

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A
CULTURA DO MILHO UTILIZANDO A BRAQUIÁRIA COMO
PLANTA DE COBERTURA**

Thiago Pinheiro de Oliveira

Engenheiro Agrônomo

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Fevereiro, 2020

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o(a) autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

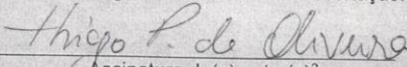
Nome completo do autor: Thiago Pinheiro de Oliveira

Título do trabalho: ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A CULTURA DO MILHO UTILIZANDO A BRAQUIÁRIA COMO PLANTA DE COBERTURA

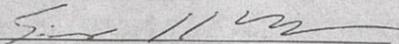
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Independente da concordância com a disponibilização eletrônica, é imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 16 / 03 / 2020

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² As assinaturas devem ser originais sendo assinadas no próprio documento. Imagens coladas não serão aceitas.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA
A CULTURA DO MILHO UTILIZANDO A BRAQUIÁRIA
COMO PLANTA DE COBERTURA**

Thiago Pinheiro de Oliveira

**Orientador: Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz
Co-orientador: Prof. Dr. Cláudio Hideo Martins da Costa**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Fevereiro, 2020

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

Oliveira, Thiago Pinheiro de
ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A
CULTURA DO MILHO UTILIZANDO A BRAQUIÁRIA COMO PLANTA
DE COBERTURA [manuscrito] / Thiago Pinheiro de Oliveira. - 2020.
X, 35 f.

Orientador: Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz; co-orientador Dr.
Cláudio Hideo Martins da Costa.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade
Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, Programa de Pós
Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, Jataí, 2020.

Bibliografia.

Inclui gráfico, tabelas.

1. Disponibilidade de N. 2. Nitrogênio. 3. Brachiaria ruziziensis. I.
Cruz, Simério Carlos Silva, orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **004/2020-PPGA** da sessão de Defesa de Dissertação de **THIAGO PINHEIRO DE OLIVEIRA**, que confere o título de Mestre em **AGRONOMIA**, na área de concentração em **Produção Vegetal**.

Ao vigésimo oitavo dia do mês de fevereiro de dois mil e vinte, a partir das 14:00 horas, na sala 12 do Prédio da Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás - Regional de Jataí/GO, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A CULTURA DO MILHO UTILIZANDO A BRAQUIÁRIA COMO PLANTA DE COBERTURA”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Simério Carlos Siva Cruz (CIAGRA/UFG), a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Milton Ferreira de Moraes (UFMT-Barra do Garças/MT), membro titular externo; Professora Doutora Tiara Moraes Guimarães (UNA-Jataí/GO), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Simério Carlos Siva Cruz, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao vigésimo oitavo dia do mês de fevereiro de 2020.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Simério Carlos Silva Cruz, Professor do Magistério Superior**, em 28/02/2020, às 16:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Tiara Moraes Guimarães, Usuário Externo**, em 28/02/2020, às 16:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Milton Ferreira de Moraes, Usuário Externo**, em 28/02/2020, às 16:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1179456** e o código CRC **98EBAD1E**.

Referência: Processo nº 23070.006192/2020-91

SEI nº 1179456

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THIAGO PINHEIRO DE OLIVEIRA – Nascido em Barra do Garças-Mato Grosso, graduado em agronomia no ano de 2014 pela UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso, Campus Araguaia. Possui pós-graduação pelo Lato sensu em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas pelo Instituto de pós-graduação e Extensão de Mato Grosso. Iniciou o curso de pós-graduação Stricto sensu em nível de Mestrado em Agronomia, com linha de pesquisa em Fertilidade e Nutrição de Plantas, na UFG – Universidade Federal de Goiás em março de 2018.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Teldimar e Edicelma, a minha irmã e meu afilhado, por todo apoio e inspiração.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

Aos meus familiares e amigos, por todo apoio, incentivo e inspiração para todos os momentos.

Ao meu orientador Professor Dr. Simério Carlos Silva Cruz e co-orientador Professor Dr. Cláudio Hideo Martins da Costa, por todo ensinamento e dedicação pelo trabalho que fazem com excelência, pela paciência e direcionamento em todas as etapas, e por serem exemplos de profissionais e pessoas.

A todos os professores da pós-graduação e graduação do campus que contribuíram com seus ensinamentos.

A todos colegas do grupo de estudo em fertilidade do solo, em especial, Magno, Alex, Juliano, Júlio César, Júlia e Flávia.

A todos os colegas de pós-graduação pela parceria e companheirismo durante todas as disciplinas cursadas.

A todos do Núcleo de Pesquisa e Agronômica (NPA) e a equipe da fazenda experimental da UFG.

A todos os colegas de trabalho da Fortgreen, em especial Cleyton Domingos e Leonardo Pereira, pelo apoio e incentivo.

ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DO USO DE BRAQUIÁRIA COMO PLANTA DE COBERTURA

RESUMO – A antecipação da aplicação de nitrogênio em sistemas de cultivo, utilizando plantas de cobertura, para evitar as perdas do nutriente no perfil do solo, bem como aumentar a matéria seca produzida pela planta de cobertura, apresenta-se como uma alternativa para melhorar a eficiência de uso desse nutriente. O manejo do nitrogênio é de grande importância para o sistema braquiária-milho, onde tradicionalmente, aplica-se o N no plantio e em cobertura na cultura principal (milho). Objetivou-se com este trabalho, avaliar a eficiência da antecipação da adubação nitrogenada para a cultura do milho, utilizando a braquiária como cultura antecessora. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Goiás, em Jataí – GO, com histórico de plantio em sucessão soja-milho/sorgo nos últimos 20 anos, e destaque para o teor de Matéria Orgânica do solo que é de 39,5 g kg⁻¹. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2+1, com 4 repetições. O primeiro fator correspondeu a cinco doses de nitrogênio: 0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹, utilizando como fonte de N a ureia convencional. O segundo fator foi representado pelas épocas de aplicação dessas doses de nitrogênio na cultura da braquiária cultivada como planta de cobertura, sendo a época 1: aplicação do nitrogênio 90 dias pré semeadura do milho e época 2: aplicação do nitrogênio 60 pré-semeadura do milho e um tratamento adicional com adubação nitrogenada convencional, representada por 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, de forma não antecipada, aplicada na cultura do milho, dividida em adubação de plantio e cobertura. Foram avaliadas na braquiária, 5 dias antes da dessecação, as seguintes variáveis: matéria seca, nitrogênio nas folhas e índice de vegetação normalizada. No milho, foram avaliados: índice de vegetação normalizada, diâmetro de colmo, atividade da enzima nitrato redutase, clorofila e nitrogênio nas folhas, altura de plantas e da inserção da espiga, componentes da produção e produtividade de grãos. Com exceção a dose de 200 kg ha⁻¹ de N aplicada 90 dias antes da semeadura do milho, a antecipação da adubação nitrogenada para esta cultura, utilizando a braquiária como planta de cobertura, se mostrou tão eficiente quando a adubação convencional.

Palavras-chave: Disponibilidade de N, nitrogênio, *Brachiaria ruziziensis*

NITROGEN FERTILIZATION ANTECIPATION IN CORN CULTURE USING BRACHIARIA AS A COVER PLANT

SUMMARY– The anticipation of nitrogen application in cultivation systems using cover crops to avoid nutrient losses in the soil profile, as well as increase the dry matter produced by cover crops, is an alternative to improve soil efficiency use of this nutrient. Nitrogen management is of great importance for the brachiaria-maize system, where N is traditionally applied at planting and covering in the main crop (maize). The aim of this work was to evaluate the efficiency of the anticipation of nitrogen fertilization for corn crop, using brachiaria as a predecessor crop. The experiment was conducted at the experimental field of the Federal University of Goiás / Jataí Regional, with a history of planting in succession soybean-corn/sorghum in the last 20 years, and emphasis on the content of Organic Matter of Soil that reaches 39.5 g kg⁻¹. A randomized complete block design was used in a 5x2 + 1 factorial scheme with 4 replications. The first factor corresponded to five nitrogen rates: 0; 50; 100; 150 and 200 kg ha⁻¹, using conventional urea as N source. The second factor was represented by the times of application of these nitrogen rates in the brachiaria cultivated as cover crops, being season 1: application of nitrogen 90 days before planting of corn and season 2: application of nitrogen 60 days before planting and an additional treatment with conventional nitrogen fertilization, represented by 150 kg ha⁻¹ of nitrogen, unanticipated, applied to the corn crop, divided into planting and mulching fertilization. The following variables were evaluated in the brachiaria, 5 days before desiccation: dry matter, leaf nitrogen, normalized vegetation index and nitrogen release in the brachiaria straw. In maize were evaluated: normalized vegetation index, stalk diameter, activity of nitrate reductase enzyme, chlorophyll and nitrogen in leaves, plant height and cob insertion, components of grain yield and yield. With the exception of the 200 kg ha⁻¹ rate of N applied 90 days before corn sowing, the anticipation of nitrogen fertilization for this crop, using braquiária as a cover plant, proved to be as efficient as conventional fertilization.

Keyword: N availability, nitrogen, *Brachiaria ruziziensis*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1.	Nitrogênio na cultura do milho	2
2.2.	Antecipação da adubação nitrogenada	4
2.3.	Braquiária como planta de cobertura.....	5
3.	MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1.	Localização e caracterização da área experimental.....	7
3.2.	Delineamento experimental.....	7
3.3.	Instalação e condução do experimento	8
3.4.	Avaliações na planta de cobertura	10
3.5.	Avaliações na cultura do milho	10
3.6.	Análise estatística.....	11
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
5.	CONCLUSÕES	26
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais produzidos ao longo dos últimos anos, devido sua importância para suprir a demanda da cadeia alimentar humana e animal, cujo consumo tem aumentado gradativamente ano após ano. Fancelli e Dourado (2000) justificam que tal aumento está relacionado à composição química e o valor nutritivo, além do alto potencial produtivo que essa cultura apresenta.

Na safra 2018/2019 o Brasil colheu 100.046,3 mil toneladas de milho, em uma área plantada de 17.496,2 mil hectares, com média nacional de 5.718,00 kg ha⁻¹, considerando duas épocas de plantio: milho verão e milho segunda safra. Na região Centro Oeste o milho de segunda safra teve maior expressão que o de primeira safra, devido ao volume de área destinada para essa cultura em cada época de plantio. Em contrapartida, o milho de primeira safra no ano agrícola 2018/2019 foi responsável por 25,63% da produção total. No entanto, no estado do Goiás destaca-se a produtividade média alcançada de 6.853 kg ha⁻¹ - média superior à média nacional -, como aponta os dados resultantes do censo realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) em 2019, considerando as duas safras de milho.

De acordo com Prado e Campos (2018) o nutriente que mais limita a produtividade na cultura do milho é o nitrogênio (N). Além disso, os autores acrescentam que a necessidade requerida desse nutriente pela cultura, não é atendida pelo processo de mineralização da matéria orgânica do solo.

Cantarella (2007) cita a complexidade que esse nutriente apresenta no sistema solo-planta, no qual deposições atmosféricas, fixação biológica, além das adubações minerais e orgânicas, são as principais formas de ingressar o N ao sistema. Por outro lado, perdas por processos como lixiviação, volatilização e também a remoção pela colheita das culturas, são as principais formas de retirada do N do sistema. Essas perdas, no entanto, requerem uma atenção especial uma vez que esse nutriente, quando perdido no perfil do solo, ou em formas gasosas, pode causar danos ambientais (CANTARELLA e MONTEZANO, 2010).

Segundo Damin e Silva (2016), dentre as opções de entrada de N no sistema, a adição por uso de fertilizantes nitrogenados é a principal. Os mesmos autores ressaltam que os processos de produção desses fertilizantes têm como fonte de obtenção a amônia sintética, derivada do processo denominado Haber-Bosch, processo que apresenta um custo elevado de produção.

Para que seja possível reduzir os custos envolvidos nesta prática cultural, em culturas como o milho, que apresenta alta exigência em N, a recomendação para adubação nitrogenada deve levar em consideração a complexidade desse nutriente no solo, para que se tenha o manejo mais eficiente dos fertilizantes. Como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho, faz-se a divisão da mesma em adubação de semeadura e adubação de cobertura (CANTARELLA, 2007).

Entretanto, mesmo com os cuidados utilizados no manejo da aplicação do N no sistema, sabe-se que o aproveitamento pelas plantas ainda é baixo. Sendo assim, a inserção de culturas forrageiras no sistema de cultivo pode contribuir para aumentar a eficiência de uso dos nutrientes pelas culturas produtoras de grãos, conforme relatado por Crusciol e Soratto (2014). Além disso, a presença de plantas de cobertura nos sistemas de cultivo aumenta a sustentabilidade do setor, uma vez que as mesmas contribuem para melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

Deve-se considerar que a época de aplicação do fertilizante nitrogenado apresentará grande influência na eficiência de uso desse nutriente pelas plantas (MENGEL e BARBER, 1974) e, esse fator somado a dose e o método de aplicação também poderá induzir a produtividade das culturas (HOEFT, 2003). Além disso, Coelho *et al.* (2002) lembram que a antecipação da adubação nitrogenada, pode promover vantagens operacionais e assim, aumentar o período para efetuar a adubação.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência da antecipação da adubação nitrogenada para a cultura do milho, utilizando a braquiária como cultura antecessora.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Nitrogênio na cultura do milho

Há algum tempo sabe-se que para alcançar altas produtividades é indispensável planejar, conhecer o histórico da área onde a cultura será implantada, assim como conhecer as necessidades nutricionais da planta e principalmente a produtividade que se busca alcançar, para que se possa fazer o uso mais eficiente dos fertilizantes que serão aplicados. Com essas informações em mãos, segundo

Sousa e Lobato (2004), a adubação nitrogenada na cultura do milho deve ser composta pela aplicação de 20 a 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, e de 60 até 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura, com variações em função da expectativa de produção. Fancelli (2010) cita que por ocasião da semeadura, a adubação pode variar de 30 a 50 kg ha⁻¹. Segundo Vergutz e Novais (2015) a adubação nitrogenada na semeadura ou adubação de arranque, deve ter a quantidade definida em função do histórico da área de plantio e não em função da produtividade esperada. Todavia, os mesmos autores lembram que para adubação nitrogenada de produção ou de cobertura, deve ser baseada na produtividade desejada, variando de 100 a 150 kg ha⁻¹, sendo necessário dividir essa quantidade em duas ou até três vezes em função da textura do solo que será aplicado.

Em estudo realizado por Demari (2014), cujo experimento foi desenvolvido em duas safras seguidas utilizando duas fontes de N (ureia e sulfato de amônio), o autor avaliou diferentes épocas de parcelamento do N aplicado na cultura do milho e encontrou resultados para os parâmetros avaliados, principalmente quando parcelou nos estádios fenológicos iniciais da cultura.

Em contrapartida, Cruz *et al.* (2008a) ao estudarem três híbridos de milho e quatro épocas (dias após a semeadura) para adubação nitrogenada de cobertura, não encontraram diferenças para a produtividade de grãos entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada, independente da época de aplicação e parcelamento utilizado, o que levou os autores a concluir que o parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura não se faz necessário para o local estudado.

Gomes *et al.* (2007) ao testarem seis épocas de aplicação e quatro doses de ureia, observaram que a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N proporcionou incrementos na altura de plantas, no teor de N nas folhas, maior massa de grãos por espiga e, conseqüentemente maior produtividade final.

Carmo *et al.* (2012) testaram três fontes de N e quatro doses na cultura do milho verde e verificaram que há aumento na produtividade em resposta ao N independente da fonte utilizada.

É importante ressaltar que, com a diversidade de híbridos disponíveis, o potencial produtivo de cada material também seja considerado na hora da definição do manejo de adubação nitrogenada (FARINELLI e LEMOS, 2012).

2.2 Antecipação da adubação nitrogenada

Sobre a adoção de sistema de adubação antecipada, Fancelli (2010) pontua que é necessário considerar vários fatores, com destaque para: cultura antecessora, regime pluviométrico regional e, principalmente o processo de mineralização do N, que geralmente ocorre através da ação de microrganismos presentes no solo.

De acordo com estudo realizado por Cantarella e Montezano (2010), em solos sob sistema de plantio direto associados com baixa precipitação pluviométrica na fase inicial da cultura, não se tem observado prejuízo em rentabilidade em função da antecipação, uma vez que essas áreas apresentam matéria orgânica abundante e alta relação C:N, imobilizando temporariamente o N aplicado e liberando-o gradativamente durante o ciclo da cultura.

Como não se pode controlar todos os fatores citados para o sucesso na antecipação da adubação nitrogenada, resultados positivos e negativos são encontrados em trabalhos de pesquisa. Neste contexto, ao comparar épocas de aplicação de N na cultura do milho, Argenton (2018) observou que a aplicação convencional, semeadura e cobertura apresentaram melhores resultados para os índices avaliados e produtividade quando comparados ao sistema de antecipação da aplicação nitrogenada. Em contrapartida, Soratto *et al.* (2013) realizaram estudo para avaliar a resposta da cultura do feijão em função à época do N aplicado na cultura antecessora e, a partir dos resultados obtidos, concluíram que a produtividade não difere em relação ao N aplicado antecipadamente na semeadura ou em cobertura.

Os resultados encontrados por estes autores corroboram com estudo de Barbosa Filho *et al.* (2009) que, ao realizarem estudo com feijão em sucessão ao milho, testaram a adubação nitrogenada antecipada e em cobertura, como resultado, não observaram diferenças em produtividade do feijoeiro em função da época de aplicação.

O trabalho realizado por Ceretta *et al.* (2002) avaliou o adiantamento da aplicação do N em sistema de cultivo com aveia preta-milho; para tal, os pesquisadores aplicaram parte do N destinado para cobertura em fase de perfilhamento da aveia preta. Os resultados obtidos nesta avaliação mostraram que apesar do aumento de produção de matéria seca da aveia preta, a antecipação da aplicação do N diminuiu os teores de N mineral no solo, bem como a produtividade da cultura do milho. Esses resultados corroboram com os encontrados por Bortolini *et al.*

(2001), que também trabalharam no sistema de cultivo aveia preta-milho e, encontraram resposta negativa para produtividade do milho quando se antecipou a adubação nitrogenada no momento da dessecação da aveia preta.

Da Ros *et al.* (2003) ao testarem épocas de aplicação do N para as culturas do milho e trigo, não encontraram diferenças em produção de matéria seca, N acumulado e produtividade das culturas em etapas de pré-semeadura, semeadura ou cobertura.

Em estudo realizado por Marques (2015), sobre épocas de aplicação de N com *Brachiaria brizantha* e *B. ruziziensis* antecendo a cultura do milho, observou que o uso dessas forrageiras promovem produção de palhada e ciclagem de nutrientes. Entretanto, a aplicação do N antes da dessecação da forrageira não atendeu a demanda nutricional da cultura do milho, comprometendo o rendimento da cultura principal.

Contudo, nota-se a importância do sistema de plantio direto para sucesso no aumento da eficiência de uso de fertilizantes nitrogenados, porém, é evidente a necessidade de mais trabalhos com varias culturas de cobertura, bem como diferentes épocas para antecipação da adubação.

2.3. Braquiária como planta de cobertura

As plantas do gênero *Brachiaria* possuem grande importância para agricultura brasileira, pelo fato de representarem uma das bases para a pecuária. Devido as suas baixas exigências edafoclimáticas, aumentou-se ao longo dos anos o uso dessas forrageiras no Brasil, principalmente na região do Cerrado (COSTA *et al.*, 2006). Pacheco *et al.* (2011) relatam que o uso dessas forrageiras como cultura de inverno associada a cultura do milho nos sistemas de plantio direto, contribuiu para o aumento das áreas utilizadas com essas plantas.

A inserção da braquiária na agricultura é importante na proteção física do solo e, indubitavelmente na ciclagem de nutrientes. Pacheco *et al.* (2013) trabalhando com duas espécies de forrageiras, observaram que *B. brizantha* e *B. ruziziensis* apresentaram maior capacidade de acumular e liberar nutrientes, principalmente em relação ao potássio. Neste mesmo sentido, Pacheco *et al.* (2011) corroboram com a literatura ao demonstrar que N e K são os nutrientes mais acumulados pelas forrageiras.

Atualmente são necessários mais estudos que compreendam a decomposição e mineralização dos nutrientes presentes nos resíduos vegetais advindos de culturas de cobertura, para que seja possível fazer uma escolha adequada ao sistema de produção, visando a proteção, além de melhor aproveitamento de nutrientes através dos resíduos vegetais que estarão no solo (MALUF *et al.*, 2015), principalmente em regiões de clima tropical, no qual o processo de decomposição dos resíduos das plantas de cobertura ocorrem de maneira acelerada (MENDONÇA *et al.*, 2015).

Ao avaliar a persistência e liberação de nutrientes em diversas plantas de cobertura, Calonego *et al.* (2012) observaram que as palhadas de milho e braquiária são mais persistentes quando comparadas a palhada de labe-labe, demonstrando que independente da cultura de cobertura avaliada, o K é o nutriente de liberação mais fácil.

Costa *et al.* (2008) lembram que assim como as demais plantas cultivadas, as forrageiras apresentam respostas positivas a aplicação de N, e segundo Primavesi *et al.* (2005) a importância do N é quantitativa em grau de importância para o desenvolvimento das forrageiras.

Em estudo realizado por Carard *et al.* (2008) utilizando três espécies de *Brachiaria*, os autores encontraram resposta linear para a produção de matéria seca em função ao aumento da dose de N aplicada. Respostas lineares também foram encontradas por Costa *et al.* (2008) para o teor de clorofila e o teor de N nas folhas de braquiária, relacionados ao aumento de dose de N.

Santini (2014) ressalta a necessidade de mais estudos com fontes e épocas de aplicação de N em braquiária, pois a maioria dos trabalhos são realizados com ureia, que pode apresentar perdas expressivas quando aplicadas em épocas inadequadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O presente estudo foi realizado em área experimental da Universidade Federal de Goiás, regional Jataí – GO, localizada a 17° 66' S e 51° 33' W, com altitude média de 700 metros. Conforme classificação climática de Koppen, o clima predominante da região é W - tropical, caracterizado por apresentar estação chuvosa no verão e seca no inverno (HERMUCHE *et al.*, 2009).

A área utilizada para o experimento foi cultivada nas ultimas cinco safras com soja no verão e milho na segunda safra. De acordo com Santos *et al.* (2013), o solo que compõem área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) de textura argilosa (665 g dm⁻³ de argila). Antes da instalação do experimento, foi realizada a coleta de amostra de solo para caracterização física e química na camada de 0-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica, na camada de 0 a 20 cm, do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

pH (CaCl ₂)	M.O. g kg ⁻¹	P (mel.) mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V%
			-----cmol _c dm ⁻³ -----						
5,10	39,50	8,80	0,22	3,87	1,98	0,08	4,30	10,40	58,40
Fe	Mn	Zn	Cu	Na	Argila	Areia	Silte		
-----g dm ⁻³ -----					-----g kg ⁻¹ -----				
25,20	39,40	2,60	6,80	1,80	665	185	150		

3.2. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2+1, caracterizado por 4 repetições. O primeiro fator correspondeu a cinco doses de N: 0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹, sendo a dose de 150 kg o padrão de recomendação para cultura, e o segundo às épocas de aplicação de doses de N na cultura da braquiária cultivada como planta de cobertura, sendo a época 1: aplicação do N 90 dias pré semeadura (DPS) e, época 2: aplicação do N 60 dias (DPS) da cultura do milho, com tratamento adicional de adubação nitrogenada convencional, representada por 150 kg ha⁻¹ de N, de forma não antecipada, aplicada na cultura do milho, sendo dividida em adubação de semeadura (30 kg ha⁻¹ de N) e cobertura (120 kg ha⁻¹ de N). Cada parcela foi composta por 7 m de comprimento e 2,25 m de largura (5 linhas de milho), compondo 15,75 m² cada unidade experimental (Figura 1). Utilizou-se como fonte de N a Ureia (44% de N).

	7 m									2,25 m	
Bloco A	200 (90 DPS)	50 (90 DPS)	0	150 (90 DPS)	200 (60 DPS)	50 (60 DPS)	ADICIONAL	100 (60 DPS)	150 (60 DPS)		100 (90 DPS)
Bloco B	50 (60 DPS)	ADICIONAL	100 (90 DPS)	100 (60 DPS)	200 (90 DPS)	150 (60 DPS)	150 (90 DPS)	200 (60 DPS)	50 (90 DPS)		0
Bloco C	100 (60 DPS)	150 (90 DPS)	200 (90 DPS)	150 (60 DPS)	ADICIONAL	50 (90 DPS)	200 (60 DPS)	100 (90 DPS)	50 (60 DPS)		0
Bloco D	50 (90 DPS)	200 (60 DPS)	100 (60 DPS)	200 (90 DPS)	0	50 (60 DPS)	100 (90 DPS)	ADICIONAL	150 (90 DPS)	150 (60 DPS)	

Figura 1 - Croqui da área experimental. Jataí - GO, 2018.

3.3. Instalação e condução do experimento

Em 2018, após a colheita da soja que ocorreu no mês de fevereiro, efetuou-se a semeadura da *Brachiaria ruzizienses*, realizada em 22 de março deste mesmo ano, colocando-se 5 kg ha⁻¹ de sementes com 90% de valor cultural (VC). Após a distribuição das sementes sobre os restos culturais da soja, foi realizada na área, a passagem de uma grade niveladora, com objetivo de aumentar o contato das sementes de braquiária com o solo. Como a operação com a grade niveladora foi efetuada sem que o solo houvesse passado por um preparo primário antes, praticamente não houve revolvimento do mesmo, sendo esta operação capaz apenas de proporcionar a passagem das sementes de braquiária pela barreira imposta pelos resíduos vegetais da soja, lembrando que a área experimental apresenta um histórico de 20 anos com plantio em sucessão soja-milho/sorgo.

Efetuoou-se a correção do solo em função dos resultados obtidos na análise química do mesmo, de acordo com a recomendação de Sousa e Lobato (2004). Foi realizada a aplicação, sem incorporação ao solo, de 1,5 Mg por hectare de calcário dolomítico, com PRNT de 90%, buscando a correção do V% para 70% em função da demanda da cultura do milho.

Durante o período de entre safra, foi utilizado o herbicida 2,4 D (2 L ha⁻¹) para controle de plantas daninhas, para que não houvesse competição com a cultura de cobertura instalada.

Ao longo da condução do experimento, entre a primeira adubação nitrogenada na braquiária até a colheita da cultura do milho, obteve-se uma precipitação acumulada 1.261 mm de acordo com os dados meteorológicos do INMET, como

mostra a figura 2. No dia 12/03/2019 ocorreu uma chuva de granizo na área experimental, promovendo acamamento e causando alguns danos físicos nas plantas de milho, sem, no entanto, comprometer a continuação da pesquisa tendo em vista que os danos às plantas aconteceram de forma similar, em todas as parcelas de cada bloco.

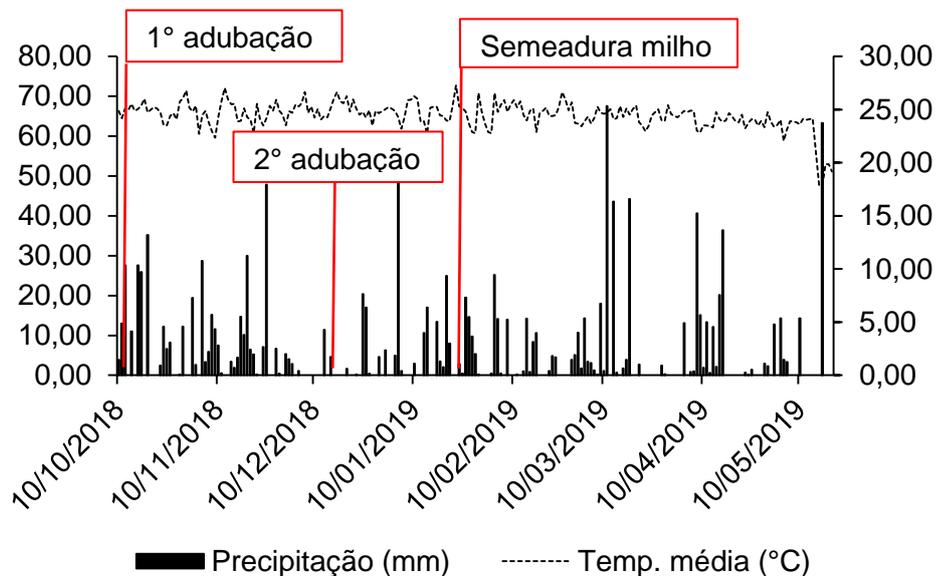


Figura 2: Dados de precipitação pluviométrica durante a condução do experimento.

A primeira época de adubação nitrogenada na braquiária, para a caracterização do fator de variação referente às épocas, ocorreu no dia 14/10/2018, com uma precipitação de 11 mm após a aplicação, sendo a segunda época de adubação nitrogenada realizada 30 dias após a primeira, dia 13/11/2018, com uma precipitação de 6 mm após a aplicação. A dessecação da braquiária para semeadura do milho ocorreu dia 13/12/2018, que corresponde a 30 dias após a segunda época de adubação.

A semeadura do milho ocorreu 35 dias após a dessecação da cultura de cobertura, respeitando um limite superior aos 14 dias após a dessecação de acordo com Corrêa *et al.* (2008), o alto volume de palhada produzido pela braquiária, retardou o plantio após o processo de dessecação. Utilizou-se o híbrido RB 9110 PRO, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, colocando-se em média 3,0 sementes por metro. Como adubação de semeadura foram utilizados 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fonte o Superfosfato Simples e o Cloreto de Potássio, respectivamente. No tratamento adicional, além da adubação com P₂O₅ e K₂O citada

anteriormente, foi adicionado 30 kg ha⁻¹ de N, com mais 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura, quando as plantas encontravam-se no estágio V4. A adubação de semeadura em todos os tratamentos e de cobertura no tratamento adicional, foi realizada de acordo com o protocolo de Sousa e Lobato (2004).

No dia 17/05/2019, em função de uma chuva intensa acompanhada de ventos fortes, ocorreu mais um evento de acamamento das plantas, porém as mesmas já haviam ultrapassado o estágio de maturidade fisiológica, estando no processo de redução da umidade dos grãos, para realização da colheita.

3.4. Avaliações na planta de cobertura

Avaliou-se na cultura de cobertura:

1. Massa de matéria seca: com uso de um quadro de amostragem, com 0,25m² de área, foi coletada 5 dias antes da dessecação da braquiária uma amostra por parcela, utilizando tesoura de corte e seccionando-se as plantas rentes ao solo e, posteriormente acondicionadas em sacos de papel identificados e transportados para o laboratório, onde foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante. Após esse período esses dados foram transformados para kg ha⁻¹.
2. NDVI: com o auxílio do aparelho Green Seeker, efetuou-se a medição do índice de vegetação por diferença normalizada, avaliando o vigor vegetativo das plantas em cada parcela 30 dias após as aplicações do N na braquiária.
3. Após a determinação de matéria seca de cada parcela, as amostras foram moídas e enviadas para análise em laboratório, seguindo metodologia de Malavolta *et al.* (1997), determinou-se o teor de N.

3.5. Avaliações na cultura do milho

Durante a safra de verão, foram avaliadas na cultura do milho as seguintes variáveis:

1. NDVI: no estágio fenológico V8 foi avaliado o vigor vegetativo das plantas, medindo o índice de vegetação por diferença normalizada com auxílio do aparelho Green Seeker.

2. Diâmetro de colmo: com o auxílio de paquímetro digital foi medido no estádio fenológico VT, utilizando-se 10 plantas por parcela, no segundo internódio de inserção de folhas a partir da base da planta.
3. Índice de Clorofila Falker (ICF): com o auxílio do aparelho clorofiLOG CFL 1030, mediu-se a absorção de luz pela folha em comprimentos de onda específicos, considerando a presença da clorofila dos tipos A e B. Esta avaliação foi realizada no estádio fenológico VT, com aferição em 10 plantas por parcela.
4. Teor de N nas folhas: coletou-se 10 folhas por parcela, utilizando o terço central, excluindo a nervura da folha abaixo e oposta à espiga, por ocasião do florescimento feminino (RAIJ *et al.*, 1996).
5. Atividade da enzima nitrato redutase: avaliou-se a atividade da enzima nitrato redutase no estádio fenológico V6 da cultura, seguindo a metodologia proposta por Meguro e Magalhães (1982).
6. Altura das plantas: realizou-se a medição no estádio R3 da cultura e, posteriormente mensurou-se a altura das plantas com auxílio de fita métrica, aferindo 10 plantas por parcela.
7. Altura da inserção da espiga: com o auxílio de fita métrica, no estádio R3, foi medida a altura da inserção da espiga principal, medindo-se 10 plantas por parcela.
8. Número de Fileiras por Espiga (NFE) e Número de Grãos por Fileira (NGF): após a maturidade fisiológica, coletou-se 10 espigas por parcela, dentro da área útil, e por meio de contagem foram determinados o NFE e o NGF.
9. Massa de Mil Grãos (MMG): determinado de acordo com a metodologia descrita por Brasil (2009).
10. Produtividade de grãos: Em função do acamamento, optou-se por coletar apenas as espigas presentes em 3,5 m centrais da fileira do meio de cada parcela, as quais foram trilhadas mecanicamente para determinação da produtividade de grãos.

3.6. Análise estatística

Para a análise estatística dos dados utilizou-se o programa estatístico Assistat (SILVA e AZEVEDO, 2009). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F a 1 e 5% de probabilidade. Para a variável “atividade da enzima

nitrito redutase”, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 10%, seguindo orientações encontradas na literatura devido a variação da incidência de radiação solar nas plantas no momento de coleta, promovendo um microclima que altera a atividade enzimática (LEMOS *et al*, 2007). Os dados referentes ao fator de “variação de doses de N” foram submetidos à análise de regressão. Também foi realizada a comparação do tratamento adicional com os demais tratamentos por meio do Teste de Dunnett, utilizando o programa estatístico RBIO.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na avaliação dos dados para a variável “matéria seca e teor de N na matéria seca da braquiária”, detectou-se interação para as fontes de variação épocas de aplicação e doses de N para a matéria seca. Para o teor de N na matéria seca não se constatou efeito significativo da amostra (Tabela 2).

Ao avaliar o desdobramento da interação entre as épocas de aplicação e as doses de N aplicadas sobre a matéria seca, observou-se que apenas na dose de 100 kg ha⁻¹ detectou efeito significativo, na qual a época 2 apresentou maior incremento em produção de matéria seca (Tabela 3). Não houve ajuste de equação linear ou quadrática para nenhuma época de adubação em função das doses de N utilizadas, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (Pr (>F_c)) para: bloco, épocas de aplicação/doses de N e suas interações para matéria seca da braquiária e teor de nitrogênio na matéria seca.

Fonte de variação	Pr (>F _c)	
	Matéria seca	N na matéria seca
Bloco	0,444	0,001
Épocas de aplicação (A)	0,030	0,392
Doses de N (B)	0,017	0,386
Interação A*B	0,001	0,935
CV	15,33	14,16
Regressão Linear	0,220	0,051
Regressão quadrática	0,695	0,807

Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). Não significativo ($p \geq 0,05$).

Gomes *et al.* (2015) lembram que o sucesso da adubação nitrogenada em culturas forrageiras para a produção de matéria seca está associado a diversos fatores, tais como o teor de matéria orgânica do solo, bem como a disponibilidade de água. Em função das condições ambientais, doses mais elevadas de nitrogênio podem não apresentar maior produtividade de matéria seca, uma vez que esses fatores podem ser determinantes nas perdas desse nutriente no sistema solo-planta (ROWLINGS *et al.*, 2016).

O efeito não significativo para teor de N na matéria seca em função dos tratamentos pode ser explicado pelo fato de todos os tratamentos apresentarem valores adequados para culturas do gênero *Brachiaria*, entre 13 e 20 g kg⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2007), enfatizando a importância do estudo do estado nutricional da cultura forrageira, pois de acordo com Malavolta *et al.* (1989) pode ocorrer o consumo de luxo, não apresentando respostas em produção mesmo recebendo altas doses desse nutriente.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre as épocas de aplicação e doses de N aplicadas na braquiária, sobre a variável matéria seca (kg ha⁻¹), Jataí-GO, 2019.

Tratamentos	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	50	100	150	200
Época 1	2125,53	2117,31	1724,52	1989,81	2412,93
Época 2		1933,68	3179,95	1902,65	2388,09
p-valor	---	0,446	0,001	0,716	0,917

Para o desdobramento de doses de N dentro das épocas de aplicação, época 1 e 2, os resultados não foram significativos para o comportamento quadrático, sendo assim não houve explicação do comportamento demonstrado.

Na Tabela 4 encontra-se o resumo da análise das variáveis altura de plantas, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo do milho em função das doses de nitrogênio e épocas de aplicação na braquiária. Verificou-se que não houve interação entre as fontes de variação para altura de plantas e altura de inserção de espiga. Entretanto, houve interação entre as épocas de aplicação e doses de N para o diâmetro de colmo do milho.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as fontes de variação: bloco, épocas, doses de N e interação entre épocas e doses de N, para altura de plantas, inserção de espiga e diâmetro de colmo do milho, Jataí-GO, 2019.

Fonte de variação	Pr (>F _c)		
	Altura de plantas	Inserção de espiga	Diâmetro de colmo
Bloco	0,046	0,000	0,105
Época (A)	0,655	0,091	0,005
Doses de N (B)	0,623 ⁻	0,525 ⁻	0,057 ⁻
Interação A*B	0,360	0,407	0,005
CV	2,31	3,20	3,16
Equação de regressão		Pr (>F _c)	
Linear	0,860	0,584	0,146
Quadrática	0,280	0,106	0,020

Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \geq p < 0,05$) pelo Teste F. não significativo ($p \geq 0,05$).

Diversos trabalhos da literatura citam resposta significativa em parâmetros morfológicos da cultura do milho em função do aumento do fornecimento de N, principalmente para a altura de plantas (MAR *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2003; LANA *et al.*, 2009), entretanto, essa resposta em crescimento da planta ocorre até determinada dose de N, o que corrobora com os resultados encontrados por Tomazela *et al.* (2006), que encontraram ausência de respostas da cultura do milho para parâmetros morfológicos como altura de plantas e diâmetro de colmo, quando trabalharam com até 200 kg ha⁻¹ de N.

Trabalhando com doses e fontes de N na cultura do milho, Kappes *et al.* (2014) não encontraram resultados significativos para a altura de inserção de espigas em função das doses, chegando até 150 kg ha⁻¹ de N, ressaltando que esse resultado deve se considerar positivo, uma vez que do ponto de vista genético, o aumento da inserção de espiga pode resultar em acamamento durante o ciclo da cultura.

O desdobramento da interação entre as épocas e as doses de nitrogênio aplicadas na braquiária sobre a variável diâmetro de colmo do milho cultivado em sucessão, encontra-se na Tabela 5. Ao analisar o desdobramento das épocas de aplicação dentro das doses de N, detectou-se efeito significativo apenas na dose de 200 kg ha⁻¹ de N, no qual, a época de aplicação 2 proporcionou maior incremento no diâmetro de colmo em relação à época 1.

A diferença observada para a maior dose de N em relação as épocas, pode ser explicada pela dinâmica de perdas do N no sistema solo-planta (CANTARELLA, 2007), mesmo realizando a adubação antecipadamente na cultura de cobertura. Desta forma, houve melhor aproveitamento quando a aplicação do N ocorreu próxima à data de semeadura da cultura do milho. De acordo com Soratto *et al.* (2010), morfológicamente essa diferença apresenta importância, pois o maior diâmetro de colmo está diretamente relacionado a redução do risco de acamamento.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre as épocas de aplicação e doses de N aplicadas na braquiária, sobre a variável diâmetro de colmo (mm) do milho segunda safra cultivado em sucessão, Jataí-GO, 2019.

Tratamentos	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	50	100	150	200
Época 1		22,17	21,70	22,38	20,72
Época 2	21,65	21,80	22,35	23,06	23,10
p-valor	---	0,463	0,202	0,183	0,001

Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo Teste F. não significativo ($p \geq 0,05$).

Segundo Kappes *et al.* (2011) o aumento do diâmetro de colmo para cultura do milho é relevante, uma vez que quanto maior o diâmetro de colmo, proporcionalmente, maior será o acúmulo de reservas e, conseqüentemente, a produção. Como também observado por Cruz *et al.* (2008b), onde estes autores encontraram correlação positiva entre diâmetro do colmo e produtividade de grãos para três híbridos e uma variedade de milho, em trabalho envolvendo o manejo da adubação nitrogenada para esta cultura. Esta relação entre diâmetro de colmo e produtividade também foi observada no presente estudo, visto que o tratamento 200 kg ha⁻¹ de N na época 2, também foi o responsável pela maior produtividade de grãos.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre as épocas de aplicação e doses de N aplicadas na braquiária, sobre o diâmetro de colmo do milho.

Equação	Doses na Época 1	Doses na Época 2
	P-Valor	
Linear	0,146	0,001
Quadrática	0,020	0,962

Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo Teste F. Não significativo ($p \geq 0,05$).

Ao analisar o desdobramento das doses de N dentro dos níveis épocas de aplicação, nota-se que para a época 1 as médias se ajustaram a equação de regressão quadrática, com o maior valor sendo encontrado na dose de 82,06 kg ha⁻¹ de N (Tabela 6). Verificou-se que na época 2 houve ajuste para equação de regressão linear positiva (Figura 3), ou seja, com o aumento das doses N ocorreu um incremento no diâmetro de colmo do milho segunda safra.

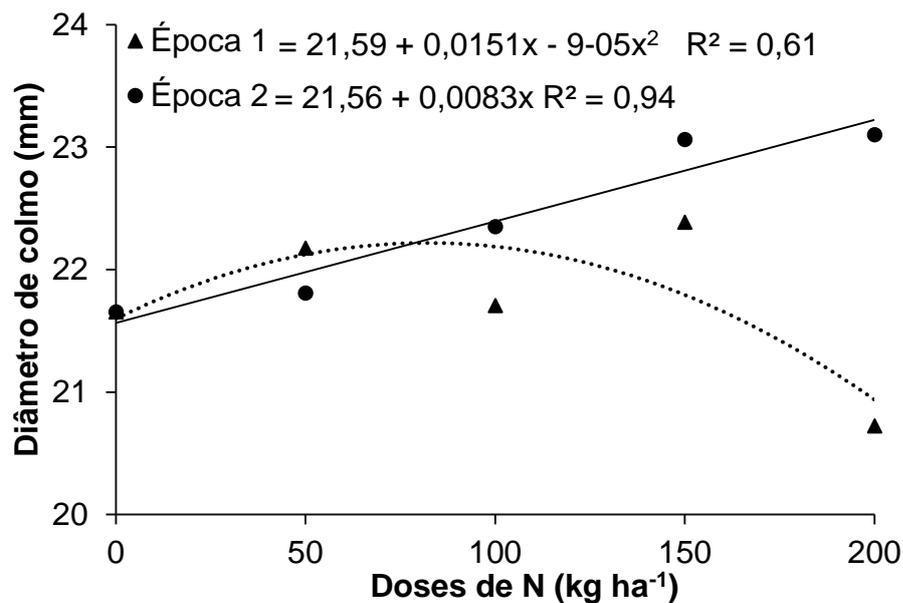


Figura 3. Diâmetro de colmo do milho em função da época de antecipação da adubação nitrogenada, aplicada na braquiária e doses de N.

O aumento linear na variável diâmetro de colmo em relação as doses de N aplicadas próximo à semeadura do milho e o comportamento quadrático para a segunda época, reforçam a hipótese de ocorrência de perdas em função do tempo em que este elemento deu entrada no sistema.

O resumo da análise de variância referente ao índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI 1 e NDVI 2 realizados na braquiária e NDVI 3 efetuado no milho quando o mesmo se encontrava no estágio V8) estão representados na Tabela 7. Constata-se que não houve interação entre as fontes de variação épocas de aplicação e doses de nitrogênio para as variáveis analisadas. Ao verificar isoladamente as fontes de variação, nota-se que também não foram detectadas diferenças significativas.

Para a braquiária, a avaliação foi realizada 20 dias após a aplicação de N na época 1 e 2, e a não significância dos dados pode ser explicada pelo fato do NDVI ser uma medida da massa foliar refletida ou, como citado por Boratto e Gomide (2013),

um indicador sensível de escala -1 a 1 que avalia a biomassa do vegetal no que diz respeito a quantidade e condição não influenciado pela iluminação. Todavia, os estudos de Zanzarini *et al.* (2013) atribuem como peculiaridade do NDVI, em detrimento de suas unidades de medidas, a capacidade de saturação rápida e perda da sensibilidade para a quantidade de biomassa que ocorre em função do estágio de desenvolvimento que se encontra a cultura.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para as fontes de variação: bloco, épocas, doses de N, interação entre épocas e doses de N para o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI 1 e NDV 2 realizada na braquiária e NDVI 3 efetuada no milho), Jataí-GO, 2019.

Fonte de variação	Pr (>F _c)		
	NDVI 1	NDVI 2	NDVI 3
Bloco	0,17	0,001	0,19
Época (A)	0,166	0,683	0,755
Doses de N (B)	0,084 ⁻⁻	0,173 ⁻⁻	0,552 ⁻⁻
Interação A*B	0,503	0,415	0,992
CV	4,77	1,42	5,65
Equação de Regressão	Pr (>F _c)		
Linear	0,276	0,075	0,193
Quadrática	0,188	0,374	0,487

⁻⁻ Regressão Polinomial. Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo Teste F. Não significativo ($p \geq 0,05$). CV: Coeficiente de variação.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para as fontes de variação: bloco, épocas, doses de N, interação entre épocas e doses de N, para a atividade da enzima nitrato redutase, índice de clorofila Falker (ICF) e teor de N nas folhas do milho, Jataí-GO, 2019.

Fonte de variação	Pr (>F _c)		
	Nitrato Redutase	ICF	Teor de N na Folha
Bloco	0,172	0,001	0,012
Época (A)	0,194	0,124	0,114
Doses de N (B)	0,139 ⁻⁻	0,001 ⁻⁻	0,089 ⁻⁻
Interação A*B	0,054	0,280	0,545
CV ¹	41,48	6,44	6,72
Equação de regressão	Pr (>F _c)		
Regressão Linear		0,001	0,007
Regressão quadrática		0,415	0,790

⁻⁻ Regressão Polinomial. Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo Teste F. Não significativo ($p \geq 0,05$). CV¹: Coeficiente de variação.

A partir dos resultados expressos na Tabela 8, observa-se que houve interação entre as fontes de variação de épocas de aplicação e doses de N apenas para a variável atividade da enzima nitrato redutase. Para as variáveis índice de clorofila Falker e NDVI, os resultados demonstram não haver interação entre as fontes de variação testadas.

Ao avaliar as fontes de variação isoladamente, notou-se efeito significativo apenas para as doses de N, na variável índice de clorofila Falker (Tabela 8).

Desdobrando a interação entre épocas adubação e doses de N, para a atividade da enzima nitrato redutase, observa-se na Tabela 9 que, para as doses de 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N, a primeira época de adubação proporcionou maior atividade da enzima quando comparado à segunda época.

Tabela 9. Desdobramento da interação entre as épocas de aplicação e doses de N aplicadas na braquiária, para a variável atividade da enzima nitrato redutase do milho cultivado em sucessão, Jataí-GO, 2019.

Tratamentos	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	50	100	150	200
Época 1		4,72	6,94	9,18	7,22
Época 2	3,89	4,16	3,33	5,00	4,16
p-valor	---	0,757	0,054	0,028	0,098

Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo Teste F. Significativo a 10% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,1$) pelo Teste F. não significativo ($p \geq 0,1$).

Os resultados obtidos neste estudo, referentes a ação enzimática, podem estar relacionados ao maior tempo em que o N amoniacal, proveniente da ureia, teve para se converter em nitrato pelas reações de nitrificação, predominantes em solos com oxigenação adequada antes de ser absorvido pelas plantas de milho. Nos tratamentos onde o N foi aplicado na primeira época, ou seja, 90 dias antes da dessecação da braquiária, os fatores como fertilidade do solo e a relação C/N podem influenciar nesse processo.

Entende-se que a atividade enzimática é uma ferramenta complementar para compreensão da nutrição das plantas em função da mesma ser atuante na rota de assimilação e incorporação do N inorgânico. Seus valores podem ser alterados e controlados por uma série de estímulos ambientais e intrínsecos a planta (MAZID *et al.*, 2012). Campbell (1999) lembra que o material genético e fatores ambientais

oscilantes durante o dia, principalmente em função da luz, interferem na atividade da enzima, com menor atividade em períodos do dia que não possuem luz como relatado por Scheible et al. (1997).

Avaliando o índice de clorofila Falker, observa-se que as médias se ajustaram à equação de regressão linear positiva, ou seja, aumentou-se o índice de clorofila Falker em função das doses crescentes de N (Figura 4) independente da época de antecipação. Corroborando com os valores encontrados por Argenta *et al.* (2003), que ao realizarem estudo com híbridos de milho e doses de N, observaram regressão linear positiva para o teor de clorofila na cultura em diferentes estádios fenológicos.

O teor de clorofila pode estar associado ao nível de N na planta, pois o elemento e o pigmento correlacionam positivamente (BOOIJ *et al.*, 2000) e correferem-se com o rendimento de grãos (SEGATTO *et al.*, 2017).

O teor de N na folha de milho, independente da dose ou época de aplicação, apresentou média de 29,32 g kg⁻¹ de matéria seca, ou seja, em níveis adequados para a cultura de acordo com os valores recomendados, entre 28 e 35 g kg⁻¹ (SOUSA e LOBATO, 2004).

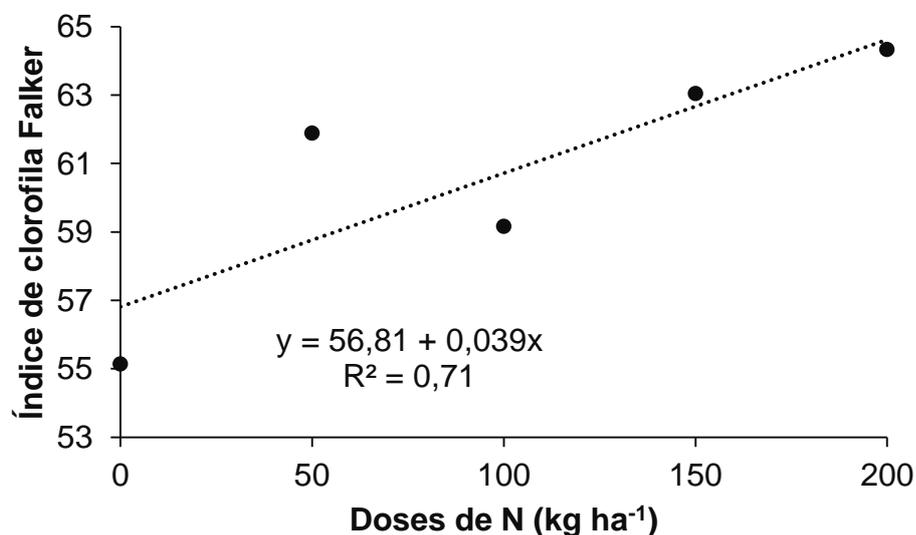


Figura 4. Índice de clorofila Falker em função das doses de nitrogênio aplicadas na braquiária, independente da época, nas folhas do milho cultivado em sucessão.

Na Tabela 10 está apresentado o resumo da análise de variância para o comprimento de espiga, diâmetro de espigas, fileiras de grãos por espiga, grãos por fileira, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de milho. Houve interação entre

épocas de aplicação e doses de N apenas para a produtividade. Analisando isoladamente as fontes de variação, observou-se efeito significativo para épocas de aplicação sobre a variável massa de 1000 grãos.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para as fontes de variação: bloco, épocas de aplicação, doses de N, interação entre épocas e doses de N para comprimento de espiga (CESP), diâmetro de espigas (DESP), fileiras de grãos por espiga (FESP), grãos por fileira (GF), massa de 1000 grãos (M1000) e produtividade de grãos de milho, Jataí-GO, 2019.

Fonte de variação	Pr (>F _c)					
	CESP	DESP	FESP	GF	M1000	PROD
Bloco	0,001	0,337	0,0001	0,662	0,006	0,001
Época (A)	0,907	0,881	0,067	0,451	0,044	0,001
Doses de N (B)	0,660 ⁻	0,988 ⁻	0,171 ⁻	0,164 ⁻	0,288 ⁻	0,009 ⁻
Interação A*B	0,096	0,999	0,072	0,305	0,093	0,007
CV	4,11	12,93	2,24	4,8	4,36	8,00
Equação de regressão	Pr (>F _c)					
Linear	0,192	0,719	0,024	0,056	0,194	0,007
Quadrática	0,735	0,971	0,404	0,881	0,900	0,012

⁻ Regressão Polinomial. Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo Teste F. Não significativo ($p \geq 0,05$). CV¹: Coeficiente de variação.

A massa de mil grãos foi influenciada positivamente com a antecipação da adubação nitrogenada próxima a semeadura do milho, na época 2 (Tabela 11). Este resultado, mais uma vez, reforça a hipótese de perdas de N no sistema com a antecipação da adubação nitrogenada representada pela época 1.

O nitrogênio, entre os elementos, é o que mais interfere no crescimento vegetal: favorece, limita e influencia diretamente na divisão e expansão celular, na área foliar e fotossíntese. Segundo Chapin (1980), ele atua diretamente na divisão e expansão celular, na área foliar e fotossíntese. Esses fatores podem influenciar os parâmetros morfológicos e fisiológicos da cultura do milho, como observado para o diâmetro de colmo neste trabalho. Colmos maiores tendem a acumular maior quantidade de fotossintetizados que serão translocados para os grãos posteriormente, aumentando assim a sua massa. De acordo com Taiz e Zeiger (2013), estes fatores contribuem para o aumento da massa de mil grãos em função do acúmulo e assimilação dos carboidratos.

Tabela 11. Massa de mil grãos (g) de milho em função das épocas de aplicação de N na braquiária, independente da dose utilizada, Jataí-GO, 2019.

Tratamentos	Massa de 1000 Grãos
Época 1	275,77
Época 2	283,97
P-Valor	0,044

Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo Teste F. ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Analisando o desdobramento das épocas de aplicação dentro das doses de N, para a variável produtividade de grãos, observou-se que a época de aplicação 1 não diferiu da época 2 nas doses de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N. Todavia, constatou-se que a época 2 promoveu maior incremento na produtividade de grãos em relação à época 1 na dose 200 kg ha⁻¹ (Tabela 12).

Isto pode ser explicado em função do melhor aproveitamento do N aplicado na cultura de cobertura em data mais próxima da semeadura do milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Momesso et al. (2019) que, ao trabalharem com a antecipação da adubação nitrogenada na cultura do milho, utilizando como culturas de cobertura as espécies *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria ruzizienses*, concluíram que, quanto mais próxima da semeadura do milho for a aplicação de N, melhor será o aproveitamento e o rendimento de grãos.

Tabela 12. Desdobramento da interação entre as épocas de aplicação e doses de N aplicadas na braquiária, sobre a produtividade (kg ha⁻¹) do milho, Jataí-GO, 2019.

Tratamentos	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	50	100	150	200
Época 1					
Época 2	6.641,14	7.210,22	7.637,31	7.315,35	6.460,49
P-Valor	---	0,166	0,766	0,201	0,001

Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F. Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo Teste F. Não significativo ($p \geq 0,05$).

Na Tabela 13 está apresentado o desdobramento das doses de N dentro dos níveis época de aplicação 1 e 2. Analisando o desdobramento das doses de N dentro dos níveis épocas de aplicação (Figura 5), observou-se que na época 2 houve ajuste da equação de regressão linear positiva, ou seja, com o aumento das doses N, ocorreu um incremento na produtividade do milho. Para a época 1, nota-se que as médias se

ajustaram a equação de regressão quadrática, onde obteve-se a máxima eficiência agrônômica na dose de 97,47 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 13. Desdobramento da interação entre as épocas de aplicação e doses de N aplicadas na braquiária, sobre a produtividade de grãos de milho. Jataí, 2019.

Equações	Doses de N	
	Época 1	Época 2
	P-Valor	
Regressão Linear	0,788	0,001
Regressão Quadrática	0,003	0,601

Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo Teste F.

Os resultados obtidos em produtividade apresentam relação direta com os valores encontrados para diâmetro de colmo, parâmetro morfológico e com valores de massa de mil grãos, parâmetro produtivo que demonstram melhor aproveitamento do N pela planta do milho quando aplicado mais próximo da semeadura.

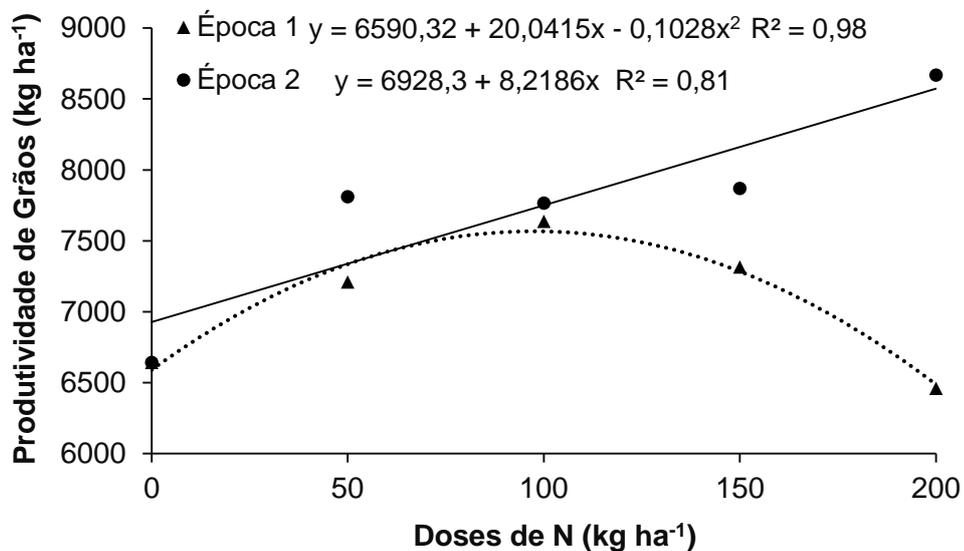


Figura 5. Desdobramento da interação entre as épocas de aplicação e doses de nitrogênio aplicadas na braquiária, sobre a produtividade de grãos do milho cultivado em sucessão.

Deve-se ressaltar que as produtividades alcançadas nesta pesquisa foram baixas considerando o potencial dessa cultura na região, porém, isso pode ser

explicado em função da chuva de granizo que ocorreu durante o ciclo da cultura, promovendo danos físicos nas plantas, como já mencionado anteriormente.

Na análise dos dados com aplicação do teste Dunnett para as variáveis altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo, constatou-se que a associação dos tratamentos época 1 à dose de 200 kg ha⁻¹ de N, diferiu do tratamento adicional para a variável diâmetro de colmo, com média inferior (Tabela 14).

Nota-se que para os parâmetros morfológicos da cultura do milho, altura de plantas e de inserção de espiga, a adubação nitrogenada não interferiu, se feita na cultura de cobertura ou na cultura principal como recomendado, uma vez que o tratamento adicional se apresentou estatisticamente igual ao tratamento sem aplicação de nitrogênio.

A ausência de respostas para estas variáveis pode estar relacionada ao teor inicial de matéria orgânica da área, 39,5 g kg⁻¹ (Tabela 1), uma vez que a disponibilidade de N no solo é diretamente influenciada pela quantidade de matéria orgânica que mesmo possui e pelos materiais que compõem os resíduos vegetais presentes (AMADO et al., 2001; SIQUEIRA et al., 2010).

Tabela 14. Teste de Dunnett para as variáveis altura de plantas (ALP), altura de inserção de inserção da primeira espiga (IESP) e diâmetro de colmo (DCOL), na cultura do milho. Jataí, 2019.

Tratamento		ALP	IESP	DCOL
Época	Dose (kg ha ⁻¹)	cm	Cm	mm
1	0	237,67 a	104,35 a	21,65 a
1	50	235,25 a	103,50 a	22,17 a
1	100	240,70 a	106,50 a	21,70 a
1	150	233,30 a	104,72 a	22,38 a
1	200	236,62 a	101,42 a	20,72 b
2	0	237,67 a	104,35 a	21,65 a
2	50	235,45 a	107,97 a	21,80 a
2	100	232,75 a	106,30 a	22,35 a
2	150	234,90 a	105,22 a	23,06 a
2	200	238,90 a	105,95 a	23,10 a
Trat. Adic.		241,05 a	107,50 a	22,63 a

As médias seguidas por letra (a) na coluna não diferem do tratamento adicional e as seguidas por (b) diferem do tratamento adicional, de acordo com o teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Na Tabela 15 é apresentado o resultado do teste de Dunnett para as variáveis índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI 3 realizada no milho), atividade da enzima nitrato redutase, índice de clorofila Falker e teor de N nas folhas do milho.

Tabela 15. Teste de Dunnett para o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI 3), atividade da enzima nitrato redutase (NRED), índice de clorofila Falker (ICF) e teor de N nas folhas do milho. Jataí, 2019.

Tratamento		NDVI 3	NRED	ICF	Teor de N
Época	Dose (kg ha ⁻¹)		NO ₂ - H ⁻¹ g ⁻¹ MF		g kg ⁻¹
1	0	0,69 a	3,89 a	55,14 b	27,65 b
1	50	0,71 a	4,72 a	60,11 a	28,17 b
1	100	0,70 a	6,94 a	60,05 a	28,35 b
1	150	0,72 a	9,18 a	59,75 a	29,22 a
1	200	0,72 a	4,16 a	63,56 a	29,05 a
2	0	0,69 a	3,89 a	55,14 b	27,65 b
2	50	0,72 a	4,16 a	63,66 a	28,35 b
2	100	0,71 a	3,33 a	59,28 a	30,62 a
2	150	0,72 a	5,00 a	66,33 a	29,40 a
2	200	0,72 a	7,22 a	65,09 a	31,50 a
Trat. Adic.		0,70 a	4,72 a	67,75 a	32,55 a

As médias seguidas por letra (a) na coluna não diferem do tratamento adicional e as seguidas por (b) diferem do tratamento adicional, de acordo com o teste de Dunnett ($p < 0,05$).

As variáveis fisiológicas avaliadas apresentam relação direta com o estado nutricional da planta, e os resultados não significativos para algumas variáveis (NDVI e atividade da enzima nitrato redutase) podem ser explicados pelo alto teor de M.O no solo 39,5 g kg⁻¹ (Tabela 1), além disso, obteve-se uma alta produção de matéria seca da cultura forrageira em todos os tratamentos, nos quais todos apresentaram teores adequados de N no tecido foliar da *Brachiaria*, até mesmo nas testemunhas.

Para o índice de clorofila Falker as testemunhas foram inferiores em relação ao tratamento adicional. Segundo Andrade *et al.* (2003), isso ocorre devido o papel que o N exerce no metabolismo vegetal, pois a biossíntese de proteínas e clorofilas estão diretamente ligadas a disponibilidade desse nutriente.

Nota-se que o tratamento adicional proporcionou maior teor de N nas folhas do milho em relação aos tratamentos sem adubação nitrogenada, época 1/ 50 kg ha⁻¹ de N, época 1/ 100 kg ha⁻¹ de N e época 2/ 50 kg ha⁻¹ de N.

Nota-se ainda que a aplicação de 150 e 200 kg ha⁻¹ de N, independente da época de antecipação, proporcionou teores de N nas folhas de milho estatisticamente iguais ao tratamento adicional.

Para os resultados do teste de Dunnett, onde avaliou-se o comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileira de grãos, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade de grãos de milho. Observa-se que houve efeito significativo apenas para a massa de mil grãos e para a produtividade de grãos de milho (Tabela 16).

O tratamento adicional apresentou maior massa de mil grãos quando comparado aos tratamentos sem adubação nitrogenada, e para as doses de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N aplicados 90 DPS. Nota-se que para essa variável, todas as doses de N (50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) aplicados 60 DPS, apresentaram-se estatisticamente iguais ao tratamento adicional. Já para a adubação efetuada 90 DPS, apenas a maior dose (200 kg ha⁻¹), foi semelhante ao tratamento adicional, sendo assim, para essa variável, a antecipação da adubação nitrogenada apresentou a mesma eficiência quando aplicado a dose máxima 90 DPS, ou independente da dose de N aplicado 60 DPS.

Tabela 16. Teste de Dunnett para comprimento de espiga (CESP), diâmetro de espiga (DESP), fileira de grãos (FESP), grãos por fileira (GF), massa de mil grãos (M1000) e produtividade de grãos de milho (PROD). Jataí, 2019.

Tratamento		CESP	DESP	FESP	GF	M1000	PROD
Época	Dose (kg ha ⁻¹)	cm	mm	un	un	g	kg ha ⁻¹
1	0	17,09 a	45,32 a	16,15 a	34,92 a	274,21 b	6641,13 b
1	50	17,01 a	45,21 a	15,55 a	34,72 a	261,24 b	7210,22 a
1	100	17,69 a	45,12 a	15,60 a	36,22 a	268,84 b	7637,30 a
1	150	17,40 a	43,62 a	15,90 a	36,90 a	265,66 b	7315,34 a
1	200	17,12 a	44,08 a	15,65 a	35,20 a	288,91 a	6460,48 b
2	0	17,09 a	45,32 a	16,15 a	34,92 a	274,21 b	6641,13 b
2	50	17,44 a	44,51 a	16,20 a	34,52 a	282,95 a	7810,40 a
2	100	16,50 a	45,61 a	16,15 a	33,77 a	292,79 a	7764,21 a
2	150	17,51 a	44,24 a	15,60 a	36,22 a	285,77 a	7868,11 a
2	200	17,89 a	45,08 a	15,82 a	36,47 a	284,16 a	8666,94 a
Trat. Ad.		17,48 a	55,29 a	16,15 a	34,25 a	300,90 a	8244,86 a

As médias seguidas por letra (a) na coluna se igualam ao tratamento adicional e as seguidas por (b) se diferenciam da testemunha, de acordo com o teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Para a produtividade de grãos de milho, o tratamento adicional promoveu maior incremento na produtividade (24 e 27 %) em comparação as testemunhas e a época 1/ 200 kg ha⁻¹ N, respectivamente, sendo que este último tratamento foi o responsável pelo menor valor de produção de grãos de milho por hectare, assim como apresentou menor diâmetro de colmo (Figura 3), que pode estar diretamente relacionado ao acúmulo de fotoassimilados e conseqüentemente produtividade de grãos. A não resposta da cultura a essa dose de N pode tanto estar relacionada a possíveis perdas de N no sistema, bem como ao acúmulo de luxo pela planta, pois essa apresentou teores adequados de N no tecido foliar, e conforme citado por Malavolta *et al.* (1989), a alta taxa de absorção e o posterior acúmulo de nutrientes por parte das culturas pode não representar incremento em produtividade.

5. CONCLUSÃO

Com exceção a dose de 200 kg ha⁻¹ de N aplicada 90 dias antes da semeadura do milho, a antecipação da adubação nitrogenada para esta cultura, utilizando a braquiária como planta de cobertura, se mostrou tão eficiente quando a adubação convencional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, p.1643-1651, 2003. (Edição especial).
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; FOSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L. L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio de clorofilômetro. **Revista Brasileira de ciência do solo**. v.27, pag. 109-119, 2003.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.189-197, 2001.

ARGENTON, E. **Antecipação da aplicação do nitrogênio no milho (*Zea mays* L.) no sistema de plantio direto primeira safra**. 2018. (Monografia). Curso de agronomia. UNIVAG, 2018.

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorado com auxílio do sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**. v.33, p.425-431, 2009.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J. R.; AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K. L. (Eds.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands, Wageningen Pers, p.72-82. 2000.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF, na caracterização de cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.9, p. 1101-1106, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009.

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

CAMPBELL, W. H. Nitrate reductase structure function and regulation on bridging to gap between biochemistry and physiology. **Anual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, v.50, p.277-303. 1999.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. P. 375-470.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e Enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**; v.2. Piracicaba, SP. IPNI – Brasil, 2010.

CARARD, M.; NERES, M. A.; TONELLO, C. L. Efeito das doses crescentes de nitrogênio no desenvolvimento de cultivares de *Brachiaria brizantha*. **Revista da FZVA**. Uruguiana, v.15, n.2, p.135-144. 2008.

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade do milho doce (*Zea mays convar. Saccharata var. rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, supplement 1, p. 223-231, 2012.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, pag.163-171, 2002.

CHAPIN, F. S. III. The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.233-260. 1980.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Rendimento de milho no Brasil: Chegamos ao máximo**. In: Simpósio de Rotação Soja/milho no Plantio Direto, 3. Piracicaba, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Vol. 7, n. 2, 2019. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 01 de dezembro. 2019.

CORRÊA, J. C.; HOFFMANN, H. P.; MONQUERO, P.; CASAGRANDE, J. C.; PUGA, A. P.; Efeito do intervalo de dessecação antecedendo a semeadura do milho e do uso de diferentes espécies de plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, p.739-746. 2008.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, J. L.; RODRIGUES, R. B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-Marandu. II – Nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, pag.1601-1607, 2008.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado. **Documento 192**, Embrapa arroz e feijão. Santo Antônio de Goiás, 2006.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Sistema de produção e eficiência agronômica de fertilizantes. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**: Contexto mundial e técnicas de suporte; v.1, p. 229-275, Piracicaba, SP. IPNI – Brasil, 2014.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. da S.; SANTOS, J. R.; ALBURQUEQUE, A. W.; SILVA, E. T. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.4, p.370-375, 2008 (a).

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. da S.; SANTOS, J. R.; ALBURQUEQUE, A. W.; PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.1, p.62-68, 2008 (b).

DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.33, n.5, p.799-804, 2003.

DAMIN, V.; SILVA, M. A. S. Manejo do nitrogênio na região do Cerrado. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P. P. (Ed.). **Práticas de manejo do solo para adequada nutrição de plantas no Cerrado**. Goiânia: UFG, p. 221-251, 2016.

DEMARI, G. H. **Fontes e parcelamento do nitrogênio na cultura do milho**. 2014. 69 p. Dissertação (Mestrado em agronomia – Agricultura e Ambiente). Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

FANCELLI, A. L. Milho. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Culturas**; v.3. Piracicaba, SP: IPNI – Brasil, 2010.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa agropecuária. Tropical**, Goiânia, v. 12, n.1, p. 63-70. 2012.

GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; CECATO, U.; VIEIRA, C.V. Produtividade de capim tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.4, p.317-323. Campina Grande, PB. 2015.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito da dose e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, pag. 931-938. Viçosa, Brasil. 2007.

HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, G. M. A.; CASTRO, S. S. Análise dos compartimentos morfopedológicos como subsídio ao planejamento do uso do solo em Jataí – GO. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 26, p. 113 - 131, 2009.

HOEFT, R. G. **Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA**. Piracicaba: POTAFÓS, p.1-4, 2003.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, São Paulo. v.70, n.2, p.333-334. 2011.

KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.13, n.2, p.201-217. 2014.

LANA, M. C.; WOYTICOSKI JÚNIOR, P. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá. v.31, p.433-438. 2009.

LEMONS, C. L.; MATSUMOTO, S. N.; COELHO, R. A.; SANTOS, M. A. F.; CESAR, F. R. C. F.; BONFIM, J. A.; GUIMARÃES, M. M. C.; LIMA, J. M.; ARAÚJO, G. S.; SOUZA, A. J. de J. Os efeitos do sombreamento na atividade da redutase de nitrato em folhas de *coffea arábica* L. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.2, n.2. Out/2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201p. 1989.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, pag.201, 1997.

MALUF, H. J. G. M.; SOARES, E. M. B.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; SILVA, L. O. G. Decomposição de resíduos de culturas e mineralização de nutrientes em solo com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, pag.1681-1689, 2015.

MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção de milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**. Campinas. V.62, p.267-274. 2003.

MARQUES, L. M. **Antecipação de nitrogênio para cultura do milho em sucessão a gramíneas forrageiras no sistema plantio direto**. 2015. 47 p. Dissertação (Mestrado em agronomia – Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, 2015.

MAZID, M.; KHAN, T. A.; MOHAMMAD, F. Role of nitrate reductase in nitrogen fixation under photosynthetic regulation. **World Journal of Pharmaceutical Research**, v.1, p.384-414. 2012.

MEGURO, N. E.; MAGALHÃES, A. C. Atividade da redutase do nitrato em cultivares de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.17, n.12, p.156-159. 1982.

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 consorciada com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, pag.183-193, 2015.

MENGEL, D. B.; BARBER, S. A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, v.66, n.3, p.399-402, 1974.

MOMESSO, L.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; VYN, T. J.; TANAKA, K. S.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F.; CANTARELLA, H. Impacts of Nitrogen Management on No-Till Maize Production Following Forage Cover Crops. **Agronomy Journal**, v.111, p.639-649. 2019.

OLIVEIRA, P. P. A.; MARCHESIN, W.; LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R. **Guia de identificação de deficiências nutricionais em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. p.3-5 (Comunicado técnico 76).

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, pag.1787-1799, 2011.

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

PRADO, M. R.; CAMPOS, C. N. S. **Nutrição e adubação de grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV, 2018.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.40, pag.247-253, 2005.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC,1996. 285p. (Boletim técnico 100).

ROWLINGS, D. W.; SCHEER, C.; LIU, S.; GRACEA, P. R. Annual nitrogen dynamics and urea fertilizer recoveries from a dairy pasture using ¹⁵N; effect of nitrification inhibitor DMPP and reduce application rates. **Agriculture, Ecosystems & Environment Journal**. v.216, p.216-225. 2016.

SANTINI, L. M. K. **Fontes e doses de nitrogênio na cultura da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés sob condições edafoclimáticas do Cerrado**. 2014. 70 p. Dissertação (Mestrado em agronomia – Sistemas de produção) Faculdade de ciências agronômicas da UNESP, 2014.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA,

J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SCHEIBLE, W. R.; GONZÁLES-FONTES, A.; LAUERER, M. Nitrate acts as a signal to introduce organic acid metabolism and repress starch metabolism in tobacco. **The Plant Cell**, v.9, p.783-798. 1997.

SEGATTO, C.; CONTE, R.; LAJUS, C. R.; LUZ, G. L. Relação da leitura do clorofilômetro com o rendimento da cultura do milho em diferentes níveis de suprimento de nitrogênio. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.16, p.253-259. 2017.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, **Reno-NV-USA**: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**. Brasília, DF. V.21 p.452-455. 2003.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, v.69, p.923-936, 2010.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa agropecuária Brasileira** Brasília, v.48, n.10, p.1351-1359, outubro, 2013.

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão a soja. **Revista Ciência Agronômica**. Campina Grande-PB, v.41, n.4, p.511-518. 2010.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 918 p.

TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A. R. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas. v.5, p.192-201. 2006.

VERGUTZ, L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de Corretivos e Adubação. In: BOREM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho: do plantio a colheita**. Viçosa, MG. 2015.

ZANZARINI, F. V.; PISSARA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.608-614, Campina Grande, PB. 2013.