



**RODRIGO TEIXEIRA DE CARVALHO BOTELHO**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE  
SEMEADURA NA SEGUNDA SAFRA E MANEJO DA ADUBAÇÃO  
NITROGENADA EM COBERTURA**

**LAVRAS – MG  
2018**

**RODRIGO TEIXEIRA DE CARVALHO BOTELHO**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE  
SEMEADURA NA SEGUNDA SAFRA E MANEJO DA ADUBAÇÃO  
NITROGENADA EM COBERTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho  
Orientador

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Botelho, Rodrigo Teixeira de Carvalho.

Desempenho agrônômico do milho em função de épocas de  
semeadura na segunda safra e manejo da adubação nitrogenada em  
cobertura / Rodrigo Teixeira de Carvalho Botelho. - 2018.

50 p.

Orientador(a): Renzo Garcia Von Pinho.

Coorientador(a): Silvino Guimarães Moreira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Zea mays L. 2. nitrogênio. 3. produtividade de grãos. I. Von  
Pinho, Renzo Garcia. II. Moreira, Silvino Guimarães. III. Título.

**RODRIGO TEIXEIRA DE CARVALHO BOTELHO**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE  
SEMEADURA NA SEGUNDA SAFRA E MANEJO DA ADUBAÇÃO  
NITROGENADA EM COBERTURA**

**AGRONOMIC PERFORMANCE OF CORN IN THE FUNCTION OF SOWING  
TIMES IN THE SECOND SAFRA AND NITROGEN FERTILIZATION  
MANAGEMENT IN COVERAGE**

APROVADA em 12 de dezembro de 2018.

Dr. Regis Pereira Venturin EPAMIG

Dr. Silvino Guimarães Moreira UFLA

Dr. Leônidas Carrijo Azevedo Melo UFLA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2018**

*À minha esposa Flávia pelo incondicional apoio e amor. Às minhas filhas Júlia e Valentina pelo carinho.  
Aos meus pais Carlos e Julimara pela fé em mim.  
Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão das bolsas de estudos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao professor Dr. Renzo Garcia Von Pinho, pela orientação, amizade e dedicação com que me orientou durante todo o mestrado.

Ao professor Dr. Silvino Guimarães Moreia, pela coorientação.

Aos amigos Giuliano Buabud Resende e Rodrigo Abreu Gomes, por abrirem as porteiças de suas fazendas para a realização dos experimentos.

A toda a equipe da Pesquisa Milho, pelo apoio na condução dos experimentos.

À Marli, pelo apoio e paciência.

À Produquímica, KWS Sementes, Nidera Sementes e Dow Sementes, pelos materiais disponibilizados.

Aos meus pais, Carlos e Julimara, e ao meu irmão Bruno, que sempre me apoiaram.

À minha esposa amada Flávia, pelo carinho, amor, paciência, apoio e tudo o mais que ela me disponibilizou sem medir esforços.

Às minhas filhas Juju e Tininha, pelo sorriso.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho, estudar o efeito de épocas de semeadura e o manejo da adubação nitrogenada na produtividade de híbridos de milho em segunda safra. Para isso, foram implantados 5 experimentos com diferentes épocas de semeadura, em duas localidades do estado de Minas Gerais, três na Fazenda Chaparral Ashidani, município de São João Del Rei e dois na Fazenda Pedra Branca, Luminárias. Em cada experimento foram avaliados três híbridos (K9110PRO, NS90PRO e 2A401PW) em diferentes formas de adubação de cobertura. Na Fazenda Chaparral Ashidani avaliou-se a aplicação de fertilizante de liberação controlada, Polyblen 40-00-00, dosagem 200 kg.ha<sup>-1</sup> e o controle sem aplicação de fertilizante nitrogenado. Em Pedra Branca, avaliou-se o controle sem aplicação de fertilizante, e os tratamentos, com adubação de liberação controlada, Polyblen 40-00-00, dosagem 200 kg.ha<sup>-1</sup> e com ureia 46%N NBPT dosagem 200 kg.ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições, fatorial triplo, parcelas constituídas por quatro linhas de quatro metros, sendo consideradas as duas linhas centrais, como áreas útil. Os caracteres avaliados foram: produtividade de grãos (Kg.ha<sup>-1</sup>), altura de plantas (m) e altura de inserção de primeira espiga (m). Os dados foram submetidos à análise individual por localidade e conjunta, considerando os diferentes ambientes, por meio do programa estatístico R. A partir dos dados médios obtidos para cada característica avaliada nos 6 ambientes de cada localidade, considerando locais, épocas e adubações, foi realizado um gráfico com 6 semi-eixos para cada híbrido, sendo que cada um dos semi-eixos representa um dos seis ambientes. Conclui-se que a adubação nitrogenada de liberação controlada com Polyblen, não foi superior às convencionais em termos às respostas de produtividade de grãos. Dentre os híbridos avaliados, merece destaque o híbrido NS90PRO, por sua produtividade de grãos e estabilidade nos ambientes testados.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L. Nitrogênio. Produtividade de grãos.

## ABSTRACT

The objective of this work was to study the effect of sowing times and nitrogen fertilization management on maize hybrids in the second harvest. For this, 5 experiments with different sowing times were implemented in two localities of the state of Minas Gerais, three in Chaparral Ashidani Farm, in the city of São João Del Rei and two in Pedra Branca Farm, Luminárias. In each experiment three hybrids (K9110PRO, NS90PRO and 2A401PW) were evaluated in different forms of cover fertilization. At the Chaparral Ashidani farm the application of controlled release fertilizer, Polyblen 40-00-00, dosage 200 kg.ha<sup>-1</sup> and the control without application of nitrogen fertilizer were evaluated. In Pedra Branca the control was evaluated without fertilizer application, and the treatments with controlled release fertilization, Polyblen 40-00-00, dosage 200 kg.ha<sup>-1</sup> and with urea 46% N NBPT dosage 200 kg.ha<sup>-1</sup>. The experimental design was in randomized blocks with five replicates, triple factorial, plots constituted by four rows of four meters, being considered the two central lines as useful area. The evaluated traits were: grain yield (kg.ha<sup>-1</sup>), plant height (m) and first cob insertion height (m). The data were submitted to the individual analysis by locality and joint considering the different environments, through the statistical program R. From the average data obtained for each characteristic evaluated in the 6 environments of each locality, considering sites, times and fertilizations, a graph with 6 half-axes for each hybrid, each of the half-axes representing one of the six environments. It was concluded that the controlled release nitrogen fertilization with Polyblen was not superior to the conventional ones in terms of grain yield responses. Among the evaluated hybrids, the hybrid NS90PRO is worth mentioning, due to its grain yield and stability in the tested environments.

**Key words:** Zea mays L. Nitrogen. Grain yield.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação dos experimentos na Fazenda Chaparral Ashidani, São João Del Rei, Minas Gerais, Brasil, e na Fazenda Pedra Branca, Luminárias, Minas Gerais, Brasil, na safra agrícola 2016/2017.....	25
Tabela 2 - Histórico de cultivo e nutrição mineral das áreas das Fazenda Chaparral Ashidani e Pedra Branca, ano de 2017.....	26
Tabela 3 - Volume pluviométrico em milímetros obtido na Fazenda Chaparral e na Fazenda Pedra Branca, durante a condução dos experimentos, no ano de 2017. ....	26
Tabela 4 - Descrição dos híbridos de milho utilizados nos experimentos.....	27
Tabela 5 - Resumo da análise de variância conjunta para as características produtividade de grãos em kg.ha <sup>-1</sup> (PROD), altura de plantas (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga, em metros (ALTE). Fazenda Chaparral, São João Del Rei, MG, 2018.....	31
Tabela 6 - Altura de plantas em metros (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga em metros (ALTE) obtidas pelos híbridos avaliados. Lavras, MG, 2018. ....	32
Tabela 7 - Estimativas de produtividade de grãos em kg.ha <sup>-1</sup> (PROD), altura de plantas em metros (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga em metros (ALTE) obtidas pelos híbridos avaliados de acordo com a época de plantio. Lavras, MG, 2018.....	34

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Representação gráfica do desempenho dos híbridos de milho avaliados na Fazenda Chaparral Ashidani, nos diferentes ambientes, considerando as características produtividades de grãos em kg.ha-1; altura de plantas e inserção de primeira espiga em metros, conforme metodologia proposta por Nunes et al. (2005). .....35
- Figura 2- Representação gráfica do desempenho dos híbridos de milho avaliados nos diferentes ambientes, considerando as características produtividades de grãos em kg.ha-1; altura de plantas e inserção de primeira espiga em metros, conforme metodologia proposta por Nunes et al. (2005).....42

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1	A cultura do milho no Brasil e em Minas Gerais.....	13
2.2	Exigências nutricionais do milho.....	15
2.3	Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada .....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1	Locais.....	24
3.2	Épocas de instalação dos experimentos.....	26
3.3	Material genético e fertilizantes utilizados.....	27
3.4	Delineamento e condução experimental.....	27
3.5	Características avaliadas .....	28
3.6	Análise dos dados .....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1	Fazenda Chaparral Ashidani.....	30
4.2	Fazenda Pedra Branca.....	36
5	CONCLUSÕES.....	44
	REFERÊNCIAS.....	45

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.), em sucessão à soja (*Glycine max* L.), representa o principal sistema de produção de grãos das regiões agrícolas do Brasil (SOBENKO et al. 2016). Este cultivo denominado de segunda safra (safrinha), teve um grande crescimento nos últimos anos, sendo que a partir do ano de 2012, sua produção superou a primeira safra. No ano agrícola 2017/2018, a produção de milho no Brasil foi de 80,7 milhões de toneladas, em que a primeira safra representou 33,22% desse total e a segunda safra foi responsável por 66,88% (CONAB, 2018).

O cultivo de milho safrinha no Brasil, iniciou-se no final da década de 70, no norte do Paraná, após perdas enormes com a grande geada de 1975, que dizimou muitos cafezais e descapitalizou os agricultores da região. Inicialmente, as lavouras eram conduzidas com poucos investimentos e apresentavam baixas produtividades de grãos. Mas, em função do baixo custo de produção do milho safrinha, quando comparado ao do trigo, cultura tradicional de outono-inverno, os produtores paranaenses insistiram na atividade. Hoje, a realidade é bastante diferente. Após quatro décadas de intensificação do cultivo de milho safrinha, o que se observa é a expansão para outras regiões do país, principalmente para o Centro-Oeste e Sudeste.

Em três décadas, a produção de milho segunda safra aumentou mais de 111 vezes. Em 1984/1985, foi de 483,8 mil toneladas. Já em 2017/2018, a produção foi cerca de 54 milhões de toneladas. Destaque é dado para o aumento da área plantada em aproximadamente 25 vezes, que passou de 373 mil hectares em 1984/85 para mais de 12 milhões de hectares em 2017/2018.

Em Minas Gerais, a produção de milho segunda safra, também teve aumentos bastante expressivos. A produção no estado foi de 1.860 mil toneladas do cereal, o que significa um aumento de quatro vezes na produção em comparação a safra 2011/2012 de 515 mil toneladas (CONAB, 2018). A área utilizada foi de 357 mil hectares com incremento de 3,6 vezes em relação à safra 2011/2012, com produtividade de 4,9 t.ha<sup>-1</sup>.

Entretanto, o plantio de milho segunda safra na região do sul de Minas Gerais é algo relativamente recente. Ainda não se têm muitos estudos sobre o manejo, principalmente no que se refere às práticas de adubação nitrogenada e à época de plantio.

Relatos indicam que uma semeadura tardia expõe a cultura aos riscos de veranicos que acarretam em perdas significativas de produtividade de grãos, causando prejuízos financeiros.

Shioga, Oliveira e Gerage (2010), em trabalho visando avaliar os efeitos das diferentes

épocas de semeadura no desempenho da cultura do milho safrinha, revelaram que, quanto mais distante do fim da estação chuvosa se efetuar a semeadura, melhores serão as condições de clima para obtenção do máximo rendimento de grãos. À medida que se atrasa o plantio, ocorrem perdas gradativas no potencial de rendimento.

Em relação a nutrição da planta de milho, sabe-se que o nitrogênio (N) é o nutriente mineral que exerce maior influência na produtividade de grãos e também o que mais onera o custo de produção. Ele é fundamental para o estabelecimento e a manutenção da área foliar, bem como para a formação das espigas, interferindo tanto na fonte produtora de fotoassimilados quanto no dreno que irá recebê-los. As plantas deficientes em N apresentam amarelecimento das folhas mais velhas, seguidas de clorose generalizada e perda foliar, o que minimiza, drasticamente, a área fotossintética, podendo reduzir entre 10 a 22% o rendimento de grãos.

Os fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada, estão dentro do escopo das práticas de manejo 4 C (fonte certa, dose certa, época certa e local certo) para uso adequado de nutrientes. As tecnologias para fertilizantes podem reduzir as perdas de N em sistemas agrícolas e levar a melhorias na produtividade de grãos. Esse aumento na eficiência da adubação deve sempre estar atrelado a maior rentabilidade econômica e menor impacto ambiental (GUELFY, 2017).

Os fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada, são eficientes no suprimento de N ao longo do ciclo de milho, resultando em altos rendimentos e adequada absorção de macronutrientes pelos híbridos (GUO et al., 2017; LI et al., 2017; GARCIA et al., 2018).

Contudo, embora muitos trabalhos tenham sido realizados nos últimos anos com a cultura do milho, muitas dúvidas existem sobre a fonte de adubação nitrogenada e época de plantio que proporcionem maior rendimento e retorno econômico ao produtor. Dessa forma, objetivou-se no presente trabalho, estudar o efeito de fontes de adubação nitrogenada em cobertura e épocas de plantio no comportamento de híbridos de milho, segunda safra, em clima tropical de altitude.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura do milho no Brasil e em Minas Gerais**

O milho deve ser cultivado preferencialmente em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma lavoura de milho durante o seu ciclo é de cerca de 600 mm (MAGALHÃES; DURÃES, 2006), essa característica evidencia a boa adaptação da planta de milho nas mais variadas taxas de pluviosidade. O milho pertence ao grupo de plantas C4, apresentando, portanto, taxa fotossintética elevada. A profundidade efetiva das raízes da planta de milho está em torno de 30 cm (EMBRAPA, 2010). É uma planta que tem seu desenvolvimento fenológico diretamente relacionado ao número de graus-dia (GD), isso significa que a planta necessita de certa quantidade de energia, representada pela soma de graus térmicos necessários, para completar determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo total. Sendo assim, é estabelecida uma relação linear entre acréscimo de temperatura e desenvolvimento vegetal (CARON et al., 2017).

Como produto agrícola, o milho ocupa o segundo lugar em área plantada no mundo, atrás apenas do trigo e é o primeiro em produção. Os maiores produtores de milho são os Estados Unidos, a China e o Brasil (FAO, 2018).

No Brasil, o plantio dessa cultura foi subdividido em duas épocas, sendo a primeira, a época tradicional, no verão e, a segunda época, vem posterior a safra da soja, sendo denominada 'safrinha'. O estado de Mato Grosso foi o que adotou esse hábito cultural em maior amplitude, sendo a safra extemporal a principal época de cultivo do milho no estado (ARAÚJO et al., 2009). Embora realizados em uma condição desfavorável de clima, os plantios da 'safrinha' vêm sendo conduzidos dentro de sistemas de produção que têm sido gradativamente adaptados a essas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras (EMBRAPA, 2006).

O cultivo denominado 'safrinha', ou segunda safra, para o qual a semeadura é realizada de janeiro a março, torna-se hoje um dos grandes suportes da produção nacional de milho, galgando altas produtividades e grande foco da pesquisa atual (SOUZA et al., 2018).

A segunda safra ou 'safrinha' recebeu essa denominação por apresentar condições menos favoráveis de cultivo, tendo como característica, menor potencial produtivo da cultura do milho, ocasionado, dentre outros fatores, pela restrição hídrica. Porém, estão sendo utilizadas algumas técnicas de cultivo para permitir o bom desempenho da cultura nesse

período, como escolha de híbridos, fertilidade do solo, adubações e arranjo espacial das plantas (SIMÃO, 2016).

No princípio, a planta de milho era cultivada por pequenos agricultores, apenas para alimentação dos animais, posteriormente, viu-se nela a possibilidade de produção para comercialização. E assim, iniciou-se o cultivo extensivo, hoje visto com interesse pelos produtores por seu bom desempenho nos mais diversos climas, além de ser ideal para viabilização do sistema de plantio direto, por sua elevada produção de palhada. Por ser uma planta tão versátil, o milho pode ser empregado de diversas maneiras e explorado em virtude da sustentabilidade, que é o atual foco global (CRUZ, 2011).

Além de estar incorporado à dieta básica das famílias dos produtores, o milho é bastante utilizado pela população urbana, por ser um alimento rico em energia, devido suas altas taxas de amido, e de preço relativamente baixo. Como já citado, o milho é um componente fundamental na ração de animais, tornando-se assim, de grande significado na geração de renda e emprego (SILVA; KHAN; LIMA, 2006). Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal, representa a maior parte do consumo desse cereal, representando cerca de 80% no mundo, o que lhe agrega potencial econômico (MAIA et al., 2017).

O bom rendimento do milho só é possível devido ao manejo apropriado da cultura, onde todas as técnicas foram adequadas em prol do aumento de produtividade e rentabilidade, consorciadas às práticas conservacionistas, que hoje, são essenciais em qualquer grande cultura. No entanto, para se ter êxito no cultivo do milho safrinha, é necessário o posicionamento adequado de cultivares. Em virtude da grande quantidade de híbridos comerciais de milho, da rapidez de sua substituição no mercado, e da variabilidade das características agronômicas, técnicos e agricultores necessitam de informações para a correta escolha dos materiais, a fim de selecionar aqueles mais adequados às condições edafoclimáticas da região de cultivo (GALVÃO et al., 2015).

O estado de Minas Gerais está entre as unidades da federação que se destacam pela elevada produção de grãos, colaborando diretamente com a alimentação da população e dos animais, que tem incluída em suas dietas, a planta de milho, tanto o grão quanto suas partes vegetativas. Mesmo com esse destaque, Minas Gerais ainda precisa de práticas fitotécnicas para incrementar a produção de milho segunda safra (CONAB, 2018).

Quanto ao alto rendimento de grãos de milho, ressalta-se sua variabilidade de acordo com as condições meteorológicas e climatológicas e, entende-se a dependência que a cultura tem de fatores como temperatura do ar, radiação solar e precipitação. Isso implica numa

grande variação na produção, conforme local e ano em que se considera o cultivo, onde, para uma mesma propriedade agrícola a meta de se obter bons rendimentos depende de estratégias de manejo adequadas na condução da cultura (MUNDSTOCK; SILVA, 2005).

## 2.2 Exigências nutricionais do milho

Liebig (1862), introduziu um conceito fundamental, que é a lei do mínimo, conforme a qual o desenvolvimento da planta é limitado pelo nutriente que se encontra em quantidade limitante em relação as suas necessidades, mesmo na presença de quantidades adequadas dos demais nutrientes. Dessa forma, o suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos de milho, pois o mesmo exerce importante função nos processos bioquímicos da planta. Sob condições naturais, o N se apresenta em quantidades deficientes em quase todos os solos brasileiros, estando predominantemente na forma de compostos orgânicos de plantas, animais, microrganismos e matéria orgânica do solo. O N é o único dentre os nutrientes minerais, que pode ser absorvido pelas plantas em duas formas distintas, tanto na de ânion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) como na de cátion amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), sendo incorporado em aminoácidos na própria raiz ou na parte aérea da planta (FORNASIERI FILHO, 2007).

A deficiência de N manifesta-se no campo, com a cultura em crescimento intenso, pela coloração verde-pálida das folhas novas e pela clorose nas folhas velhas, que se tornam amareladas no sentido do ápice para o centro, seguindo a nervura central e tornando a forma de um V invertido. Nessa fase, a superfície das folhas mais velhas torna-se inteiramente amarelada. Esse fenômeno ocorre com maior frequência em condições de seca, sendo chamado comumente de requeima ou sapeco. Após o amarelecimento total, a folha fica parda e morre na mesma sequência natural (BISSANI et al., 2008).

A dinâmica do N na natureza é complexa e de suma importância à vida das plantas, pois envolve inúmeros fenômenos físicos, químicos e biológicos relacionados a disponibilidade do elemento aos vegetais. Ao contrário do que se observa com outros nutrientes, como o P e o K, a quantidade de N disponível no solo pode sofrer flutuações severas, em função de alterações dos processos de adição e perda. Essas perdas (volatilização, desnitrificação e lixiviação) são as grandes responsáveis pela baixa eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados (VARGAS, 2010).

Nas condições brasileiras, em cerca de 1/3 do N é aplicado o nitrogênio, por ocasião da semeadura do milho, e localizado 5 cm ao lado e 5 cm abaixo da semente, e o restante, em



uma a duas coberturas, em geral na superfície do solo, após a emergência das plantas (FORNASIERI FILHO, 2007). Quando a disponibilidade inicial de N no solo for baixa, é necessário aplicar N mesmo no período em que o milho tem menor demanda (até o estágio V5) para assegurar o potencial de rendimento dessa cultura.

A exigência nutricional de uma planta é determinada pela quantidade de nutrientes que ela extrai durante o seu ciclo. No caso do milho, a extração total dependerá do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palha. Assim, tanto na produção de grãos, como na produção de silagem, é necessário colocar à disposição da planta, a quantidade total de nutrientes que essa extrai, em função da expectativa de produtividade, que deve ser fornecida pelo solo e pela reposição, via adubações (COELHO; FRANÇA, 1995; BROCH; RANNO, 2012).

A extração de N, P, K, Ca e Mg aumenta linearmente com o aumento na produção, sendo a maior exigência do milho, refere-se a N e K, seguindo-se do Ca, Mg e P. Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Entretanto, a deficiência de um deles pode ter efeito tanto na desorganização de processos metabólicos quanto na deficiência de um macronutriente, por exemplo, o N.

De acordo com o estudo realizado por Silva et al. (2018), em relação a extração de nutrientes por toneladas de grãos cultivados na safra de verão, em ambientes alto investimento em adubação, sob plantio direto, com produção de média de 11,023 t ha<sup>-1</sup>, de foi de 30,63; 6,15; 19,50; 4,57; 3,37; e 2,0 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg e S, respectivamente, referentes aos macronutrientes. Por sua vez, a exportação de macronutrientes foi de 16,05; 4,27; 3,47; 0,028; 0,84; e 0,97 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg e S, respectivamente.

Embora a marcha de absorção de nutrientes seja afetada pelo clima, cultivares e sistemas de cultivo, de modo geral, pode-se dizer que os nutrientes são absorvidos durante todo o ciclo. As diferenças verificadas nas velocidades de absorção dos nutrientes variam com o ciclo e na sua translocação das folhas e dos colmos para os órgãos reprodutivos. O N e o K são os nutrientes absorvidos em maiores quantidades pela cultura do milho. Porém, o manejo da adubação nitrogenada exige mais cuidados devido às inúmeras reações e ao complexo ciclo desse nutriente no solo, aliado ao fato de ser, geralmente, o nutriente mais caro no sistema de produção da cultura.

Em solos bem arejados, predomina o N na forma nítrica (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). O N amoniacal, tanto o proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, quanto o de fertilizantes amídicos ou amoniacais, é convertido a nitrato por microrganismos do solo. Esse processo,

conhecido como nitrificação, é favorecido por condições aeróbias, altas temperaturas e pH próximo da neutralidade, dentre outros fatores (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

Os fertilizantes nitrogenados, quando utilizados em quantidades excessivas ou em situações desfavoráveis, podem ser perdidos e, eventualmente, converterem-se em poluentes ambientais. Cantarella e Marcelino (2008) descrevem que as perdas de nitrogênio ocorrem por lixiviação, onde a predominância de cargas negativas na camada superficial do solo e a baixa interação química do  $\text{NO}_3^-$  com os minerais do solo; desnitrificação, onde diferentes etapas das inúmeras reações do N no solo ocorrem perdas gasosas  $\text{N}_2^-$  e  $\text{N}_2\text{O}^-$  em condições anaeróbias totais (solos inundados) ou parciais (sítios anaeróbios em um solo predominantemente aeróbio), e volatilização da amônia ( $\text{NH}_3$ ), quando o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) predomina em condições de pH ácido e a forma gasosa,  $\text{NH}_3$ , em condições de pH alcalino. Portanto, esse tipo de perda não é importante nos solos ácidos do Brasil, exceto quando se usa ureia.

A reação de hidrólise da ureia na superfície dos solos gera  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ , independentemente do pH do solo. As perdas, que podem chegar a 60%, dependem das condições ambientais (umidade, características do solo) e são maiores em sistemas manejados com resíduos na superfície do solo, principalmente em sistema plantio direto, pois a atividade da urease é maior em plantas e resíduos vegetais do que em solo. Há também a imobilização de N no solo, em que N pode se tornar temporariamente indisponível para as plantas por meio de reações de imobilização em formas orgânicas do solo, promovidas por microrganismos, quando a relação C/N do meio for elevada. A imobilização do N ocorre predominantemente em áreas com aporte de grandes quantidades de palha de alta relação C/N.

Tanto as condições favoráveis à nitrificação quanto à lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  estão presentes na maioria dos solos brasileiros, durante o período de cultivo do milho de primavera-verão. No Brasil, existem relativamente poucos trabalhos em que as perdas de  $\text{NO}_3^-$  por lixiviação tenham sido avaliadas em sistemas agrícolas.

Para milho, de modo geral, as perdas relatadas são baixas, e as explicações mais prováveis são o uso de doses de N relativamente baixas, solo de textura argilosa da maioria dos locais. Outros fatores como o parcelamento da adubação nitrogenada, na qual a maior parte do N é aplicada no período de ativa absorção pelas plantas, e a imobilização pela microbiota do solo, também colabora para reduzir esse tipo de perda. A lixiviação pode ser problema em áreas de cultivo intensivo, onde se aplicam altas doses de N, em áreas com cultivo de hortaliças, em solos arenosos e em condições de chuvas intensas (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

A maior parte dos fertilizantes nitrogenados comumente utilizados na agricultura brasileira, para a cultura do milho, é solúvel em água (ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio), assim, há liberação rápida no solo das formas de N prontamente assimiláveis pelas plantas, nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), que também são as formas de N mais suscetíveis a perdas do sistema agrícola (GUELFÍ, 2017).

A estratégia mais comum para minimizar as perdas é adequar a aplicação do fertilizante nitrogenado às necessidades da cultura, levando em conta as características do produto usado. Em relação à lixiviação, recomenda-se o parcelamento da adubação de forma que o N seja fornecido nos períodos que antecedem a maior demanda, e quando as plantas já tenham um sistema radicular desenvolvido o suficiente para absorver o nutriente. Para evitar as perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$ , o meio mais eficiente é incorporar o fertilizante ao solo, a uma profundidade mínima de 3 a 5 cm, por meio mecânico ou irrigação. Porém, com extensas áreas, a incorporação se torna inviável (HALL, 2005).

Outra alternativa visando aumentar a eficiência de uso do N pelas culturas, está relacionada ao uso de fertilizantes com maior eficiência (*enhanced-efficiency fertilizers*), que podem ser classificados em fertilizantes de liberação lenta ou controlada, e fertilizantes estabilizados (HALL, 2005).

Segundo Guelfi (2017), a liberação de nutrientes dos adubos recobertos ou encapsulados depende da temperatura e umidade do solo, pois, estes adubos, consistem em compostos solúveis, envoltos por uma resina permeável à água, que irá regular o processo de fornecimento dos nutrientes. A eficiência da adubação, não depende apenas das doses ou quantidades a serem aplicadas, outros fatores devem ser do conhecimento do técnico e/ou agricultor, para que conduzam a um melhor uso dos adubos (BARRETO; FERNANDES, 2002; LACERDA et al., 2006).

Fertilizantes de liberação controlada são aqueles que atrasam a disponibilidade inicial dos nutrientes por meio de diferentes mecanismos, com a finalidade de disponibilizá-los para as culturas por maior período de tempo e otimizar a absorção pelas plantas, reduzindo perdas (TIMILSENA et al., 2014).

De modo geral, os custos dos fertilizantes nitrogenados convencionais e de eficiência aumentada, variam em função das matérias-primas, tecnologias de produção e distância do mercado consumidor (GUELFÍ, 2017). Os preços seguem a seguinte tendência crescente: convencionais < estabilizados < *blendes* ≤ liberação lenta < liberação controlada.

### 2.3 Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada

Os fertilizantes que promovem melhorias na eficiência agrônômica da adubação nitrogenada, em comparação aos fertilizantes convencionais, são denominados fertilizantes de eficiência aumentada (TIMILSENA et al., 2014).

Por ser o fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura mundial e devido a necessidade de redução de suas perdas por volatilização quando aplicada na superfície do solo, a ureia tornou-se o fertilizante convencional mais utilizado para o desenvolvimento de fertilizantes de eficiência aumentada (GUELFY, 2017).

Fertilizantes nitrogenados estabilizados são aqueles nos quais a ureia é tratada com aditivos para estabilização do N. Esse grupo é subdividido em aditivos para inibição da urease e aditivos para inibição da nitrificação. Os principais inibidores de urease são: NBPT(N-(n-butyl) tiossulfônico triamida), hidroquinona, cobre, boro e catecol. Dentre os inibidores de nitrificação estão os compostos químicos: DMPP (3,4-Dimethylpyrazole phosphate), DCD (dicyandiamide), tiosulfato de amônio e o nitrapyrin (TRENKEL, 2010).

Fertilizantes nitrogenados de liberação lenta, ou quimicamente modificados, são produtos de condensação da ureia com aldeídos. Dentre os mais utilizados estão: UF (ureia formaldeído), ureia metileno (UM), IBDU (isobutylidene-diureia) e CDU (ciclo diureia) (GUELFY, 2017).

Fertilizantes nitrogenados de liberação controlada são fertilizantes nitrogenados convencionais, como a ureia, que têm alta solubilidade em água, aos quais são adicionados compostos para o recobrimento do grânulo que serve de barreira física e controla a passagem de N por difusão. Existem diversos compostos que podem ser utilizados para o recobrimento do grânulo, como enxofre elementar ( $S^0$ ), resinas plásticas, termoplásticos, poliuretano, polietileno, dentre outros (TRENKEL, 2010).

De forma geral, os fertilizantes estabilizados possuem maior importância no mercado usados na cultura do milho do que os de liberação lenta ou controlada, devido ao alto custo de produção desses últimos (três a dez vezes maior, comparado ao dos fertilizantes convencionais). Isso restringe os fertilizantes de liberação controlada a nichos de mercado de alto valor agregado, tais como viveiros de mudas, campos e jardinagem. Porém, há grande esforço da indústria mundial de fertilizantes para desenvolver produtos dessa família com preço competitivo (ALMEIDA; SANCHES, 2012).

O efeito positivo da adição de inibidores de nitrificação depende da ocorrência de condições que levem a perdas por lixiviação com o uso de fontes ou métodos convencionais de aplicação de fertilizantes. Não parecem ser substitutos para bom manejo, mas oferecem flexibilidade para alternativas de manejo (antecipação de aplicação, redução de parcelamentos). Os resultados favoráveis observados na Europa não foram reproduzidos no Brasil (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

Existem diversos inibidores de nitrificação dentre eles nitrapirina (NP), que tem seu uso restringido aos Estados Unidos, sendo utilizado primordialmente para fertilizantes nitrogenados amoniacais, tais como amônia anidra, ureia, sulfato de amônio, uran, nitrato de amônio e esterco animais. Sua taxa de aplicação é relativamente baixa, variando de 0,4 a 1,4 kg ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo e seu efeito inibidor se manifesta geralmente por seis a oito semanas. Uma desvantagem da NP é a sua pressão de vapor relativamente alta, com tendência à volatilização, o que tem levado o fabricante a recomendar a incorporação do produto ao solo logo após a aplicação (ALMEIDA; SANCHES, 2012).

A DCD apresenta poder de inibição relativamente menor que o da NP, sendo necessária a aplicação de doses maiores para se obter boas taxas de inibição. Tem a vantagem de ser também, um fertilizante nitrogenado de liberação lenta, solúvel em água, pouco volátil, podendo ser armazenada indefinidamente em condições secas. Essas características a tornam apta para ser utilizada junto a fertilizantes amoniacais sólidos, tais como ureia e sulfato de amônio, e fluidos, como uran (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

O DMPP é um inibidor de nitrificação desenvolvido recentemente, compatível fisicamente com fertilizantes granulados, sendo bastante eficiente para inibir a nitrificação, mesmo quando aplicado em doses baixas. Geralmente é recomendado na dose de 1% em relação à quantidade de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ou N-amida dos fertilizantes. Além disso, tem baixa toxicidade e é bem tolerado pelas plantas. Na Europa, a adição de DMPP à adubação nitrogenada na cultura de milho, proporcionou incremento de produção de grãos, sem prejuízo às demais variáveis analisadas (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

Dentre as opções de fertilizantes estabilizados não convencionais para culturas extensivas, aqueles contendo inibidores de urease têm sido os de maior expressão comercial, inclusive no Brasil. Esta tecnologia representa uma opção de manejo na cultura do milho que pode ser revertida em incrementos de produção, especialmente em áreas onde a cultura é conduzida no sistema de plantio direto e se realizam adubações com ureia em superfície, condições favoráveis para a ocorrência de perdas de N por volatilização de amônia.

O PPD mostrou resultados inconsistentes em testes de campo, além de se decompor rapidamente no solo, conduzindo à perda da capacidade inibidora em intervalos relativamente curtos (JÚNIOR LAZ et al., 2011).

Já o NBPT vem mostrando os melhores resultados entre os inibidores de urease, sendo eficiente em baixas concentrações (cerca de 500 a 1.000 mg NBPT por kg de ureia). Além disso, sua aplicação não tem mostrado efeito sobre as propriedades biológicas do solo, o que contribuiu para tornar seu uso viável. Estudos desenvolvidos no Brasil e no exterior, mostram que o NBPT não é capaz de controlar completamente as perdas de  $\text{NH}_3$  que acontecem quando a ureia é aplicada na superfície de solos, tendo em vista que sua ação depende de condições ambientais e das características físico-químicas do solo. Sua estabilidade é de 3 a 15 dias, dependendo da temperatura e da umidade do solo. A ocorrência de chuvas suficientes para incorporar a ureia ao solo em um intervalo de 3 a 7 dias após a adubação, é a condição que mais favorece a eficiência do NBPT em reduzir as perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$ . Porém, mesmo na ausência de chuvas, alguma redução na volatilização tem sido observada (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

No Brasil, perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  foram avaliadas nos últimos anos em mais de uma dezena de ensaios de campo, comparando a ureia tradicional com a ureia tratada com 1.050 mg ou 530 mg de NBPT por kg de ureia, com os fertilizantes aplicados na superfície sem incorporação e em solo coberto com palha (SPD para milho) ou restos de plantas (pastagens). As perdas de N por volatilização nas parcelas adubadas com ureia variaram de 18% a 65% do N aplicado, ao passo que essas perdas foram reduzidas em média em 60% quando a ureia foi tratada com NBPT, dependendo da temperatura e da umidade inicial do solo e do período e intensidade das chuvas que aconteceram nos dias subsequentes à adubação (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

O revestimento da ureia com  $\text{S}^0$  foi uma das primeiras tecnologias de produção desenvolvidas para diminuir a taxa de hidrólise da ureia no solo e as perdas de N por volatilização. Outra função do revestimento com  $\text{S}^0$  é reduzir a higroscopicidade da ureia, além disso, a adição de  $\text{S}^0$  faz com que a ureia leve ao solo enxofre na forma elementar.

Acreditava-se que esse  $\text{S}^0$  poderia gerar acidez para diminuir o pH na região de hidrólise da ureia, entretanto, a taxa de hidrólise da ureia é mais rápida do que a de oxidação do  $\text{S}^0$  do revestimento (AZEEM et al., 2014).

Para a produção da ureia revestida com  $\text{S}^0$ , inicialmente os seus grânulos devem ser revestidos com subprodutos de petróleo para atuarem como selantes. Posteriormente, a ureia

deve ser pré-aquecida (71 a 82°C) para deixar a superfície dos grânulos mais propícia para receber o S fundido (159 °C). Os selantes e o S<sup>0</sup> não devem penetrar no grânulo de ureia após o recobrimento (LIU et al., 2008).

Alguns plastificantes também podem ser adicionados ao S<sup>0</sup> fundido para melhorar sua aderência e distribuição nos grânulos de ureia (LIU et al., 2008). Ceras, como parafinas e agente condicionantes, devem ser adicionadas para selar as fissuras, aumentar a dureza, diminuir a tendência à formação de pó da camada de S<sup>0</sup> e aumentar a fluidez dos grânulos.

A taxa de liberação do N da ureia + S<sup>0</sup> depende da espessura e qualidade do revestimento, da atividade dos microrganismos responsáveis pela oxidação do S<sup>0</sup>, pH, temperatura e umidade do solo. Por isso, alguns pesquisadores consideram a ureia revestida com S<sup>0</sup> como fertilizante de liberação lenta (AZEEM et al., 2014).

O revestimento da ureia com S<sup>0</sup> tem algumas desvantagens. Entre elas, a ocorrência de fissuras que permitem a entrada de água e a dissolução do grânulo de ureia, deixando somente o revestimento intacto no solo. Devido à fragilidade inerente da camada de S<sup>0</sup> e à desuniformidade do revestimento, é necessária a adição de mais outra camada ao revestimento com polímeros nos grânulos de ureia. Os selantes mais utilizados são hidrocarbonetos, ceras, polietileno e polímeros vegetais. Essa camada também tem a função de aumentar a resistência à abrasão e ao impacto, pois durante o manuseio, transporte e mistura com outros fertilizantes pode ocorrer deterioração dos grânulos (LIU et al., 2008).

A irregularidade no revestimento de S<sup>0</sup> adicionado à ureia, promove liberação desigual do N. Para melhorar o controle da liberação de nutrientes foi proposta a adição de mais uma camada de polímeros à ureia revestida com S<sup>0</sup>, o que originou a ureia revestida com S<sup>0</sup> e polímeros, denominada também de fertilizante híbrido (DETRICK, 1997). De maneira geral, o produto final contém 37% a 42% de N, 8% a 15% de S<sup>0</sup> e 2% de um polímero selante.

Os fertilizantes com revestimento híbrido representam uma evolução, em comparação à ureia revestida somente com S<sup>0</sup>. Entretanto, continuam apresentando algum efeito *burst*, quando 1/3 ou mais da ureia aplicada é liberada imediatamente após o contato com a água, ou *lock-off* quando 1/3 ou mais da ureia é liberada muito tempo após requerido pela planta (TRENKEL, 2010).

O revestimento de ureia por polímeros pode promover maior estabilidade do fertilizante no solo. Miyazawa e Tiski (2011) observaram elevação do teor de  $N-NH_4^+$  quando se utilizou a ureia revestida por polímeros Policote®, em comparação ao solo adubado com ureia sem revestimento. Dessa forma, se pode obter eficiência na redução das perdas de nitrogênio por lixiviação, pela redução no teor de nitrato no solo em detrimento da elevação dos teores de amônio, mais estável no solo, e menos propenso a perdas de nitrogênio por lixiviação.

A liberação do fertilizante de grânulos revestidos consiste de três etapas: a fase inicial de retardo, na qual quase não ocorre liberação do fertilizante; a segunda fase, de liberação gradual do fertilizante, a uma taxa constante; e a última fase, na qual é observada uma queda no fornecimento do nutriente por parte do grânulo. Du, Zhou e Shaviv (2006) explicam que o atraso na liberação inicial do fertilizante possivelmente é devido à necessidade do preenchimento de água nos espaços porosos internos do grânulo. Quando esse estágio é atingido, inicia-se a liberação constante do nutriente, que é dependente da própria solubilidade, difusividade e permeabilidade do elemento através da película do polímero ou composto que reveste o grânulo, assim como as interações com a temperatura, o tipo do meio sobre o qual é aplicado o fertilizante e a umidade do mesmo (MARIANO et al., 2011).



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Locais**

Os experimentos foram conduzidos em duas localidades no estado de Minas Gerais (São João Del Rei e Luminárias), nas mesorregiões dos Campos das Vertentes e Sul de Minas. O clima da região é classificado como Cwa, mesotérmico com verões brandos e suaves e estiagens de inverno (SÁ JUNIOR et al., 2012).

A Fazenda Chaparral Ashidani, localiza-se no município de São João Del Rei, com coordenadas geográficas 21°21'38.70"S de latitude e 44° 9'50.69"O de longitude, com altitude de 1075 metros. O outro local de condução foi no município de Luminárias, MG, na Fazenda Pedra Branca, cuja coordenadas geográficas são 21°27'25.01"S de latitude e 44°58'9.33"O de longitude, com altitude 928 metros.

As análises químicas de solo utilizando a metodologia do IAC, onde os nutrientes são extraídos por uma resina que simula a capacidade de absorção das raízes, antes da implantação do experimento, bem como os históricos de cultivo das respectivas áreas estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação dos experimentos na Fazenda Chaparral Ashidani, São João Del Rei, Minas Gerais, Brasil, e na Fazenda Pedra Branca, Luminárias, Minas Gerais, Brasil, na safra agrícola 2016/2017.

Característica	Unidade	Chaparral Ashidani	Pedra Branca
pH	CaCl <sup>2</sup>	6,3	5,4
K	mg dm <sup>-3</sup>	102,4	119,3
P resina	mg dm <sup>-3</sup>	73,2	57,9
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,3	3,0
Mg	mg dm <sup>-3</sup>	1,3	0,9
Al	mg dm <sup>-3</sup>	0,0	0,0
H + Al	mg dm <sup>-3</sup>	1,8	2,7
SB	mg dm <sup>-3</sup>	4,8	4,2
t	mg dm <sup>-3</sup>	4,8	4,2
T	mg dm <sup>-3</sup>	6,6	6,9
V	%	73,0	61,0
m	%	0,0	0,0
MO	dag/kg	6,0	3,2
P-rem	mg L <sup>-1</sup>	11,6	Nd
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	3,8	Nd*
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	24,0	Nd*
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	13,3	Nd*
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	1,8	Nd*
B	mg dm <sup>-3</sup>	0,1	0,54
S	mg dm <sup>-3</sup>	17,2	Nd*

pH: potencial hidroeônico; K: Potássio; P: Fósforo; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H: Hidrogênio; SB: Soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions potencial V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; MO: Matéria Orgânica; P-rem: fósforo remanescente; Zn: Zinco; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Cu: Cobre; B: Boro; S: Enxofre.

Nd\*: informação não disponível.

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 2 - Histórico de cultivo e nutrição mineral das áreas das Fazenda Chaparral Ashidani e Pedra Branca, ano de 2017.

Safra	Localidade	Cultura	Gesso	Calcário	Nitrogênio <sup>1/</sup> (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Fósforo <sup>1/</sup> (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Potássio <sup>1/</sup> (Kg.ha <sup>-1</sup> )
2015/2016	Chaparral	Soja	0	0	22	104	0
2016	Chaparral	Pousio	0	0	0	0	0
2016/2017	Chaparral	Soja	0	0	11,66	55,12	60
2017	Chaparral	Milho	0	0	112	104	0
2015/2016	Pedra Branca	Tomate	Nd <sup>2/</sup>	Nd <sup>2/</sup>	Nd <sup>2/</sup>	Nd <sup>2/</sup>	Nd <sup>2/</sup>
2016/2017	Pedra Branca	Soja	0	0	22	104	90
2017	Pedra Branca	Milho	0	0	10	30	10

<sup>1/</sup>Adubações de N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K<sub>2</sub>O em kg ha<sup>-1</sup> aplicado por safra.

<sup>2/</sup> Informações não disponibilizadas.

Fonte: Do autor (2018).

A Tabela 3 apresenta o volume de precipitação pluviométrica, em milímetros, medido nas Fazendas Chaparral Ashidani e Pedra Branca, durante a condução dos experimentos.

Tabela 3 - Volume pluviométrico em milímetros obtido na Fazenda Chaparral e na Fazenda Pedra Branca, durante a condução dos experimentos, no ano de 2017.

Mês	Fazenda Chaparral	Fazenda Pedra Branca
Março	123	159
Abril	62	109
Mai	37	58
Junho	58	29
Julho	0	0
Agosto	7	2
Setembro	0	33
TOTAL	287	390

Fonte: Do autor (2018).

### 3.2 Épocas de instalação dos experimentos

Na Fazenda Chaparral, em São João Del Rei, instalou-se três experimentos contíguos, implantados em três épocas de semeadura: 1<sup>a</sup> Época: plantio em 06/03/2017; 2<sup>a</sup> Época: plantio em 13/03/2017 e 3<sup>a</sup> Época: plantio em 22/03/2017.

Já em Luminárias, na Fazenda Pedra Branca, foram implantados dois experimentos contíguos, instalados nas seguintes épocas de semeadura: 1<sup>a</sup> Época: plantio em 15/03/2017 e 2<sup>a</sup> Época: plantio em 23/03/2017.

### 3.3 Material genético e fertilizantes utilizados

Foi avaliado o desempenho agrônomo de três híbridos simples de milho (TABELA 4). Os híbridos foram selecionados entre os que mais se destacam pela estabilidade e produtividade de grãos na região, bem como maior parcela de área plantada.

A fonte de nitrogênio de liberação controlada empregada foi o Polyblen 40-00-00 MILHO, com as seguintes garantias: 40,0% N, 6,83% S, 0,14% B, 0,14% Cu, 0,41% Mn, 0,41% Zn e 0,131% NBPT.

Tabela 4 - Descrição dos híbridos de milho utilizados nos experimentos.

	NOME	EMPRESA	EVENTO	CICLO
1	K9110PRO	KWS	Transgênico Bt	SUPERPRECOCE
2	NS90PRO	NIDERA	Transgênico Bt	PRECOCE
3	2A401PW	DOW	Transgênico Bt e RR	SUPERPRECOCE

Fonte: Do (autor (2018)).

O fertilizante Polyblen consiste em *blend* ou mistura de Produco (patente nº EP 0574541 B1) descrito como ureia comum encapsulada com enxofre elementar, revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis (PSCU)[(39-00-00-11), (N-P2O5-K2O-S)], e Ureia 46%N coberta com NBPT em uma proporção de 70:30, produzido e comercializado por Produquímica Indústria e Comércio – Compass Mineral.

A outra fonte utilizada foi Ureia 45% revestida com 0,27% de NBPT.

### 3.4 Delineamento e condução experimental

O delineamento experimental empregado em todos os experimentos foi de blocos casualizados (DBC), com cinco repetições, em esquema fatorial triplo (híbridos x épocas x adubação). As parcelas foram constituídas por quatro linhas de quatro metros, sendo a área útil formada pelas duas linhas centrais. A densidade da semeadura manual foi de seis sementes por metro, com espaçamento entre linhas de 0,50 m. Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste na linha de plantio, obtendo três plantas por metro linear.

Na Fazenda Chaparral Ashidani foram avaliados 18 tratamentos, sendo 3 em cada época de semeadura (06/03/2017, 13/03/2017 e 22/03/2018), três híbridos (KS9110PRO, NSPRO e 2A401PW), e duas condições de adubação nitrogenada em cobertura: sem

adubação em cobertura (controle); e com aplicação de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de Polyblen 40-00-00 na fase V2-V3, paralelo a linha da cultura, sem incorporação (ureia + revestimento).

Na Fazenda Pedra Branca foram avaliados 18 tratamentos, sendo os três híbridos, em duas épocas de semeadura (15/03/2017 e 23/03/2017), submetidos a três condições de adubação nitrogenada em cobertura: com aplicação de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de Polyblen 40-00-00 na fase V2-V3, paralelo a linha da cultura, sem incorporação (ureia + revestimento S); com aplicação de 200 kg.ha<sup>-1</sup> Ureia 46-00-00 NBPT na fase V2-V3, paralelo a linha da cultura, sem incorporação (ureia) e sem adubação em cobertura (controle).

Vale elucidar que na Fazenda Chaparral Ashidani, o produtor aplicou na safra 2016/2017 em pré-plantio, a lanço, 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia 46% N granulada com 0,27% de aditivo de NBPT, correspondendo a 90 kg de N ha<sup>-1</sup>. Durante o plantio foi incorporado no sulco de semeadura 200 kg de Fosfato Monoamônico 11%N, 52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, correspondendo a 22 kg/ha de N e 104 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Na Fazenda Pedra Branca foi utilizada no plantio, pelo produtor, durante a semeadura, uma adubação de 100 kg de 10-30-10, 10% N, 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10% de K<sub>2</sub> O, correspondendo a 10, 30 e 10 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub> O, respectivamente.

Os demais tratamentos culturais, tais como controle de plantas daninhas, insetos e doenças, foram efetuados conforme recomendação da cultura do milho em segunda safra para a região, e seguindo o padrão de cada fazenda, realizados na área comercial onde foram instalados os experimentos.

### 3.5 Características avaliadas

Foram avaliadas as alturas de plantas, medidas do solo ao fim do pendão; inserção da espiga, medidas do solo até a inserção da primeira espiga ambas com emprego de régua graduada em centímetros, cinco plantas aleatórias da área útil da parcela e produtividade de grãos em gramas por parcela ajustadas para kg ha<sup>-1</sup> com a correção de umidade para 13% e correção da população final para 60000 plantas por hectare, utilizando-se o método de correção com regra de três proposto por Cruz e Carneiro (2003), onde os rendimentos foram corrigidos pela expressão  $Z_{ij} = Y_{ij} \cdot (H/X_{ij})$ , em que  $Z_{ij}$  representa a produtividade corrigida e  $Y_{ij}$  o rendimento observado nas parcelas, cujo estande é de  $X_{ij}$  plantas, e  $H$  representa o estande ideal.

### **3.6 Análise dos dados**

Após a coleta dos dados, os mesmos foram submetidos à análise de variância individual por experimento, e conjunta, para cada local envolvendo as diferentes épocas de semeadura (Fazenda Chaparral Ashidani e Fazenda Pedra Branca), por meio do programa estatístico R (R Core Team, 2017). As médias obtidas foram comparadas por meio do teste de agrupamento Scott-Knott (1974).

Considerando-se cada local, a partir dos dados médios obtidos para as características avaliadas nas diferentes épocas e adubações, realizou-se um gráfico com semi-eixos para cada híbrido, sendo que cada um dos semi-eixos representa um dos ambientes, conforme metodologia proposta por Nunes, Ramalho e Abreu (2005).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Fazenda Chaparral Ashidani**

Verifica-se por meio das estimativas do coeficiente de variação (CV), que os experimentos foram conduzidos com boa precisão experimental, tendo apresentado CV%, inferiores a 15% para os caracteres altura de plantas e altura de inserção de primeira espiga (TABELA 5). Apenas para a produtividade de grãos em  $\text{kg ha}^{-1}$ , a estimativa de CV(%) foi de 24%, porém, valor compatível com outros relatados na literatura (SOUZA et al., 2010; GUEDES et al., 2017; ROLIM et al., 2012).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância conjunta para as características produtividade de grãos em kg.ha<sup>-1</sup> (PROD), altura de plantas (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga, em metros (ALTE). Fazenda Chaparral, São João Del Rei, MG, 2018.

FV	QM			
	GL	PROD	ALTP	ALTE
Épocas (P)	2	79494901,4111**	2,5965**	2,1247**
Adubação de cobertura (C)	1	4503304,7111**	0,0076	0,0020
Híbridos (H)	2	1708816,0444	0,2358**	0,1322**
C x P	2	287841,1444	0,0446	0,0042
C x H	2	3480,0444	0,0172	0,0146
P x H	4	1983662,2444	0,0470	0,0501
C x P x H	4	621049,2777	0,0349	0,0048
C x P x H /Rep	20	1148640,6055	0,0335	0,0186
Resíduo	52	1324486,7132	0,0492	0,0261
Média		4793,91	2,12	1,13
CV(%)		24,01	10,47	14,34
rgg		0,80	0,97	0,91

\*\*Significativo pelo teste de F a 10% de probabilidade

Fonte: Do autor (2018).

Quando se conduz ensaios de manejo e produção de grandes culturas, para se avaliar a qualidade dos dados e, também, a precisão experimental, deve-se abordar não apenas a perspectiva da estatística e, sim, associar com aspectos genéticos. Dessa forma, além do coeficiente de variação é válido estimar valores da acurácia (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2010). Essas inferências estão associadas às correlações entre valores genéticos preditos e valores genéticos verdadeiros dos indivíduos, ou seja, quanto maior a acurácia, maior será a confiança na avaliação e no valor genético predito (PIMENTEL-GOMES, 2009). A acurácia relativa está diretamente relacionada à herdabilidade, quando maior a herdabilidade, maior será a acurácia. Neste trabalho, observa-se elevadas estimativas de acurácias, com valores variando de 0,97 para o caráter altura de plantas, a 0,80 considerando a



produtividade de grãos. Esses valores indicam boa precisão experimental, conforme discutido por Pimentel-Gomes (2009).

Foram detectadas diferenças significativas entre os híbridos avaliados considerando a altura de plantas e a altura de inserção da primeira espiga (TABELA 6). Teste de F significativo também foi verificado para a fonte de variação épocas, para todas as características. Em relação a adubação de cobertura, verificou-se variabilidade para a produtividade de grãos, fato que, em princípio, pode comprovar a eficiência da aplicação da adubação de liberação controlada.

Tabela 6 - Altura de plantas em metros (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga em metros (ALTE) obtidas pelos híbridos avaliados. Lavras, MG, 2018.

Fonte de Variação	Características	
	ALTP	ALTE
Híbridos		
2A401PW	2,03 b	1,07 b
9110PRO	2,12 b	1,12 b
NS90PRO	2,21 a	1,20 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott e Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2018).

Verifica-se que a aplicação de fertilizante nitrogenado de liberação controlada em cobertura, alterou a produtividade de grãos na média dos híbridos. Onde se aplicou ureia + revestimento S produziu  $5017 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  e onde não houve adubação em cobertura produziu  $4570 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . A resposta à adubação foi de um aumento de 9%, ou seja, 7,45 sacos por hectare. Contudo, considerando-se o custo por hectare de ureia + revestimento S, na respectiva safra, de 597,8 reais, este investimento não apresentaria retorno financeiro ao produtor. Tal fato pode ser explicado devido a realização, no plantio, da adubação nitrogenada com ureia 46% N tratada com NPBT na dose de 200 kg por hectare, correspondente a 92 kg de  $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , em área total. Vale a pena ressaltar também, que o plantio de segunda safra é realizado em ambiente desfavorável quanto a pluviosidade e luminosidade, com isso, é provável que a cultura não tenha assimilado o N extra aplicado na ureia + revestimento S.

Viapiana (2014) também verificou eficiência no emprego, em cobertura, da adubação de liberação controlada no rendimento de grãos. A produtividade variou de  $3.077 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , no tratamento sem nitrogênio, até  $11.184 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , no tratamento onde foram aplicados na semeadura  $176 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  com Polyblen Plus® 60/40. Contudo, na análise econômica, concluiu

que, mesmo que diversos tratamentos que utilizaram Polyblen® e Polyblen Plus® tenham apresentando uma maior eficiência agrônômica, reduzindo a entrada para aplicação de N em cobertura, o preço destes fertilizantes inviabilizaram a sua utilização comercial na lavoura de milho.

Uma vantagem de utilizar fertilizantes revestidos é a melhoria nas características físicas dos grânulos revestidos. De acordo com Salman (1989), que realizou avaliações físicas na ureia convencional e recoberta com polímeros, esta última apresentou melhores características para armazenagem e manipulação no momento da aplicação no solo. Contudo, a contaminação por parte dos resíduos de polímeros se apresenta como uma desvantagem importante deste tipo de fertilizante (ZOU et al., 2009). Wan et al. (2011) mencionam que a resina termoplástica sintética utilizada para revestir fertilizantes pode levar uma grande quantidade de anos para ser degradada, não obstante, alguns esforços têm sido feitos para minimizar ou eliminar essa desvantagem e para o emprego de tal tecnologia se tornar mais viável economicamente.

Para a altura de plantas e altura de inserção de primeira espiga, em metros, o emprego de ureia + revestimento S não alterou o desempenho médio dos híbridos avaliados. Esses resultados permitem inferir, a princípio, que o N aplicado em cobertura pode ter sido absorvido pelos híbridos e convertido em fotoassimilados, ou seja, fonte para produção e enchimento de grãos. Resultados contraditórios são apresentados por Okumura et al. (2013) em que o incremento nas doses de adubo nitrogenado tratado com a molécula de NBPT proporcionou alterações significativas, tanto para a altura de espiga, altura de plantas, quanto para o rendimento de grãos.

Considerando a fonte de variação, épocas de semeadura, houve desempenho diferenciado na média dos híbridos para as características produtividade de grãos, altura de plantas e altura de inserção de primeira espiga (TABELA 7). Em todas as características, menores estimativas foram observadas na última época de plantio.

Trabalhos envolvendo a cultura do milho segunda safra, observaram o mesmo resultado, ou seja, quando mais distante da época de plantio recomendada para a região, que é entre meados de janeiro até o início de março, se realiza a implantação da cultura, menores são os valores de produtividade de grãos e das demais características relacionadas ao comportamento agrônômico das plantas (DUARTE et al., 2000). Menores produtividade de grãos são obtidos em função de menor desenvolvimento da planta, causado pelas menores temperaturas do ar e radiação solar incidente, que afetam a formação e a expressão dos

componentes de do rendimento, e conseqüentemente, o rendimento de grãos (MUNDSTOCK; SILVA, 2005).

Tabela 7 - Estimativas de produtividade de grãos em kg.ha-1 (PROD), altura de plantas em metros (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga em metros (ALTE) obtidas pelos híbridos avaliados de acordo com a época de plantio. Lavras, MG, 2018.

Data de Semeadura	Características		
	PROD	ALTP	ALTE
06/03/2017	6451,20 a	2,42 a	1,40 a
13/03/2017	4733,30 b	2,11 b	1,11 b
22/03/2017	3197,23 c	1,83 c	0,87 c

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott e Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2018).

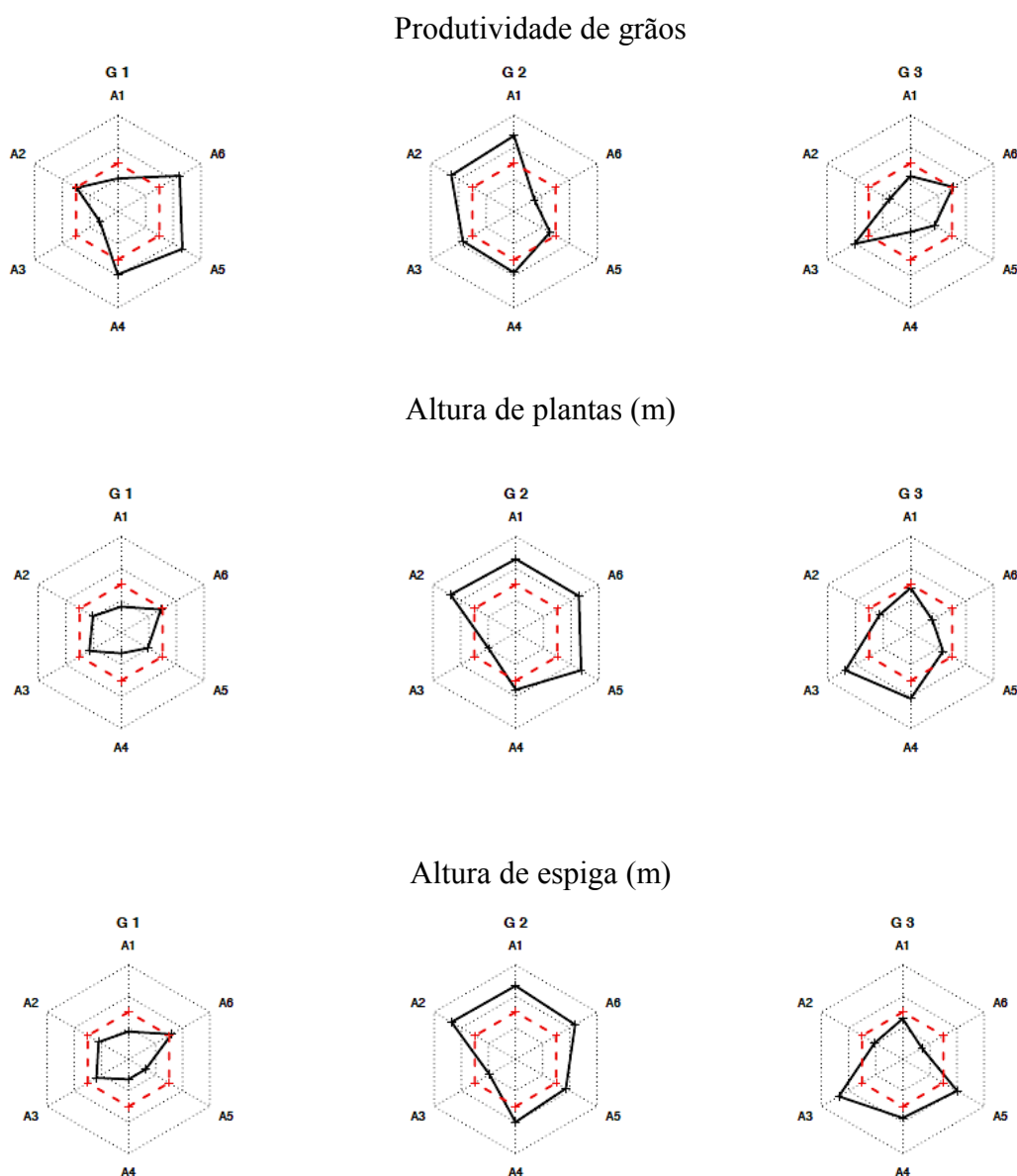
O potencial de rendimento de grãos a ser obtido em cada época de semeadura, dependerá principalmente da quantidade de radiação solar incidente, da eficiência de interceptação e da conversão da radiação interceptada convertida em fitomassa, bem como da eficiência da partição de assimilados à estrutura de interesse econômico. A eficiência de interceptação da radiação e de sua conversão e partição dependem de fatores climáticos, com destaque para temperatura do ar e disponibilidade hídrica.

A característica de altura de plantas é interessante quando se utiliza o milho para silagem, pois quanto maior a altura, maior o rendimento em matéria seca.

A seleção e recomendação de híbridos de milho que possuam estabilidade de produção em diferentes ambientes é altamente desejável, pois, propicia que os híbridos apresentem comportamento mais estável possível, frente às adversas condições ambientais. Metodologia proposta por Nunes, Ramalho e Abreu (2005), permite por meio de representação gráfica, verificar a estabilidade dos materiais genéticos submetidos a diferentes ambientes. Assim, na Figura 1, observa-se o desempenho dos três híbridos obtidos na Fazenda Chaparral Ashidani, considerando as características produtividade de grãos, altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga, nos diferentes ambientes (incluindo épocas de plantio e presença ou ausência de adubação). Pode-se verificar que o genótipo NS90PRO, classificou-se como bola cheia, pois obteve comportamento favorável em relação a produtividade de grãos, altura de planta e altura de inserção de primeira espiga, sendo considerado como mais estável nos diferentes ambientes avaliados. Trabalho realizado por Resende et al. (2016) objetivando avaliar seis híbridos de milho atrelado a três doses de nitrogênio, corroboram com o

apresentado acima, em que o híbrido NS90PRO se manteve estável e com bom desempenho nas diferentes doses e características, tanto para produtividade de grãos, quanto para dano causado por lagartas.

Figura 1 - Representação gráfica do desempenho dos híbridos de milho avaliados na Fazenda Chaparral Ashidani, nos diferentes ambientes, considerando as características produtividades de grãos em kg.ha-1; altura de plantas e inserção de primeira espiga em metros, conforme metodologia proposta por Nunes, Ramalho e Abreu (2005).



A1= Controle 1ª época de plantio; A2= 1 Ureia + revestimento S 1ª época de plantio; A3= Controle 2ª época de plantio; A4= Ureia + revestimento S 2ª época de plantio; A5= Controle 3ª época de plantio; A6= Ureia + revestimento S 3ª época de plantio; G1=2A401PW; G2=NS90PRO; G3=9110PRO.

Fonte: Do autor (2018).

## 4.2 Fazenda Pedra Branca

Observa-se que, para a produtividade de grãos, altura de plantas e altura de inserção de primeira espiga, os valores se enquadram neste intervalo, permitindo confiabilidade nas inferências a serem realizadas (TABELA 8). Segundo Resende e Duarte (2007), estimativas de CV(%) inferiores a 20% e acurácia superiores a 80% são indícios de que os experimentos foram conduzidos com boa precisão experimental.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância conjunta para as características produtividade de grãos em kg.ha<sup>-1</sup> (PROD), altura de plantas (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga, em metros (ALTE). Fazenda Pedra Branca, Luminárias, MG, 2018.

FV	GL	QM		
		PROD	ALTP	ALTE
Épocas (P)	1	21941718,9454**	0,2624**	0,1376**
Adubação de cobertura (C)	2	3285472,2965**	0,0344	0,0358
Híbridos (H)	2	7218778,6205**	0,5762**	0,2251**
C x P	2	1068503,6962	0,0006	0,0030
C x H	4	972628,6350	0,0160	0,0064
P x H	2	926627,9010	0,0152	0,0043
C x P x H	4	768786,1309	0,0132	0,0010
C x P x H /Rep	20	1007853,8148	0,0156	0,0062
Resíduo	52	1225965,6554	0,0254	0,0180
Média		6255,13	2,56	1,21
CV(%)		17,70	6,22	11,13
rgg		0,88	0,98	0,97

\*\*Significativo pelo teste de F a 10% de probabilidade

Fonte: Do autor (2018).

Diferenças significativas foram detectadas para as fontes de variação épocas e híbridos para todas as características avaliadas e em relação as diferentes adubações de cobertura empregadas, apenas para a produtividade de grãos observou-se a existência de variabilidade (TABELA 8).

Verifica-se que, conforme já esperado, que na primeira época de semeadura, realizada dia 15 de março de 2017, houve melhor desempenho dos híbridos (Tabela 9). Superioridade em relação a segunda época foram de 14,6%, 4,2% e 6,4% foram obtidos para a produtividade de grãos, altura de plantas e altura de inserção de primeira espiga, respectivamente. Segundo Nascimento et al. (2011), o potencial de rendimento de grãos, depende principalmente da quantidade de radiação solar incidente, da eficiência de interceptação e da conversão da radiação interceptada em fitomassa, e da eficiência de partição de assimilados à estrutura de interesse econômico. A quantidade de radiação incidente disponível varia com a posição geográfica de cada região produtora de grãos, ou seja, com sua latitude e altitude e com a época de plantio. Assim, quanto mais distante da “janela” de plantio se realizar o cultivo de milho, piores serão as condições ambientais as quais as plantas serão submetidas ao longo do ciclo, refletindo, assim, em quedas na produtividade de grãos.

A semeadura tanto da primeira quanto da segunda época foram realizadas fora da época descrita como ideal para a região (DE SOUZA et al., 2018). No entanto na primeira semeadura, mesmo fora da época dita como adequada, obteve-se produtividade superior a média nacional da segunda safra (CONAB, 2018)

Tabela 9 - Resultados de produtividade de grãos em kg/ha (PROD), altura de plantas em metros (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga em metros (ALTE) obtidas pelos híbridos avaliados de acordo com a época de plantio e adubação em cobertura. Lavras, MG 2018.

Data de semeadura	CARACTERÍSTICAS		
	PROD	ALTP	ALTE
15/03/2017	6748 a	2,6 a	1,3 a
23/03/2017	5761 b	2,5 b	1,2 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott e Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2018).

Em relação a adubação de cobertura (sem adubação, com ureia + revestimento S, ureia), o emprego de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de ureia 46% N com NBPT, correspondendo a 92 Kg.ha<sup>-1</sup> de N, proporcionou maiores produtividade de grãos, aproximadamente 8% superior a aplicação de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de Polyblen 40-00-00 MILHO (80 kg kg.ha<sup>-1</sup>) e 9,1%, na ausência de cobertura (TABELA 10). Segundo Li et al. (2017), a ureia de liberação controlada tem sido amplamente adotada para aumentar a eficiência do uso do N e a produção de milho, contudo, os impactos podem variar muito dependendo da disponibilidade de água no solo. Nesta pesquisa, de

acordo com os dados de pluviosidade (TABELA 3), verifica-se que houve déficit hídrico durante o período de condução dos experimentos, fato que, em princípio, pode explicar as menores produtividade de grãos dos híbridos quando aplicado em cobertura ureia + revestimento S em relação ao emprego da ureia. Li et al. (2017), estudando o impacto do uso da ureia de liberação controlada na produção de milho sob diferentes condições hídricas, observaram que no experimento conduzido em estresse hídrico, o acúmulo de matéria seca e nitrogênio foi limitado, assim como não foi detectado diferenças no rendimento de grãos quanto da aplicação de fertilizante de ureia de liberação controlada. Na década de 90, Chitolina (1994) já discutiam que a liberação de nutrientes dos fertilizantes de liberação controlada é eficiente quando a água está disponível e a temperatura do solo está em torno de 21°C

Tabela 1 - Estimativas de produtividade de grãos em kg/ha<sup>-1</sup> obtidas em função da adubação em cobertura. Lavras, MG 2018.

Adubação	Produtividade de grãos
Sem adubação	6034 b
Ureia NBPT	6635 a
Ureia + revestimento S	6095 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott e Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2018).

Os resultados obtidos no trabalho corroboram os registrados por Cancellier et al. (2016), em que, objetivando estudar as perdas de nitrogênio pela ureia estabilizada e de liberação lenta ou controlada e sua absorção pelo milho cultivado em plantio direto, em solo de Cerrado com fertilidade construída, avaliaram quatro fontes de N: ureia convencional, ureia + N<sup>o</sup>(n-butyl)thiophosphoric triamide (NBPT), ureia + Cu + B e ureia revestida por enxofre e polímeros. Essas fontes de N foram aplicadas em superfície nas doses de 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> e não houve aplicação de N no controle. Os autores concluíram que a ureia estabilizada e de liberação controlada não aumentou o acúmulo de N ou a produtividade de grãos. Consequentemente, a eficiência no uso de N pelo milho não foi aumentada em relação ao uso da ureia convencional. Resultados semelhantes também foram discutidos por Zavaschi et al. (2014) em que, avaliando o efeito da aplicação de ureia revestida com polímeros no controle da volatilização de amônia e a sua influência nos componentes da produção na cultura do milho, observaram que a ureia revestida não alterou as taxas de volatilização de

amônia, e o teor de N nas folhas e grãos, assim como a produtividade de grãos em relação a aplicação do fertilizante convencional.

Chen et al. (2008) citam que o emprego de fertilizantes revestidos não propiciou aumentos significativos na produtividade, todavia, foram observados efeitos benéficos ao ambiente, com a utilização dos fertilizante revestidos, como um menor teor de  $\text{NO}_3^-$  no solo como consequência da liberação lenta do N. Zavaschi (2010) não encontrou diferenças significativas na produtividade de grãos de milho entre tratamentos fertilizados com ureia revestida com três polímeros e com ureia convencional. Além disso, Zavaschi (2010) menciona que, para se tornar viável a utilização de fertilizantes revestidos, sua eficiência deve ser maior que a do fertilizante convencional, devendo ainda prolongar o tempo de disponibilidade dos nutrientes, para assim, permitir a redução na dose de N.

Contudo, relatos na literatura comprovam que em condições favoráveis de temperatura, atributos e umidade do solo, umidade relativa do ar, uma alternativa visando otimizar o aproveitamento do N aplicado e a eficiência do sistema, é o uso dos fertilizantes de liberação lenta ou controlada, os quais estabelecem um sincronismo entre a liberação de nutrientes no decorrer do tempo e as necessidades nutricionais das plantas (FIRMINO et al, 2013). Os mesmos autores, em condições favoráveis, verificaram no estudo de doses de fertilizante nitrogenado de liberação controlada no plantio do milho, que o incremento da dose de Polyblen proporcionou aumento significativo nos valores de produtividade de grãos. Zanão Júnior et al. (2011) observaram efeito de fontes de N em relação à produtividade de grãos. Segundo estes autores, a eficiência de uso do nitrogênio da ureia revestida com Policote® foi, em média, 43% superior à da ureia comum. Costa, Miyazawa e Tiski (2011), também encontraram resultados promissores em relação ao uso da tecnologia de revestimento da ureia em condições de umidade do solo. Os autores analisaram respostas da cultura do milho em relação ao uso da ureia revestida com polímeros Policote®, e observaram que a máxima produtividade da cultura alcançada com ureia revestida com Policote® foi 7093 kg/ha, 14,8% maior quando comparada ao uso da ureia comum, que alcançou produtividade máxima de 6110 kg/ha.

Em trabalho realizado por Souza et al. (2017), o uso da ureia revestida resultou em 930 kg.ha<sup>-1</sup> a mais na produtividade de grãos, fato que deve ser considerado na avaliação de custos, uma vez que as margens de lucro estão cada vez menores para o produtor, principalmente pelos altos níveis tecnológicos exigidos pelos híbridos disponíveis no



mercado. Breda et al. (2010) e Soratto et al. (2012) também verificaram produtividades de grãos de milho superiores com o uso da ureia revestida em comparação a ureia convencional.

Contudo, merece destaque o fato de que a maioria dos estudos que verificaram eficiência do emprego de adubação nitrogenada de liberação controlada foram implantados em condições geográficas de elevada altitude, em que as temperaturas predominantes do solo estão em torno de 21°C, e que a taxa de liberação de nutrientes por grânulos de fertilizantes é diretamente proporcional à temperatura ou substrato do solo. Trabalhos conduzidos em regiões de cerrado de baixa altitude (VALDERRAMA et al., 2011; VALDERRAMA et al., 2014; SOUZA et al., 2016), demonstram que a ureia revestida por polímeros, e a convencional, apresentam a mesma eficiência na nutrição e na produtividade de grãos de milho. Além disso, o revestimento não tem sido eficaz nas condições edafoclimáticas dessa região, por se tratar de condições onde predominam altas temperaturas, fazendo com que os grânulos de fertilizantes sejam degradados em alta velocidade, não permitindo a liberação controlada esperada.

Em relação ao desempenho agrônômico dos híbridos, verifica-se (TABELA 11) que o híbrido NS90PRO se destacou nas três características avaliadas, tendo o mesmo comportamento que o 2A401PW para produtividade de grãos, e superior ao K9110PRO. Já para altura de plantas e alturas de inserção de primeira espiga, o NS90PRO juntamente ao K9110PRO, foram superiores ao 2A401PW. Resultado semelhante ao apresentado neste trabalho foi obtido por Oliveira et al. (2016), que estudando comportamento agrônômico de híbridos de milho, verificaram que dentre os híbridos que obtiveram produtividades de grãos superiores à média dos experimentos, o NS90PRO se destacou, demonstrando melhor adaptação aos ambientes avaliados.

Tabela 11 - Produtividade de grãos em kg/ha (PROD), altura de plantas em metros (ALTP) e altura de inserção de primeira espiga em metros (ALTE) obtidas por três híbridos de milho. Lavras, MG, 2018.

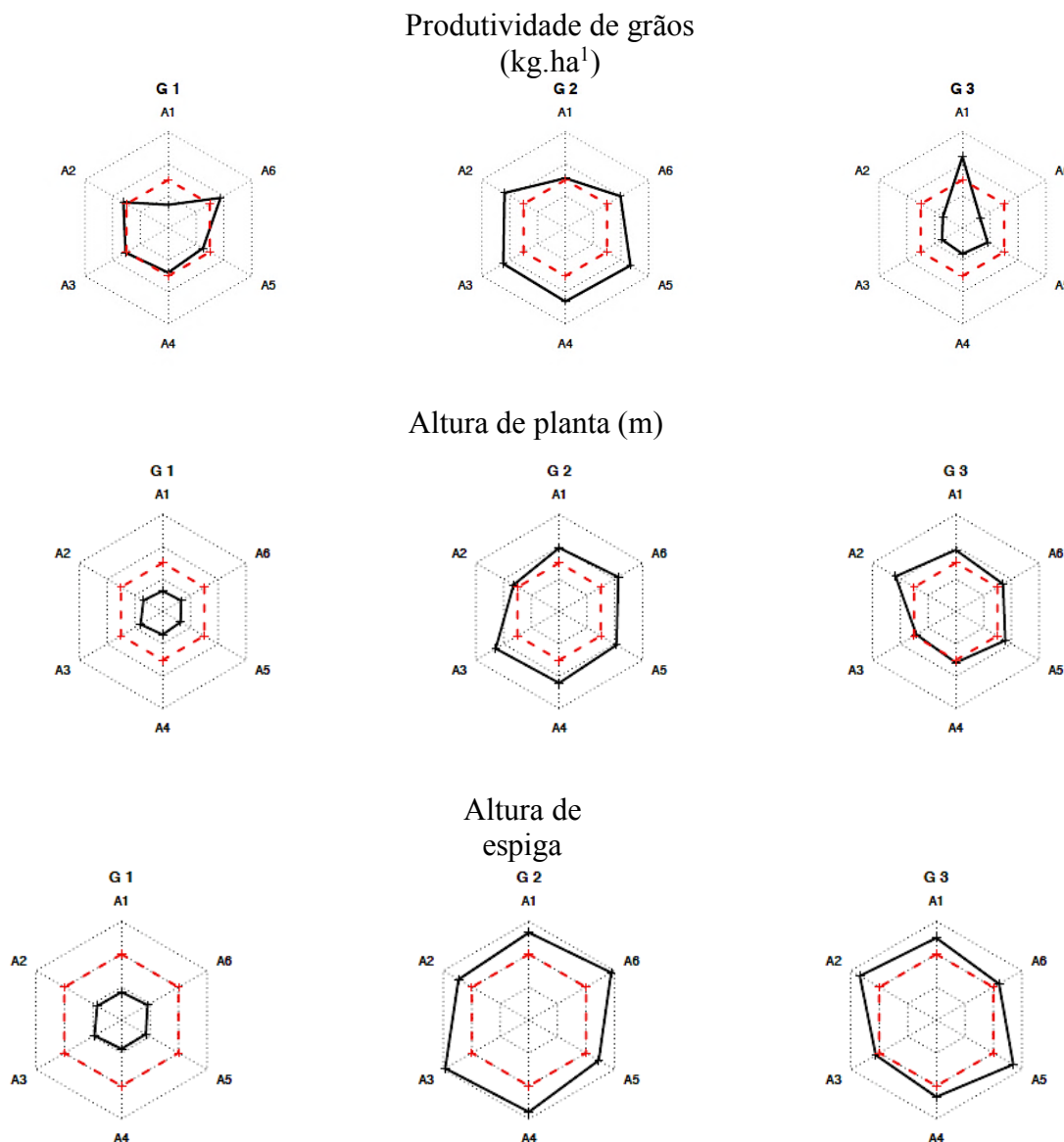
Híbridos	Características		
	PROD	ALTP	ALTE
2A401PW	6267 a	2,4 b	1,1 b
K9110PRO	5758 b	2,6 a	1,3 a
NS90PRO	6739 a	2,6 a	1,3 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott e Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2018).

Estudos de estabilidade no desempenho dos híbridos para as características produtividade de grãos, altura de plantas e altura de inserção de espiga, frente as diferentes condições ambientais da Fazenda Pedra Branca, em Luminárias, mostraram resultados semelhante ao observado em São João Del Rei, ou seja, o híbrido NS90PRO se demonstrou como o mais estável às épocas de plantio e fontes de adubação nitrogenada, empregadas em cobertura (FIGURA 2). Fato esse, que é altamente desejável pelos produtores, pois indica que o genótipo é capaz de manter comportamento agrônômico estável frente aos mais diversos ambientes aos quais é submetido.

Figura 2 - Representação gráfica do desempenho dos híbridos de milho avaliados nos diferentes ambientes, considerando as características produtividades de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>; altura de plantas e inserção de primeira espiga em metros, conforme metodologia proposta por Nunes et al. (2005).



A1= Controle 1<sup>a</sup> época de plantio; A2= Ureia + revestimento S 1<sup>a</sup> época de plantio; A3= Ureia NBPT 1<sup>a</sup> época de plantio; A4= Controle 2<sup>a</sup> época de plantio; A5= Ureia + revestimento S 2<sup>a</sup> época de plantio; A6=Ureia NBPT 2<sup>a</sup> época de plantio; G1=2A401PW; G2=NS90PRO; G3=9110PRO.

Fonte: Do autor (2018).

Diante do exposto, e considerando um cenário no país em que a competitividade e busca por altas produtividades é cada vez maior, vislumbra-se a necessidade da utilização de recursos cada vez mais eficientes, como o emprego de fertilizantes de eficiência aumentada, que atuam na diminuição das perdas por volatilização e lixiviação do N. Conseqüentemente,

ocasionando ganho em produtividade e diminuição da contaminação do meio ambiente (ALMEIDA; SANCHES, 2012). Contudo, esse aumento da eficiência da adubação deve estar sempre atrelado às condições ideais de cultivo, principalmente à presença de umidade e temperatura do solo em torno de 21°C e à maior rentabilidade econômica ao produtor rural, considerando-se, neste caso, o alto custo desses produtos, comparado aos fertilizantes tradicionais.

## 5 CONCLUSÕES

Conclui-se que desempenhos agronômicos dos híbridos de milho são influenciados pela época de semeadura, e esta deve ocorrer quando ainda há pluviosidade disponível, visando alcançar elevadas produtividades de grãos.

O uso de fertilizante nitrogenado de liberação controlada não propiciou aumento de produtividade de grãos em relação a ureia NBPT.

Os híbridos de milho avaliados tiveram comportamento diferentes na segunda safra, o híbrido NS90PRO apresentou maior produtividade de grãos e estabilidade nos ambientes testados.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. F.; SANCHES, B. C. Fertilizantes nitrogenados com liberação lenta e Estabilizada na agricultura. **Revista Verde**, v. 7, p. 31-35, 2012.
- ARAÚJO, F. B. et al. Desempenho agrônômico e análise econômica de genótipos de milho safrinha em duas épocas de semeadura. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 2009. 10., Anais... Rio Verde (GO), Ed. Embrapa Milho e Sorgo, p. 319-326, nov. 2009.
- AZEEM, B. et al. Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. **Journal of controlled release**, v. 181, p. 11-21, 2014.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 151-156, 2002.
- BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Gráfica Metrópole, 2008.
- BREDA, F. A. F. et al. **Perdas por volatilização de N-ureia revestida com polímeros**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: [s.n.], 2010.
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho. In: **Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012**. Fundação MS, Maracaju-MS, 2012. p. 240-252.
- CANCELLIER, E. L. et al. Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in brazilian cerrado with improved soil fertility. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 2, p. 133-144, 2016.
- CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. **Informações Agronômicas**, v. 122, p. 12-14, 2008.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 111-117, 2010.
- CARON, B. O.; OLIVEIRA, D. M.; ELLI, E. F.; ELOY, E.; SCHWERZ, F.; SOUZA, V. Q. Elementos meteorológicos sobre características morfológicas e produtivas do milho em diferentes épocas de semeadura. **Científica**, v. 45, n. 2, p. 105-114, 2017.
- CHITOLINA, J. C. **Fertilizantes de lenta liberação de nitrogênio: conceitos, uréia coberta com enxofre**. Piracicaba: ESALQ, 1994.
- CHEN, D. et al. Prospects of improving efficiency of fertiliser nitrogen in Australian agriculture: a review of enhanced efficiency fertilisers. *Soil Research*, v. 46, n. 4, p. 289-301, 2008.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: Nutrição e adubação. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 71, set. 1995. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n.2, p1-9, set. 1995.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Séries históricas - **Milho Novembro/2018**. Brasília: Conab, 2018.

COSTA, A.; MIYAZAWA, M.; TISKI, I. Respostas da cultura do milho à adubação nitrogenada com ureia revestida com policote. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2011.

CRUZ, F. A. B. da. A importância do cultivo do milho na sustentabilidade do agronegócio. In: MAGALHÃES, L. E. **Boletim técnico do milho**. Bahia: Fundação BA, ano 2, n. 2, p. 18-19, mar. 2011.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003.

DETRICK, J. H. **Process for producing improved sulfur-coated urea solw release fertilizers**. United States Patent Office, 1997. (US Patent n° 5599374).

DU, C.; ZHOU, J.; SHAVIV, A. Release characteristics of nutrients from polymer-coated compound controlled release fertilizers. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 14, p. 223-230, 2006.

DUARTE, A. P.; MARTINS, A. C. N.; BRUNINI, O.; CANTARELLA, H.; DEUBER, R.; PATERNIANI, M. E. A.G. Z.; TSUNECHIRO, A.; SAWAZAKI, E.; DENUCCI, S.; FANTIN, G.; M.; RECO, P. C. **Milho safrinha: técnicas para o cultivo no Estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 2000. 16 p. (Documento técnico, 113).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Milho e Sorgo. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas, Minas Gerais: EMBRAPA, dezembro de 2006. 10 p. (Circular Técnica, 78).

\_\_\_\_\_. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo do milho: Clima e solo. In: LANDAU, E. C. (org). **Embrapa Milho e Sorgo: Sistema de produção**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, set. 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT**. FAO; 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. p. 576.

FIRMINO, G. O. et al. Doses de fertilizante nitrogenado de liberação controlada no plantio do milho (*Zea mays* L.). In: MOSTRA DA PESQUISA DO UNIARAXÁ, 7., 2013 Araxá. **Anais...** Araxá, 2013. p. 15.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. G. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Ceres**, v. 61, n. 7, 2015.

GARCIA, R. A. et al. Sucessão soja/milho em função da época de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 1, p. 22-29, 2018.

GUEDES, B. R.; DAMACENO, Y. R. P.; PINTO, A. A.; DOS SANTOS, S. L. L.; DA CAMARA, F. T. Produtividade de massa verde de milho transgênico em função da adubação em regime de sequeiro no Cariri-CE. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n.1, 2017.

GUELFI, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações Agronômicas**, n. 157, p. 1-14, 2017.

GUO, J.; WANG, Y.; BLAYLOCK, A. D.; CHEN, X. Mixture of controlled release and normal urea to optimize nitrogen management for high-yielding (> 15 Mg ha<sup>-1</sup>) maize. **Field crops research**, v. 204, p. 23-30, 2017.

HALL, W. Benefits of enhanced-efficiency fertilizers for the environment. In: IFA INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, 2005, Frankfurt. **Proceedings...** Frankfurt: International Fertilizer Industry Association, 2005. p. 1-9. 1 CD-ROM.

LACERDA, C. F. et al. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 258-263, 2006.

LI, G.; ZHAO, B.; DONG, S.; ZHANG, J.; LIU, P.; VYN, T. J. Impact of controlled release urea on maize yield and nitrogen use efficiency under different water conditions. **PloS one**, v. 12, n. 7, 2017.

LIEBIG, J. V. A Agricultura e a História. **RAIIFA**, v. 6, n. 2, p. 67-80, 1875.

LIU, Y.; WANG, T.; QIN, L.; JIN, Y. Urea particle coating for controlled release by using DCPD modified sulfur. **Powder Technology**, v.183, p. 88-93, 2008.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Circular técnica 76: Fisiologia da Produção de Milho**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, dez. 2006.

MAIA, P. H. L.; COSTA, H. N. DA; SOUSA, B. M.; SANDES, M. D. F.; COSTA, R. Â. D.; VIEIRA, V. V.; BORGES, J. V. O. Comparação bromatológica de matéria seca entre silagem de milho grão reidratado com água e silagem de milho. **Sinapse Múltipla**, v. 6, n. 2, p. 345-348, 2017.

MARIANO, E.; COSTA, H. T.; CORRALES, R. A. F.; VITTI, G. C. **Adubos e adubação. Revisão de literatura**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, SP, 2011.

MIYAZAWA, M.; TISKI, I. Teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo em função de fontes nitrogenadas: Ureia e Ureia revestida por policote. Resumo expandido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2011.

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. da. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005.



- NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADO, M. B.; CAMPOS, S. Productivity of maize genotypes in response to sowing time. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 193-201, 2011.
- NUNES, J. A. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, v. 48, p. 182-183, 2005.
- OKUMURA, R. S. et al. Efficiency of utilization of nitrogen coated with urease inhibitor in maize. **Pakistan journal of biological sciences: PJBS**, v. 16, n. 17, p. 871-876, 2013.
- OLIVEIRA, I. R. de et al. Comportamento agrônômico de híbridos de milho na região Nordeste do Brasil. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar. **Anais....** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: Fealq-Usp, 2009.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Austria, 2017.
- RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.
- RESENDE, C. L. P. et al. Eficiência Agrônômica de híbridos de milho ao nitrogênio atrelada a resistência ao ataque de pragas. In: CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG (CEPE). Pirenópolis. **Anais...** Pirenópolis, 19 a 21 de outubro de 2016.
- ROLIM, M. V. et al. Eficiência Agrônômica da Ureia Revestida com Polímeros em Cobertura na Cultura do Algodão (*Gossypium hirsutum* L.). In: FERTBIO, 2012, Maceió. **Anais...** Maceió, 17 a 21 set., 2012.
- SÁ JÚNIOR, A. de et al. Application of the Koppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1, p. 1-7, Apr. 2012.
- SALMAN, O. Polyethylene coated urea. 1. Improved storage and handling properties. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 28, p. 630-632, 1989.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. Accouter analysis methods for grouping means in the analysis of variants. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.
- SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L. DE; GERAGE, A. C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 03, 2010.
- SILVA, C. G. M. et al. Macronutrient uptake and export in transgenic corn under two levels of fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 12, p. 1363-1372, 2018.

SILVA, D. M. F. da; KHAN, A. S.; LIMA, P. V. P. S. Produção de milho híbrido no Estado do Ceará: aspectos tecnológicos, competitivos, geração de emprego e renda. **RER**. Rio de Janeiro, v. 44, n. 1, p. 119-146, jan./mar. 2006.

SIMÃO, E. P. **Características agronômicas e nutrição do milho safrinha em função de épocas de semeadura e adubação**. 2016. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias- Universidade Federal de São João Del-Rei-Produção Vegetal) - Universidade Federal de São João Del-Rei, Campus Sete Lagoas, Sete Lagoas-MG. 2016.

SOBENKO, L. R. et al. Estimativa da necessidade de irrigação na cultura do milho “safrinha” em sorriso-mt por métodos agroclimatológicos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 1, p. 73-85, 2016.

SORATTO, R. P. et al. Parcelamento de fontes alternativas de nitrogênio no milho Safrinha em sucessão à soja. **Científica**, Jaboticabal, v. 40, p. 179-188, 2012.

SOUZA, L. C. F. de et al. Produtividade de grãos de milho irrigado em função da cultura antecessora e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 2, 2010.

SOUZA, A. E. DE.; REIS, J. G. M. DOS.; RAYMUNDO, J. C.; PINTO, R. S. Estudo da produção do milho no Brasil. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 182, 2018.

SOUZA, D. S. et al. Aplicação de ureia revestida e produtos foliares no milho safrinha. **Nucleus**, v. 14, n. 1, p. 323-334, 2017.

SOUZA, F. H. Q.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; MALMONGE, L. F.; MALMONGE, J. A.; BUZETTI, S. Doses de nitrogênio e modos de aplicação de polímeros orgânicos com ureia dissolvida na cultura do milho. **Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas**, v. 25, n. 4, p. 361-372.

TIMILSENA, Y. P.; ADHIKARI, R.; CASEY, P.; MUSTER, T.; GILL.; ADHI-KARI, B. Enhanced efficiency fertilizers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of the Science of Food and Africulture**, v. 95, p. 1131-1142, 2014.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers: Na option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 167 p.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p.254-263, 2011.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SABIN BENETT, C. G.; ANDREOTTI, M. Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina-Ciências Agrárias**, p. 659-669, 2014.

VARGAS, V. P. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho**. 2010. 146 p. Dissertação (Ciências Agroveterinárias) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2010.

VIAPIANA, A. M. et al. **Fertilizantes de liberação lenta e controlada de n como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada no híbrido de milho AS1565**. 2014. 63 p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Agrárias) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, SC, 2014.

WAN, L.; FAN, L.; ZHANG, Q.; CHEN, D.; GAO, Y.; CHEN, H. **Emulsion of polymer coating agent, coated controlled-release fertilizer and preparation thereof**. United States Patent Application Publication. 2011.

SILVA, J. N. M. Possibilidades de produção sustentada de madeira em floresta densa de terra firme da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990,

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; DALCHIAVON, F.; ZAGATTO, M. G. R.; SANTOS, C. Eficiência agrônômica do revestimento da uréia com polímero aplicada em cobertura na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2011. p. 1-4 (CD ROM).

ZAVASCHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de uréia revestida com polímeros**. 2010. 92 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

ZAVASCHI, E. et al. Ammonia volatilization and yield components after application of polymer-coated urea to maize. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 4, p. 1200-1206, 2014.

ZOU, H.; WANG, Y.; SONG, H.; HAN, Y.; YU, N.; ZHANG, Y.; DANG, X.; HUANG, Y.; ZHANG, Y. The production of organic inorganic compound film coated urea and the characteristics of its nutrient release. **Agricultural Sciences in China**, v. 8, p. 703-708, 2009.