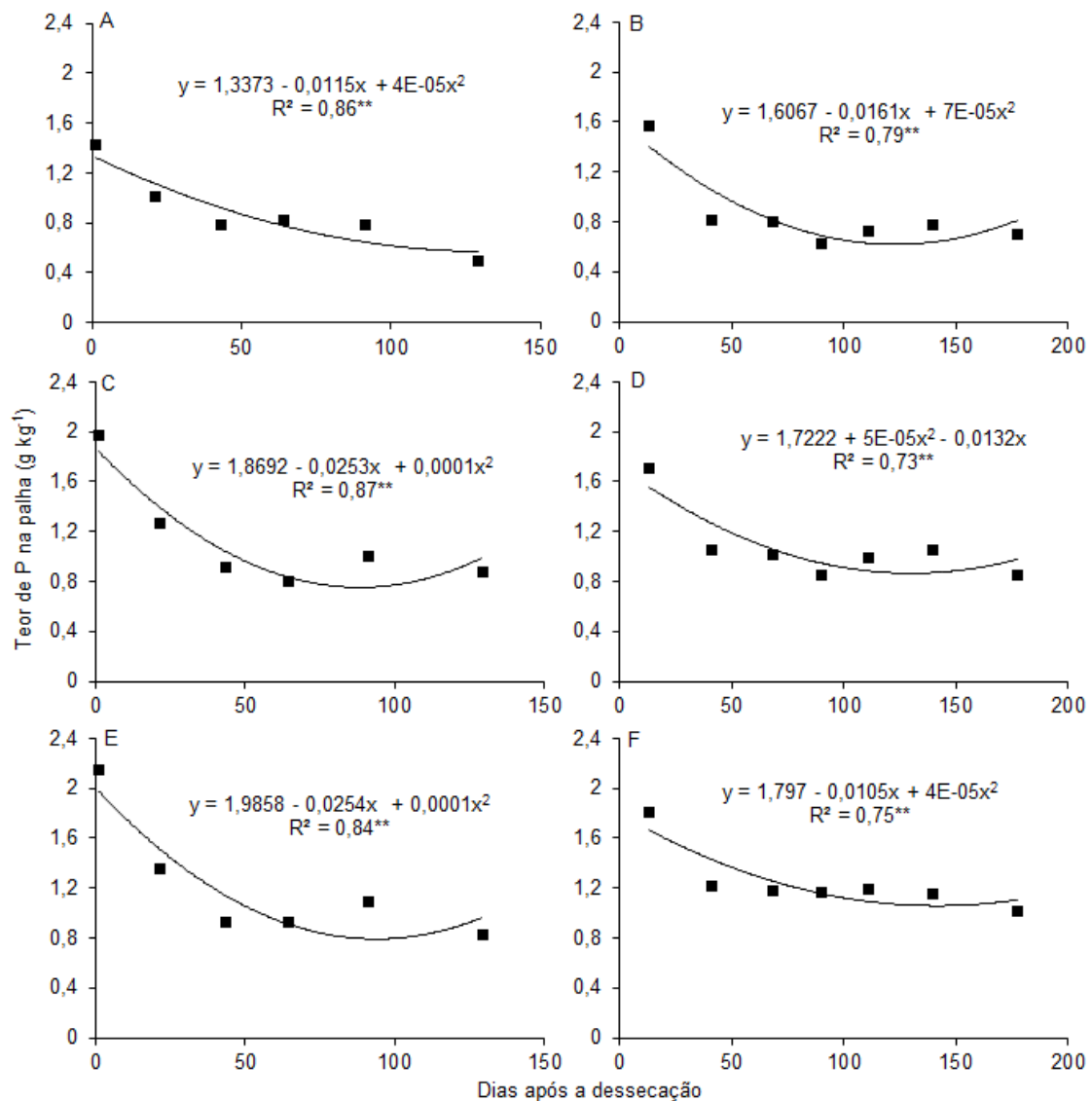
O tempo de liberação de 50% do N na palha – ponto de intersecção das curvas de quantidade presente na palha e liberada para o solo - variou de 65 a 150 dias após a dessecação da pastagem, não atingindo 50% de liberação no experimento sem adubação nitrogenada dessecado 60 dias antes da semeadura (Figura 5.4B). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos *et al.* (2014) em que a liberação de 50% do N oriundo de *U. ruziziensis* foi de 128 dias. Por outro lado, Cavalli *et al.* (2018) constataram que o tempo para a liberação de metade do N presente na palha de *U. ruziziensis* foi de 47 dias. A lenta liberação de N pela palha de pastagem de braquiária pode ser um fator positivo para a cultura subsequente, pois, deste modo, o nutriente pode ser melhor aproveitado pelas plantas durante o ciclo de desenvolvimento.

Figura 5.4 – Quantidade de nitrogênio na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

Figura 5.5 – Teor de Fósforo (P) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

Houve tendência de redução no teor de P na palha durante o período de decomposição (Figura 5.5). Os teores de P na palha foram semelhantes nas três doses de N e nas duas épocas de dessecação, apresentando comportamento quadrático, indicando que a adubação nitrogenada na pastagem de braquiária não influenciou os teores de P na palha remanescente. Primavesi *et al.* (2006) observaram que, para o capim-marandu, os teores de P não aumentaram com doses de N na forma de nitrato de amônio e diminuíram com as doses de N na forma de ureia. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa *et al.* (2014) que não observaram diferenças significativas para o acúmulo de P na palha de *U.*

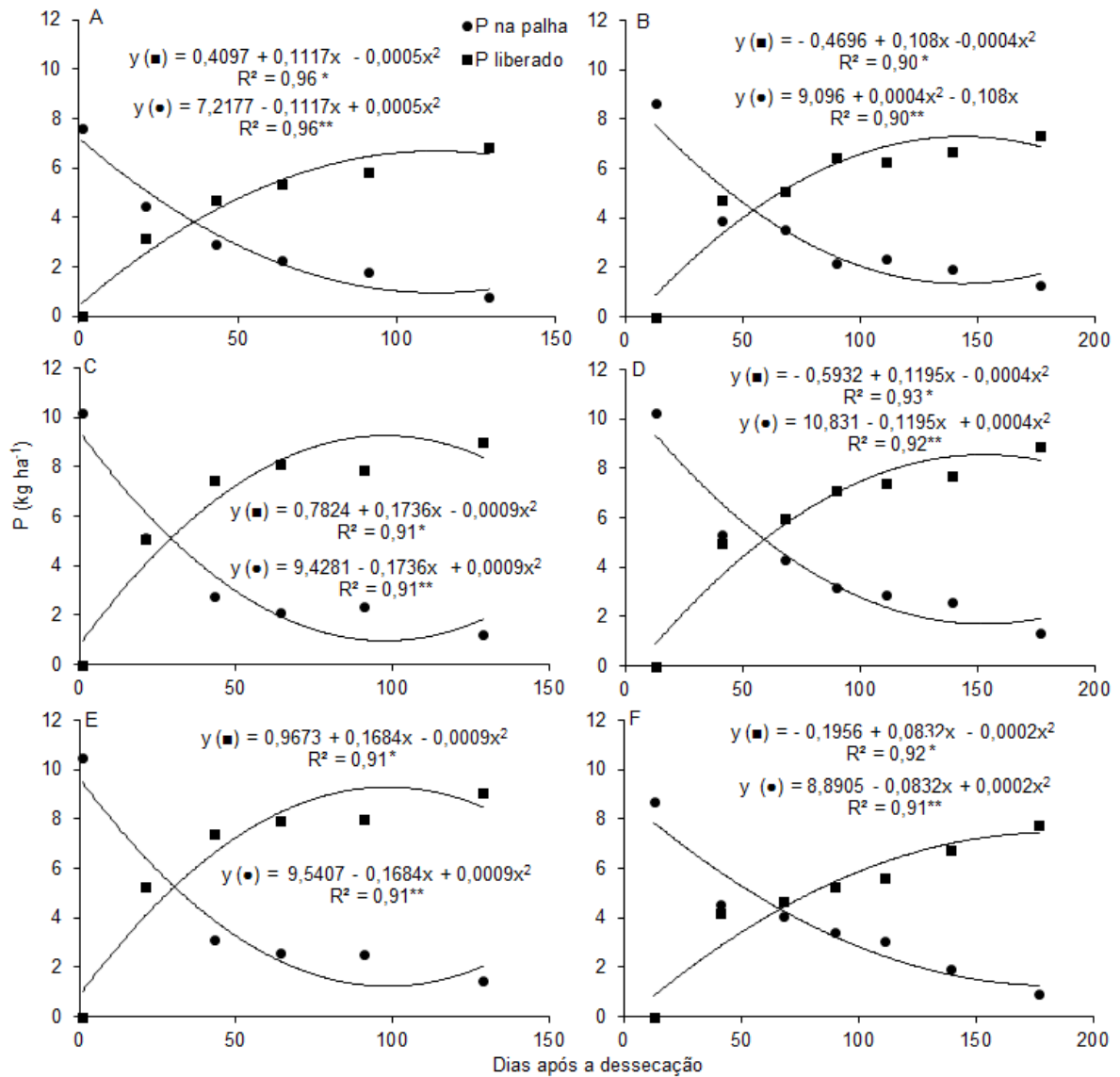
brizantha cv. Xaraés em cinco níveis de adubação nitrogenada (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N), corroborando os dados da presente pesquisa.

A dinâmica de liberação de P da palha de braquiária foi semelhante nas três doses de N na pastagem (Figura 5.6). A quantidade total liberada pela pastagem variou de 6 a 10 kg ha⁻¹ de P. Esses valores são baixos se comparados à demanda da cultura da soja em sucessão, que necessita exportar em torno de 10 kg de P para a produção de 1 tonelada de grãos (EMBRAPA, 2013). Portanto, a presente pesquisa indica que a *U. brizantha* cv. BRS Piatã não disponibiliza altas quantidades de P via palha residual. No entanto, é importante frisar que a quantidade de P ciclado via biomassa consumida pelos bovinos não foi avaliada. A seleção de espécies vegetais que contenham grande eficácia em acumular P na parte aérea das plantas e subsequente liberação para o solo através da mineralização dos compostos orgânicos consiste em uma estratégia relevante para incrementar a disponibilidade de P para as plantas, pois esse elemento no solo pode sofrer alterações através do processo de fixação e se transformar em formas não lábeis (COSTA *et al.*, 2012).

A quantidade potencial de P a ser liberada dos tecidos orgânicos, estão geralmente ligados estruturalmente a moléculas proteicas e em compostos responsáveis pelo transporte de energia, tornando-se disponível tanto para absorção das raízes da cultura em sucessão quanto para imobilização em constituintes minerais de complexa solubilidade (MENDONÇA *et al.*, 2015). Assim como constatado na presente pesquisa, Rossi *et al.* (2013) observaram que a quantidade de P remanescente nos resíduos vegetais apresentou uma fase inicial de liberação de P rápida seguida de outra mais lenta. Praticamente todo o P presente na palha foi liberado para a soja em sucessão, sendo que o tempo para a liberação de 50% do P presente na palha foi de 30 a 65 dias. Santos *et al.* (2014) observaram que a *U. ruziziensis* demorou 67 dias para liberar metade do P presente na palha.

Figura 5.6 – Quantidade de fósforo na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da

semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.

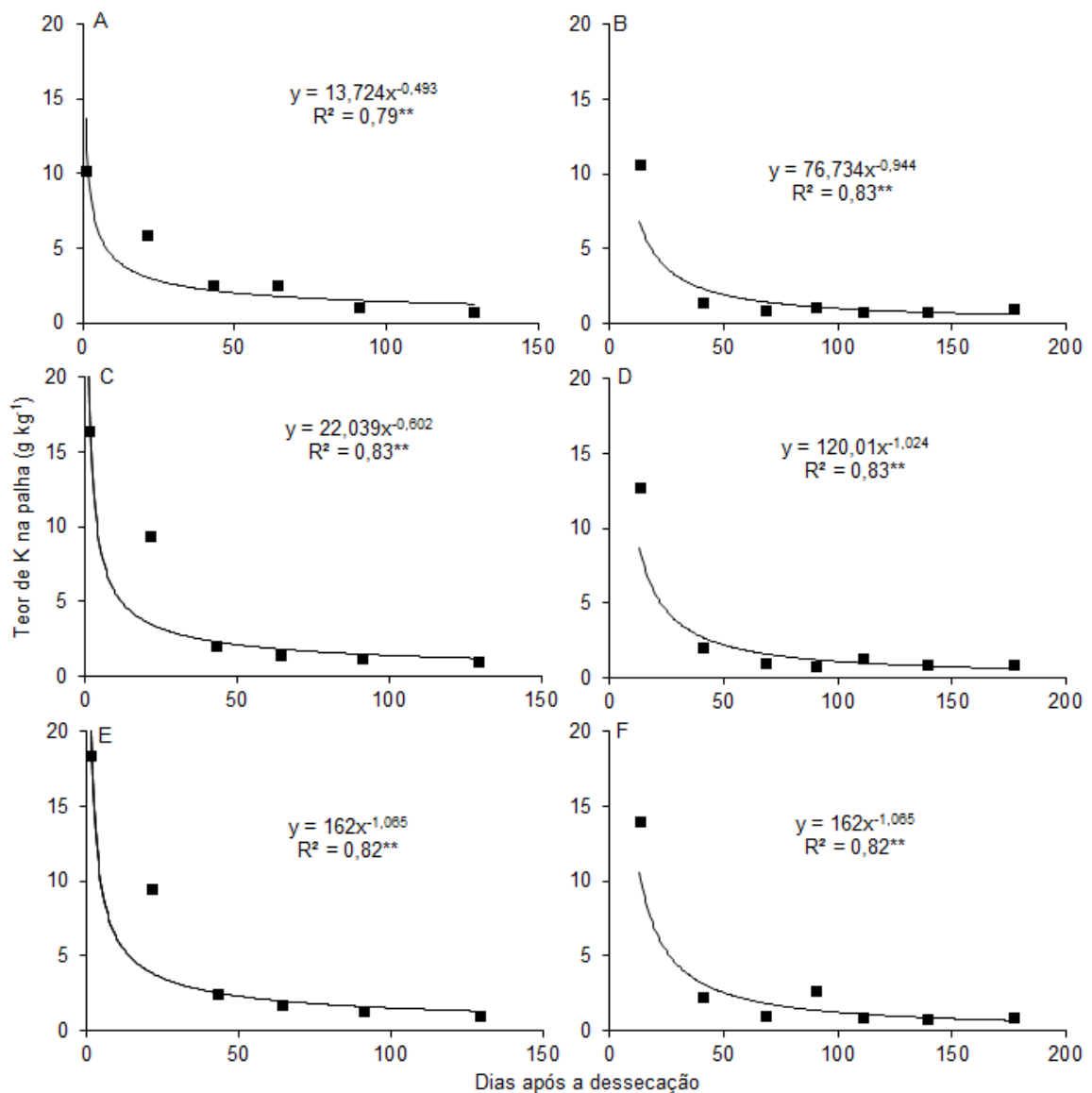


ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

Os teores de K na palha diminuíram rapidamente nos primeiros dias após a dessecação, nas três doses de N na pastagem e nas duas épocas de dessecação (Figura 5.7). O K é o cátion que apresenta maior quantidade no citoplasma das células vegetais e não apresenta função estrutural, formando ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade e, desta forma, possui fácil liberação do material vegetal remanescente (MENDONÇA *et al.*, 2015). Deste modo, logo após a dessecação dos capins, a concentração desse nutriente no tecido

diminuiu acentuadamente, pois após o rompimento das membranas plasmáticas é facilmente levado pela água das chuvas (CRUSCIOL *et al.*, 2008).

Figura 5.7 – Teor de Potássio (K) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

É relevante destacar que a adubação nitrogenada da pastagem proporcionou aumento dos teores de K na palha, indicando que a adição de N pode

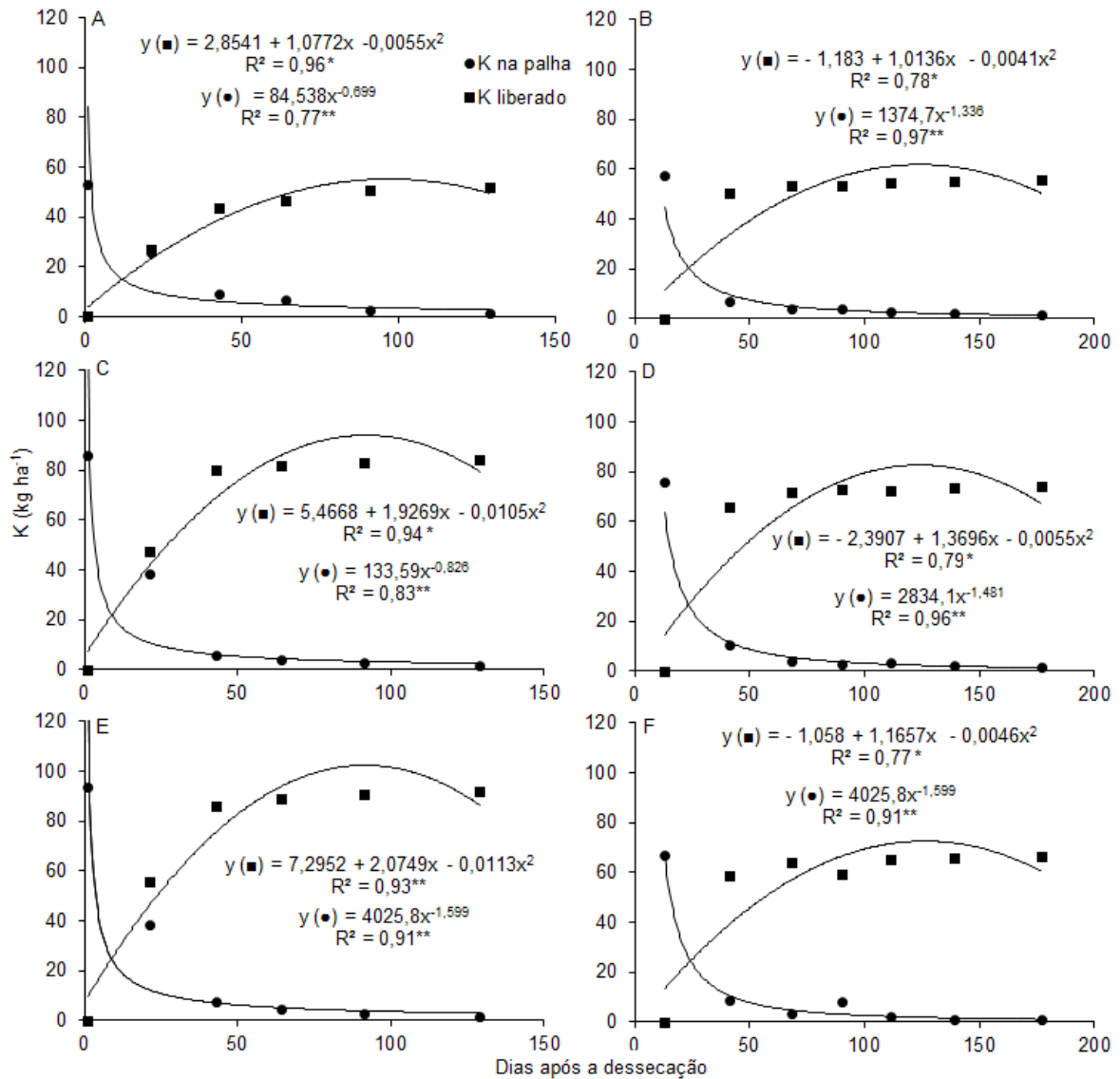
favorecer a ciclagem de K pela braquiária. Costa *et al.* (2008) corroboram esses dados em estudo com a *U. brizantha* cv. Xaraés, em que observaram tendência de aumento quadrático do teor de K na palha com o incremento das doses de N. Primavesi *et al.* (2006) também observaram aumento dos teores de K em pastagem de *U. brizantha* cv. Marandu com o aumento das doses de N.

A quantidade de K liberada pela palha da pastagem foi elevada, especialmente quando o capim recebeu adubação nitrogenada (Figura 5.8). Na dessecação realizada 60 dias antes da semeadura, a quantidade de K liberada pela palha oriunda da pastagem sem adição de N foi de 60 kg ha⁻¹ (Figura 5.8B), enquanto na pastagem adubada com 150 kg ha⁻¹ de N foi de 80 kg ha⁻¹ (Figuras 5.8C e D). A demanda desse nutriente pela cultura de soja é de, aproximadamente, 20 kg de K para cada tonelada de grãos (EMBRAPA, 2013). Portanto, para uma produção de 4 toneladas de grãos, a quantidade K liberada pela palha na presença de N seria suficiente para suprir a demanda da soja se não ocorressem perdas no sistema.

Na dessecação 15 dias antes da semeadura, a quantidade acumulada de K liberada pela palha da pastagem sem adubação nitrogenada foi de 60 kg ha⁻¹ (Figura 5.8A), enquanto na pastagem adubada com 300 kg ha⁻¹ N foi de 100 kg ha⁻¹ (Figura 5.8E). Esses resultados indicam, de forma notória, o potencial de que a adubação nitrogenada na pastagem tem para impulsionar a maior ciclagem de K. De acordo com Costa *et al.* (2010) cultivares de *U. brizantha* retiram grande quantidade de K do solo, sendo usualmente superior à quantidade absorvida de N.

Adicionalmente, uma provável justificativa para o incremento do acúmulo de K na palha de pastagem de braquiária com a adubação nitrogenada é o maior crescimento radicular da forrageira, aumentando a absorção de K. Salienta-se que um sistema radicular mais desenvolvido possui maior capacidade de exploração do volume do solo, apresentando maior facilidade em absorver maior quantidade de nutrientes, inclusive em profundidade superior a 0,2 m. O sistema radicular das gramíneas forrageiras possui características de crescimento rápido e profundo, o que pode ter proporcionado a absorção de K lixiviado para as camadas subsuperficiais. (MENDONÇA *et al.*, 2015; GALINDO *et al.*, 2018).

Figura 5.8 – Quantidade de potássio na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

O tempo para a liberação de 50% do K presente na palha foi de 10 a 20 dias. A dessecação muito antecipada da pastagem pode reduzir o aproveitamento do K pela soja em sucessão, em virtude da rápida liberação desse nutriente. Neste contexto, o mais adequado para que a cultura da soja aproveite o K liberado pela palha é dessecar o capim mais próximo da semeadura. O tempo

necessário para liberar metade do conteúdo de K encontrado por Cavalli *et al.* (2018) foi de 16 dias para a braquiária. Santos *et al.* (2014) observaram que o K levou apenas 13 dias para liberar 50%. Entretanto, em situações de baixa precipitação, Torres e Pereira (2008) encontraram que a liberação de 50% do K da palha de *U. brizantha* foi de 56 a 78 dias após a dessecação.

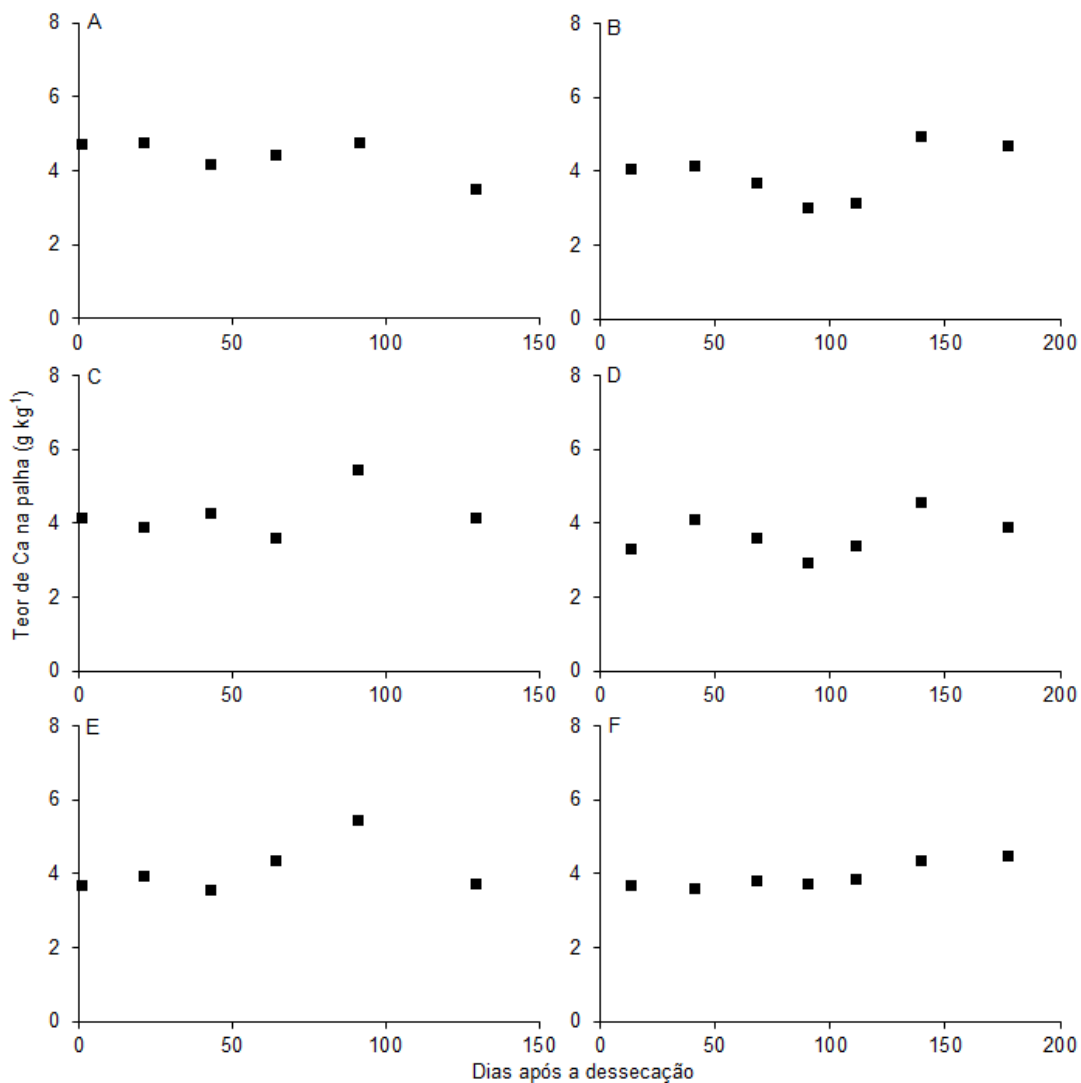
Não houve alterações significativas nos teores de Ca na palha da braquiária ao longo do período de avaliação (Figura 5.9). Os teores de Ca na palha foram semelhantes nos três experimentos, ou seja, a adubação nitrogenada na pastagem não influenciou expressivamente os teores desse nutriente na palha oriunda da forragem. Batista e Monteiro (2010) observaram que em três cortes da *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu, o teor de Ca na parte aérea apresentou comportamento quadrático para doses de N, em que a aplicação de N resultou aumento do teor de Ca até o ponto em que a resposta foi nula. Por sua vez, Costa *et al.* (2008) verificaram que o teor de Ca no capim-xaraés não pastejado não variou em razão das doses de N, em todos os cortes das plantas. Adicionalmente, Costa *et al.* (2009) não constataram diferenças significativas entre doses de nitrogênio, para teor de cálcio no capim-marandu.

A dinâmica de liberação de Ca da palha para o solo foi similar nas três doses de N na pastagem e nas duas épocas de dessecação da pastagem (Figura 5.10). Ao final do período de avaliação, a palha da pastagem de braquiária liberou cerca de 15 kg ha⁻¹ de Ca. Primavesi *et al.* (2006) constataram que o aumento das doses de N proporcionou redução dos teores de Ca em capim-marandu, entretanto os autores ressaltam que a forma em que o N se encontra no solo pode influenciar na absorção do Ca. O tempo para a liberação de 50% do Ca foi de 75 a 95 dias para a braquiária dessecada 15 dias antes da semeadura da soja e em torno de 130 dias para a dessecação 60 dias antes da semeadura da soja, considerando-se uma liberação lenta. Isso pode ser explicado em razão de que o Ca não é um nutriente de fácil remoção, sendo o principal componente da parede celular (CAVALLI *et al.*, 2018).

Resultados contrastantes foram obtidos por Mendonça *et al.* (2015), que observaram rápida liberação de Ca, em até 10 dias após o manejo, com redução constante a partir de 20 dias e apresentando tendência à estabilização em valores aproximados a zero para a *U. brizantha* cv. Marandu e *U. ruziziensis*. Cavalli *et al.* (2018) em estudo com três resíduos (milho, consórcio milho-braquiária e

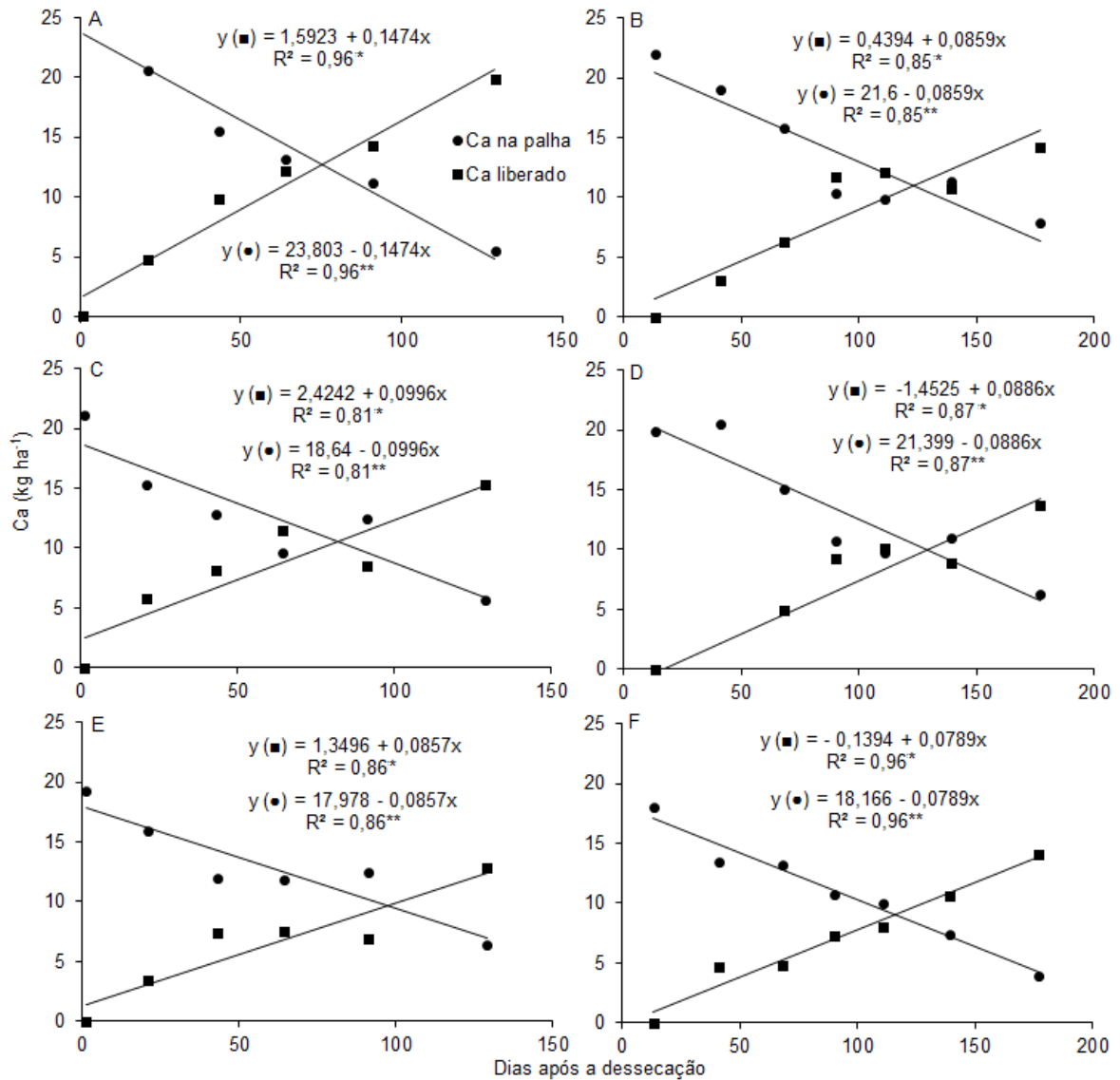
braquiária) para o cultivo da soja em sucessão, observaram que a braquiária demorou 62 dias para liberar metade do Ca presente na palha.

Figura 5.9 – Teor de Cálcio (Ca) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



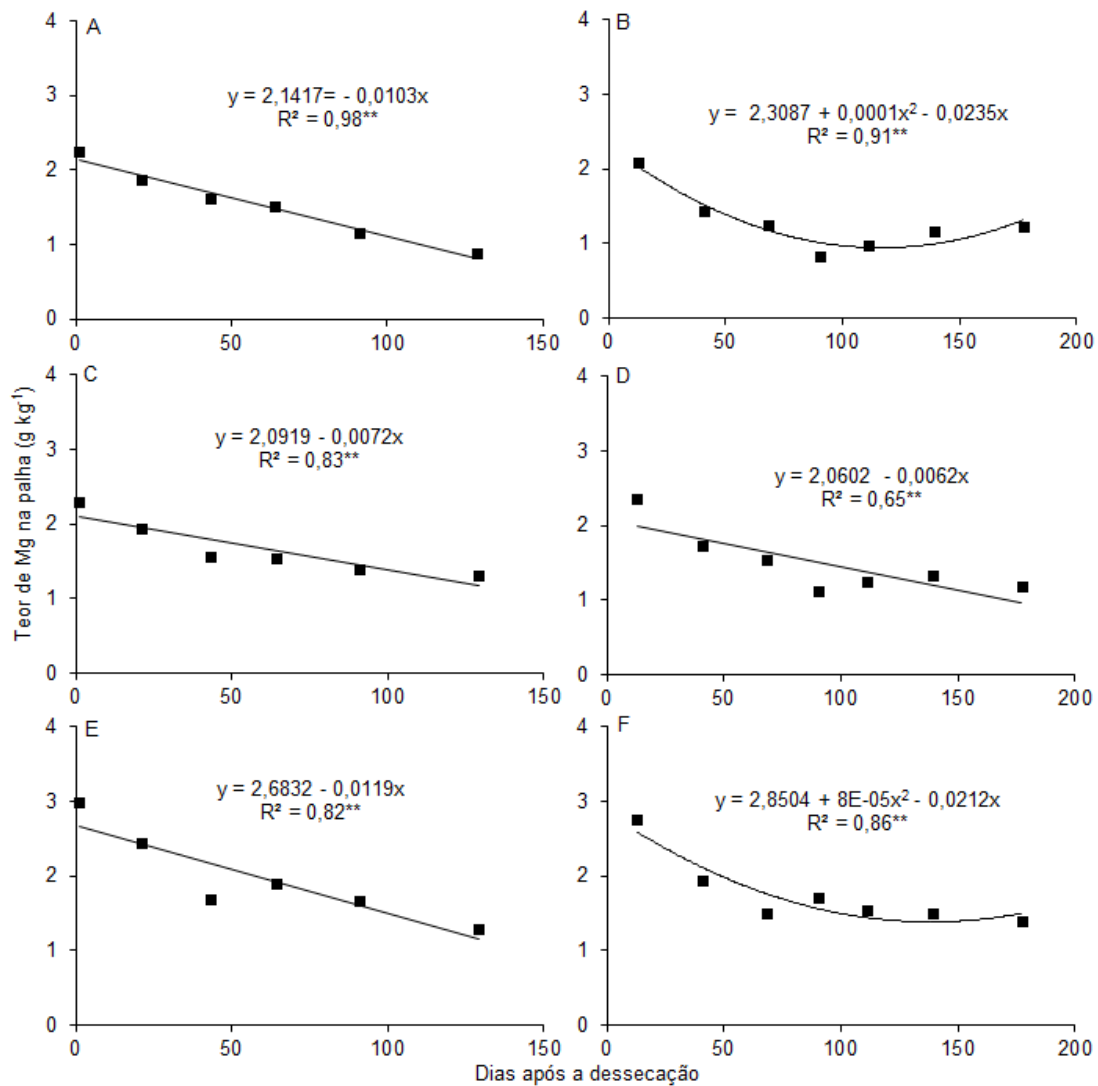
Houve tendência de redução dos teores de Mg ao longo do período de avaliação da decomposição da palha nas três doses de N e nas duas épocas de dessecação na pastagem de braquiária (Figura 5.11). A concentração de Mg apresenta redução com o passar do tempo, pois a maior parte do Mg não faz parte de componentes celulares e estruturais das plantas (CRUSCIOL *et al.*, 2008).

Figura 5.10 – Quantidade de cálcio na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

Figura 5.11 – Teor de Magnésio (Mg) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

A dinâmica de liberação de Mg da palha para o solo foi similar para os três experimentos e as duas épocas de dessecação (Figura 5.12). Até o final do ciclo da soja cultivada em sucessão, a quantidade liberada pela palha variou de 10 e 15 kg ha⁻¹ de Mg. O tempo necessário para liberar 50% de Mg foi em torno de 50 e 75 dias para a dessecação realizada 15 e 60 dias antes da semeadura da soja, respectivamente. Santos *et al.* 2014 observaram que a *Brachiaria ruziziensis* demorou 68 dias para liberar 50% de Mg, corroborando os dados da presente

pesquisa. Por outro lado, Torres, Pereira e Fabian (2008) constataram que a palha *Brachiaria brizantha*, utilizada como planta de cobertura, levou 11 dias para liberar metade do Mg, valores bem inferiores aos obtidos nesse estudo. Cavalli *et al.* (2018) observaram que a braquiária liberou metade do Mg da palha em apenas 35 dias. As variações observadas no tempo para liberação do Mg podem ser decorrentes, principalmente, de variações genéticas, idade das plantas, relação folha/colmo, teores de outros nutrientes na biomassa e condições climáticas, sobretudo temperatura e precipitação.

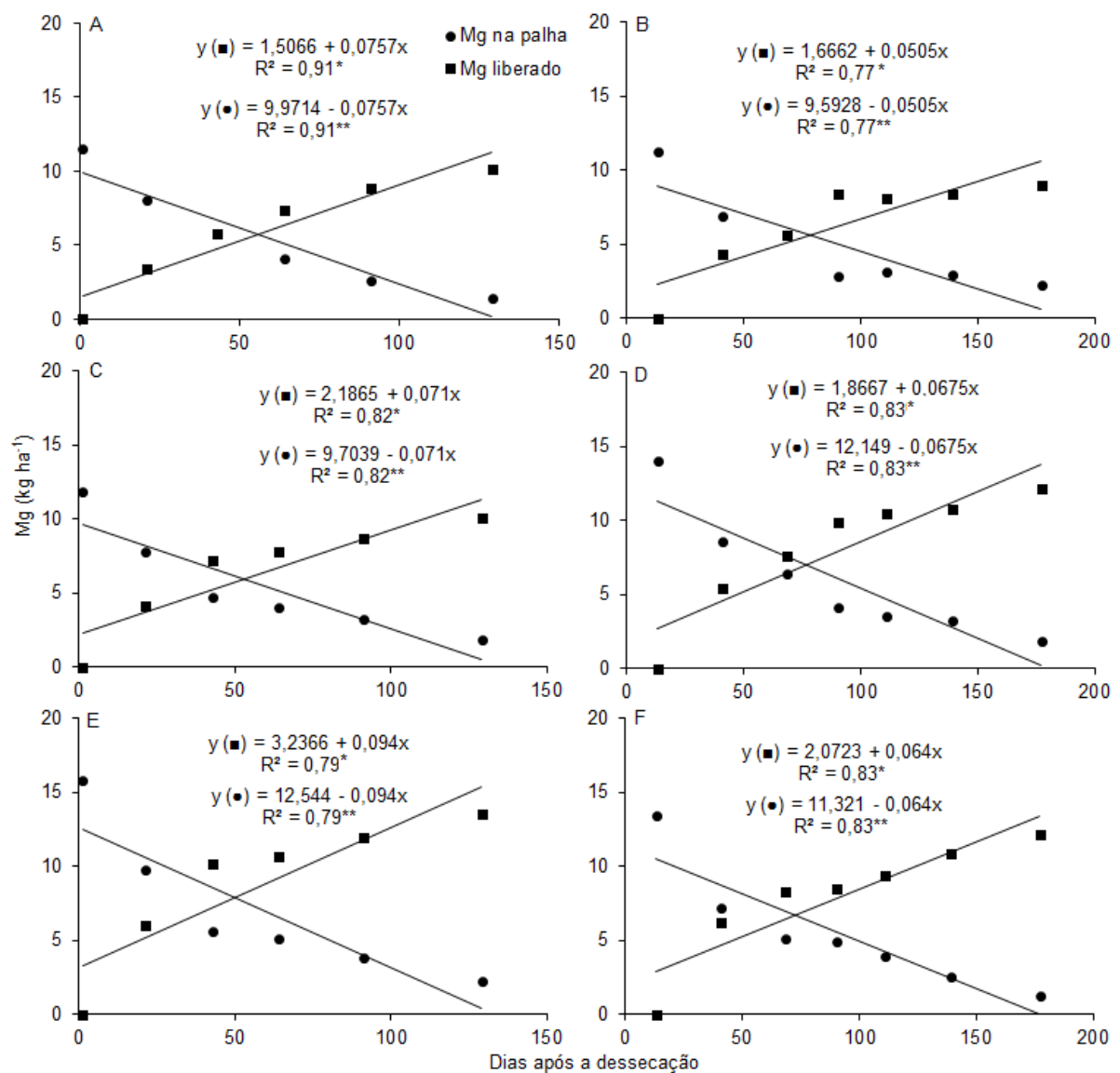
O teor de S na palha da pastagem de braquiária não apresentou diferenças durante o período de avaliação da decomposição para os três experimentos e nas duas épocas de dessecação (Figura 5.13). Também não houve variações expressivas nos teores desse nutriente entre as três doses de N. Resultados contrastantes foram obtidos por Costa *et al.* (2009) que observaram que as doses (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e ureia) influenciaram na concentração desse nutriente no capim-marandu, constatando aumento linear na concentração de S em ambas as fontes, em função das doses de N. Entretanto, Primavesi *et al.* (2006) observaram que o incremento de doses de ureia (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ corte⁻¹) não proporcionaram diferenças nas concentrações de S em capim-marandu, obtendo valores em torno de 1,4 g kg⁻¹ desse nutriente.

Verificou-se que para a dessecação realizada 60 dias antes da semeadura da soja, a palha oriunda da pastagem conduzida sem adição de N liberou cerca de 6 kg ha⁻¹ de S até o final do ciclo da soja (Figura 5.14B). No entanto, as palhas das pastagens adubadas com N liberaram cerca de 4 kg ha⁻¹ de S (Figuras 5.14D e F). Esse comportamento também foi observado para a liberação de S na dessecação realizada 15 dias antes da semeadura da soja (Figuras 5.14A, C e E).

A maior parte do S é ciclado biogeoquimicamente, sendo que para essa ciclagem acontecer depende da deposição de resíduos vegetais sobre o solo e conseqüentemente a mineralização por microorganismos. Dentro das células vegetais, o S é armazenado nos vacúolos ou pode ser rapidamente incorporado em compostos orgânicos (GOTOR *et al.*, 2015). Cerca de 90% do S encontrado na planta faz parte da constituição de aminoácidos: cistina, cisteína e metionina. O S está ligado diretamente ao metabolismo do N, sendo necessários para a formação

de qualquer proteína que apresente na sua constituição esses aminoácidos (ANJUM *et al.*, 2015). Provavelmente, com a aplicação de N houve imobilização temporária do S na palhada produzida, demorando mais tempo para liberá-lo.

Figura 5.12 – Quantidade de magnésio na palha de pastagem de braquiária (●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

Figura 5.13 – Teor de Enxofre (S) na palha de pastagem de braquiária em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.

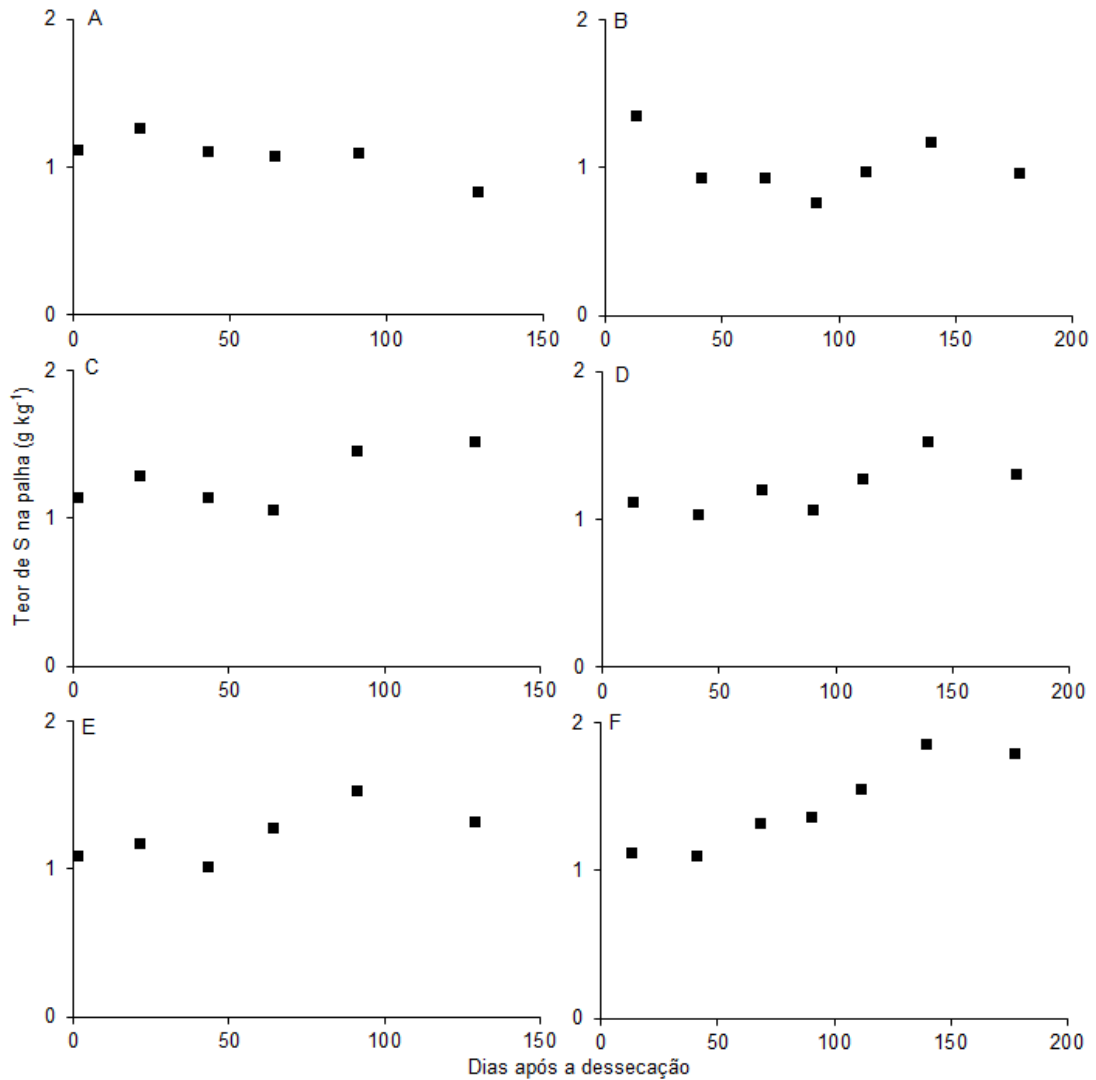
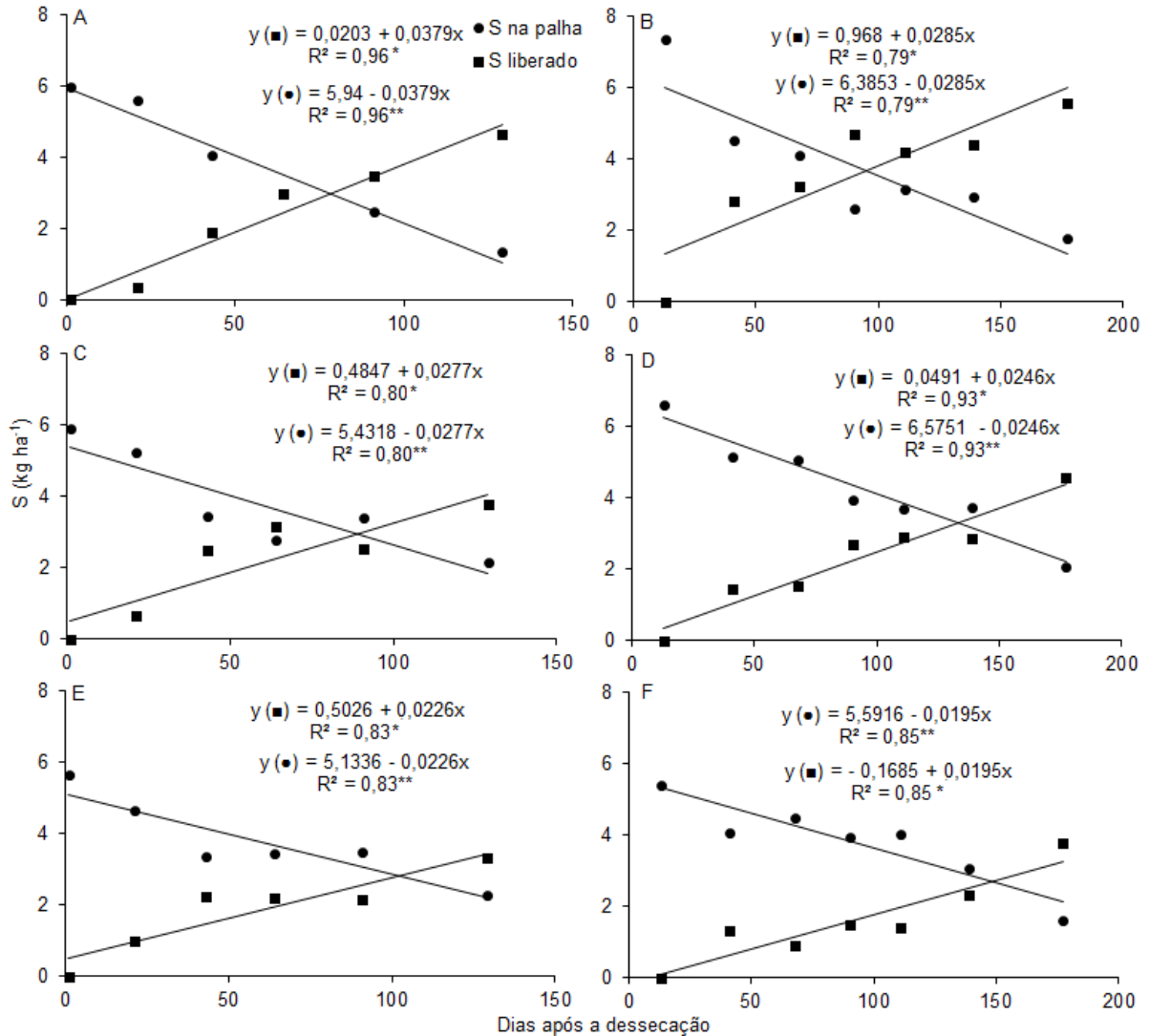


Figura 5.14 – Quantidade de enxofre na palha de pastagem de braquiária(●) e liberação acumulada (■) em três doses de N: 0 (A e B); 150 (C e D) e 300 kg N ha⁻¹ (E e F), após a dessecação realizada aos 15 (A, C e E) e 60 (B, D e F) dias antes da semeadura da soja, em função do tempo após a dessecação, Londrina, PR, safra 2017/18.



ns, não significativo, ** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de regressão.

A liberação de S foi lenta durante o período avaliado, sendo que o tempo necessário para liberar 50% do nutriente foi cerca de 90 e 135 dias para a dessecação realizada aos 15 e 60 dias antes da semeadura da soja, respectivamente. Santos *et al.* (2014) observaram em *Brachiaria ruziziensis* que o S teve liberação de 7,7 kg ha⁻¹ e levou 78 dias para liberar metade dessa quantidade.

Entretanto, Torres *et al.* (2008) constataram que o S demorou 18 dias para liberar 50% de S em *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

De forma geral, no presente estudo, as quantidades de nutrientes liberadas pela palha apresentaram a seguinte ordem $K > N > Ca > Mg > P > S$, independentemente da aplicação de nitrogênio na pastagem ou época de dessecação. As quantidades de K, N, P, Ca, Mg e S liberadas pela palha de pastagem de *U. brizantha* que recebeu 300 kg de N ha^{-1} conseguem suprir a demanda da soja para uma produtividade de 5 toneladas ha^{-1} em 80, 23,5, 20, 100, 100 e 14,8%, respectivamente, considerando ausência de perdas no sistema, como erosão ou lixiviação. Isso ocorre porque para produzir uma tonelada de grãos de soja são exportados em torno de 20 kg de K, 51 kg de N, 10 kg de P, 3 kg de Ca, 2 kg de Mg e de 5,4 kg de S (EMBRAPA, 2013).

Nesse contexto, o K liberado pela palha de pastagem de *U. brizantha* tem elevada importância na nutrição da oleaginosa, sendo necessário estudos para verificar a possibilidade de redução da dose de K aplicado na soja em sucessão de pastagens de espécies do gênero *Urochloa*. Em função da reduzida velocidade de liberação de Ca, Mg e S da palha de pastagem de *U. brizantha* cv. BRS Piatã, as dessecações antecipadas não devem reduzir significativamente o aproveitamento dos nutrientes pela soja em sucessão.

5.6 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada na pastagem de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã aumenta a ciclagem de N e K e a liberação desses nutrientes à soja em sucessão.

A quantidade de K liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha* adubada com 150 ou 300 kg N ha^{-1} é suficiente para produção de até 4 toneladas de grãos ha^{-1} , considerando ausência de perdas no sistema.

A dessecação antecipada de pastagem de *U. brizantha* (60 dias antes da semeadura da soja) não favorece o aproveitamento de K pela oleaginosa, pois 50% do nutriente é liberado nos 20 primeiros dias após a dessecação.

A dinâmica de liberação de P pela palha de pastagem de *U. brizantha* não é influenciada pela adubação nitrogenada e época de dessecação.

Os teores de cálcio e enxofre na palha de pastagem de *U. brizantha* não variam com o tempo de decomposição, enquanto os teores de magnésio reduzem, independentemente da adubação nitrogenada e da época de dessecação.

A quantidade de cálcio liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, foi de, aproximadamente, 15 kg ha⁻¹, independentemente da adubação nitrogenada e da época de dessecação.

A quantidade de magnésio liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, variou de 10 a 15 kg ha⁻¹, com tendência de haver maior quantidade liberada na presença de adubação nitrogenada na pastagem.

A quantidade de enxofre liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, variou de 4 a 6 kg ha⁻¹, com tendência de haver menor quantidade liberada na presença de adubação nitrogenada na pastagem, independentemente da época de dessecação.

5.7 REFERÊNCIAS

ANJUM, N. A.; GILL, R.; KAUSHIK, M.; HASANUZZAMAN, M.; PEREIRA, E.; AHMAD, I.; TUTEJA, N.; GILL, S. S. ATP-sulfurylase, sulfur-compounds, and plant stress tolerance. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 6, p.1-9, 2015.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A. de; VEIGA, M. da; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n. 6, p.1925-1933, 2009.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 151-161, 2010.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n. 5, p.770-781, 2012.

CAVALLI, E.; LANGE, A.; CAVALLI, C.; BEHLING, M. Decomposition and release of nutrients from crop residues on soybean-maize cropping systems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 2, e5527, p. 1-8. 2018.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R.; NASCIMENTO, P. P. Adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-xaraés. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 1, p. 86-92, 2008.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, M. A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Aparecida de Goiânia, v. 10, n. 1, p. 115-123, 2009.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; SAMPAIO, F. M. T.; CARRIJO, M. S.; RODRIGUES, C. R. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 307-314, 2010.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R.A.; PARIZ, C.M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M.; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1223-1233, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p.818-829, 2015.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J.; MORO, E. Nitrogen fertilization on palisadegrass: phytomass decomposition and nutrients release. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 159-168, 2016.

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

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E. PARIZ, C. M. An innovate crop-forage intercrop system: Early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; RABÊLO, F. H. S.; SARTO, A. L.; CHENG, N. C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; DINALLI, R. P.; GAZOLA, R. N. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 9, p. 1330-1338, 2016.

ECHER, F. R.; CASTRO, G. S. A.; BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. Crescimento inicial e absorção de nutrientes pelo algodoeiro cultivado sobre a palhada de *Brachiaria ruziziensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 783-790, 2012.

EMBRAPA. **Sistemas de produção 16**: Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 265p. 2013.

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

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.5 (Especial), p.999-1005, 2014.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015.

GALINDO, F.S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M.G.Z. Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. mombasa) at dry and rainy seasons. **Australian Journal of Crop Science**, Camberra, v. 11, n. 12, p. 1657-1664, 2017.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, p. 1-9, n. 3, 2018.

GOTOR, C.; LAUREANO-MARÍN, A. M.; MORENO, I.; AROCA, Á.; GARCÍA, I.; ROMERO, L. C. Signaling in the plant cytosol: cysteine or sulfide? *Amino Acids*, v. 47, n. 10, p. 2155-2164, 2015.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C. SILVEIRA, J. P. F. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1161-1169, 2011.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.39, n. 1, p.183-193, 2015.

MONQUERO, P. A.; MILAN, B.; SILVA, P. V.; HIRATA, A. C. S. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, p. 28, n. 3, p. 561-573, 2010.

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, 2012.

NEPOMUCENO, M.P.; VARELA, R.M.; ALVES, P. L. C. A.; MARTINS, J. V. F. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 557-565, 2012.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n. 4, p.1523-1534, 2013.

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

SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; COAGUILA, D. N.; VALDERRAMA, M.; GALINDO, F. S.; SANTOS, C. G.; SILVA, V. M.; BUZETTI, S. Adubação nitrogenada na implantação de *Urochloa brizantha* cv. xaraés no cerrado: Características nutricionais - Parte 2. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, São Paulo, v.10, n. 2, p.140-153, 2016.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.38, n. 6, p.1855-1861, 2014.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T.J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. 590p.

STARK, F.; GONZÁLEZ-GARCÍA, E.; NAVEGANTES, L.; MIRANDA, T.; POCCARD-CHAPUIS, R.; ARCHIMÈDE, H.; MOULIN, C. H. Crop-livestock integration determines the agroecological performance of mixed farming systems in Latino-Caribbean farms. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v.38, n. 4, p.2-11, 2018.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

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

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

6 CONCLUSÕES GERAIS

A dessecação antecipada da *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã favorece o estabelecimento de plantas de soja e promove incremento na massa seca e acúmulo de N nos estádios vegetativos da cultura, entretanto essas diferenças não são observadas no enchimento de grãos, independentemente da adubação nitrogenada na pastagem e na soja.

A adubação nitrogenada na implantação da soja com 30 kg ha⁻¹ de N aumenta o crescimento das plantas de soja na fase vegetativa, mas, após o pleno florescimento, essas diferenças não são observadas, independentemente da época de dessecação.

O intervalo entre a dessecação de pastagem de *Urochloa brizantha* e a semeadura da soja (de 1 a 60 dias) não influencia a produtividade da soja, os componentes do rendimento e os teores de óleo e proteína nos grãos, independentemente da aplicação de nitrogênio na soja e na pastagem.

A adubação nitrogenada na cultura da soja, com 30 kg N ha⁻¹, não influencia a produtividade e os componentes de rendimento e os teores de óleo e proteína dos grãos, independentemente da época de dessecação e da adubação nitrogenada na pastagem.

A adubação nitrogenada na pastagem de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã aumenta a ciclagem de N e K e a liberação desses nutrientes à soja em sucessão.

A quantidade de K liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha* adubada com 150 ou 300 kg N ha⁻¹ é suficiente para produção de até 4 toneladas de grãos ha⁻¹, considerando ausência de perdas no sistema.

A dessecação antecipada de pastagem de *U. brizantha* (60 dias antes da semeadura da soja) não favorece o aproveitamento de K pela oleaginosa, pois 50% do nutriente é liberado nos 20 primeiros dias após a dessecação.

A dinâmica de liberação de P pela palha de pastagem de *U. brizantha* não é influenciada pela adubação nitrogenada e época de dessecação.

Os teores de cálcio e enxofre na palha de pastagem de *U. brizantha* não variam com o tempo de decomposição, enquanto os teores de magnésio reduzem, independentemente da adubação nitrogenada e da época de dessecação.

A quantidade de cálcio liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, foi de, aproximadamente, 15 kg ha⁻¹, independentemente da adubação nitrogenada e da época de dessecação.

A quantidade de magnésio liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, variou de 10 a 15 kg ha⁻¹, com tendência de haver maior quantidade liberada na presença de adubação nitrogenada na pastagem.

A quantidade de enxofre liberada pela palha de pastagem de *U. brizantha*, até o final do ciclo da soja em sucessão, variou de 4 a 6 kg ha⁻¹, com tendência de haver menor quantidade liberada na presença de adubação nitrogenada na pastagem, independentemente da época de dessecação.