

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**FORMULAÇÕES DE ADUBOS NITROGENADO E
POTÁSSICO APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS DE
COBERTURA EM CULTIVO DE MILHO**

Autora: Bruna Camila Rangel

Orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa

CERES - GO

Janeiro – 2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**FORMULAÇÕES DE ADUBOS NITROGENADO E
POTÁSSICO APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS DE
COBERTURA EM CULTIVO DE MILHO**

Autora: Bruna Camila Rangel

Orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

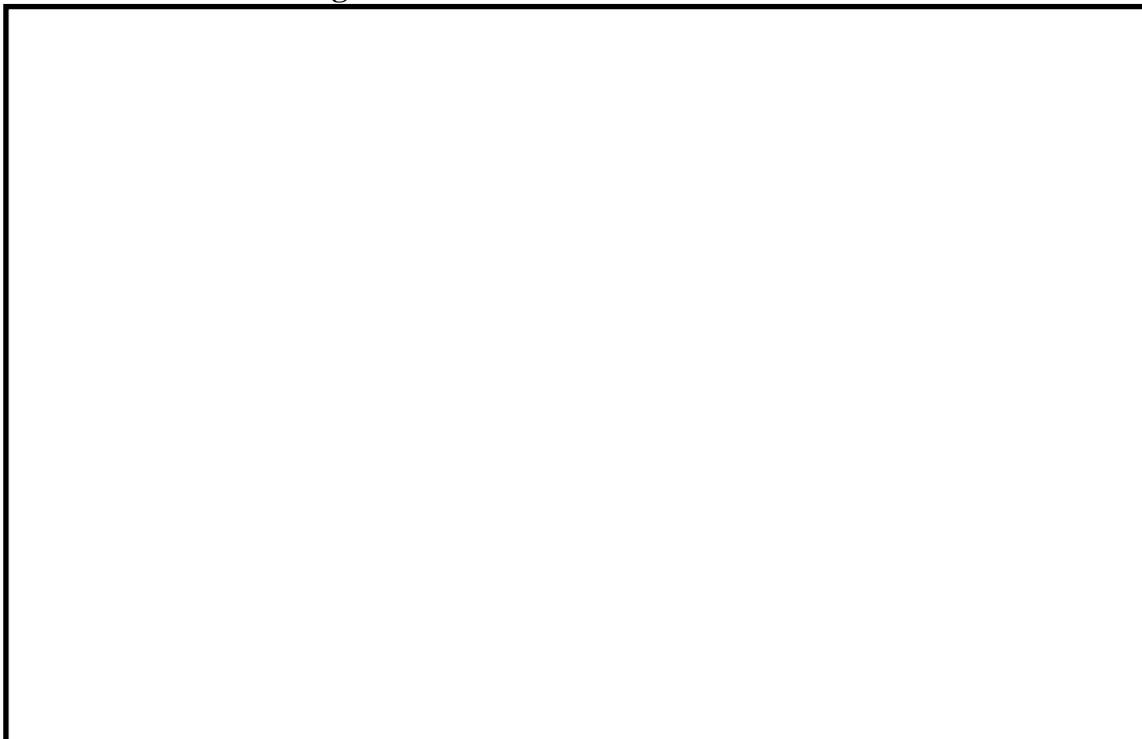
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO no Programa de Pós-Graduação em em Irrigação no Cerrado, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres. Área de concentração: Irrigação

CERES - GO

Janeiro – 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – Instituto Federal Goiano



Responsável:

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**FORMULAÇÕES DE ADUBOS NITROGENADO E
POTÁSSICO APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS DE
COBERTURA EM CULTIVO DE MILHO**

Autora: Bruna Camila Rangel

Orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração:
Irrigação

APROVADO em 31 de janeiro de 2022.

Assinado eletronicamente

Prof. Dr. Janaína B. de Azevedo França
Avaliadora externa
Professora UEG Ipameri

Assinado eletronicamente

Prof. Dr. Edson Cabral da Silva
Avaliador externo
Prof. IF Goiano – Campus Rio Verde

Assinado eletronicamente

Prof. Dr. Wilker Alves Moraes
Avaliador externo
Prof. IF Goiano – Campus Rio Verde

Assinado eletronicamente

Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares
Presidente da Banca
IF Goiano – Campus Ceres

Documento assinado eletronicamente por:

- Janaína Borges de Azevedo França, Janaína Borges de Azevedo França - Professor Avaliador de Banca - Ueg (01112580000171), em 09/03/2022 09:18:30.
- Edson Cabral da Silva, 2016202320140131 - Discente, em 03/03/2022 17:55:58.
- Wilker Alves Moraes, 2017102320140165 - Discente, em 03/03/2022 15:47:16.
- Frederico Antonio Loureiro Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/02/2022 15:11:44.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 31/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 352729
Código de Autenticação: 0a3cfbb5b4



DEDICO

A DEUS,

Pela vida e força nos momentos de dificuldades.

OFEREÇO

À minha família,

À minha mãe Luzia Aparecida Teixeira Rangel e ao meu pai Antônio Salvador Rangel,
por todo amor e confiança que depositaram em mim e que não mediram esforços para
que eu concluísse mais uma etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha eterna gratidão, de maneira especial, aos meus companheiros Amanda Rafaella, Gustavo Henrique, Mauricio Oliveira e Márcio Alves, que contribuíram para a realização deste trabalho, e por me incetivar a nunca desistir. Aos colegas de curso que contribuíram de forma direta ou indireta para que eu chegasse até aqui.

Ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, ao coordenador do curso, professores, secretaria, pessoal da guarita, ao IFGoiano – *Campus* Ceres, pelo suporte concedido para a realização desse curso de pós- graduação.

Ao Professor Dr. Frederico Antonio Loureiro Sores e ao Professor Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa, por todo o apoio e orientação ao longo da execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamentode Pessoal de Nível Superior (Capes), por atuar na expansão e consolidação da pós-graduação.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Bruna Camila Rangel, nascida em 26 de março de 1996, na cidade de Goianésia- GO, filha de Luzia Aparecida Teixeira Rangel e Antônio Salvador Rangel. Em 2014 ingressou no curso de Bacharelado em Agronomia na Faculdade Evangélica de Goianésia, concluiu a graduação em 2019. Em 2019, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres (IF Goiano), desenvolvendo a dissertação intitulada *Formulações de adubos nitrogenado e potássico aplicados em diferentes épocas de cobertura em cultivo de milho*, sob a orientação do professor Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares.

ÍNDICE GERAL

<i>RESUMO</i>	11
<i>ABSTRACT</i>	12
<i>INTRODUÇÃO</i>	15
<i>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i>	17
1. Origem do milho	17
2. Importância econômica	17
3. Importância do Nitrogênio para as plantas	18
4. Resposta do milho ao Nitrogênio	19
5. Importância do Potássio para as plantas	19
6. Resposta do milho ao potássio	20
7. Relação Nitrogênio:Potássio	21
<i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	23
<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	26
<i>CONCLUSÕES</i>	56
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	57

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Composição química do solo nas camadas 00-10, 10-20 e 20-40, antes da instalação do experimento na Fazenda Itajá. 24
- Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF), comprimento das folhas (CF), largura das folhas (LF) e área foliar do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura 26
- Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis peso da espiga sem palha (PE), peso da espiga com palha (PEP), peso das palha da espiga (PPE), relação PPE/PEP (PPE/PEP), comprimento das espigas (CE) e diâmetro da espiga (DE) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura. 31
- Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis número de grãos por fileira da espiga (NGF), diâmetro do sabugo por espiga (DS), comprimento do sabugo por espiga (CS), peso do sabugo por espiga (PS), tamanho do grão por espiga (TG) e peso dos grãos por espiga (PG) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca da raiz (MSR), massa seca do colmo (MSC), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da espiga (MSE) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura 39
- Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca dos grãos (MSG), massa seca da palha da espiga (MSPH), massa seca do sabugo (MSSB), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da planta total (MST) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura..... 43

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa do ar ocorridas na Fazenda Itajá – Goianésia (GO) durante o período de novembro de 2020 a abril de 2021. (pluviômetro instalado na área e dados da estação meteorológica da Usina Jalles Machado)..... 23
- Figura 2. Altura de plantas, comprimento das folha, largura das folhas e área foliar do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H)..... 27
- Figura 3. Peso da espiga sem palha, peso da espiga com palha, peso das palhas da espiga, relação PPE/PEP (PPE/PEP), comprimento das espigas do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G, I) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H, J). 33
- Figura 4. Número de grãos por fileiras, peso do sabugo por espiga (PS), tamanho do grão por espiga (TG) e peso dos grãos por espiga (PG) do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H). 36
- Figura 5. Massa seca da raiz (MSR), massa seca do colmo (MSC), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da espiga (MSE) do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H). 41
- Figura 6. Massa seca dos grãos (MSG), massa seca da palha da espiga (MSPH), massa seca do sabugo (MSSB), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da planta total (MST) do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G, I) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H, J). 44
- Figura 7. Partição de fotoassimilados produzidos na planta(%) no sistema radicular (PR) e parte aérea (PPA) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura..... 49
- Figura 8. Partição de fotoassimilados produzidos na parte aérea (colmo (PC), folhas (PF) e espiga (PE)) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados

de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura.....	50
Figura 9. Partição de fotoassimilados produzidos na espiga (grãos (PG) , palha (PPH) e sabugo (PSB)) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura.	51

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo / Sigla	Significado
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
AF	Área foliar
Al	Alumínio
AP	Altura da planta
Ca	Cálcio
CE	Comprimento de espiga
CF	Comprimento da folha
cm ²	Centímetro quadrado
cm ³	Centímetro cúbico
cmol _c dm ⁻³	Centimol de carga por decímetro cúbico
CS	Comprimento de sabugo
CTC	Capacidade de troca catiônica
DC	Diâmetro de colmo
DE	Diâmetro de espiga
dm ³	Decímetro cúbico
DS	Diâmetro do sabugo
F	Fonte
g	Gramas
H	Hidrogênio
ha	Hectare
K	Potássio
kg	Quilograma
L	Litros
LF	Largura da folha
m	Metros
m%	Saturação por alumínio
M. O.	Matéria orgânica
M.S.	Matéria seca
Mg	Magnésio
mg dm ⁻³	Miligrama por decímetro cúbico
mm	Milímetros
MSC	Matéria seca do colmo
MSE	Matéria seca da espiga
MSF	Matéria seca das folhas
MSG	Massa seca de grãos
MSPA	Massa seca planta total
MSPH	Massa seca da palha da espiga
MSR	Matéria seca da raiz
MSSB	Massa seca da parte aérea
N	Nitrogênio
NF	Número de folhas

Símbolo / Sigla	Significado
NGF	Número de grãos por fileira
P	Fósforo
PE	Peso da espiga
PEP	Peso da espiga com palha
PG	Peso de grãos
pH	Potencial hidrogeniônico
PPE	Peso da palha da espiga
Prof.	Profundidade
PS	Peso do sabugo
SB	Soma de bases
T	Tonelada
TG	Tamanho do grão
V%	Saturação por bases

RESUMO

A produção de milho se destaca no Brasil como o principal cereal cultivado, e uma das estratégias que estão sendo utilizadas para a obtenção de altas produtividades é o fornecimento de nutrientes em quantidades equilibradas e suficientes para atender as necessidades fisiológicas durante todo ciclo da cultura. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar as variáveis biométricas de crescimentos, os componetes de produção e a produtividade do milho, em um Latossolo Vermelho na região de Cerrado, submetido a formulações de adubo aplicados em diferentes épocas de cobertura. O experimento foi conduzido a campo, no ano de 2020/2021, na Fazenda Itajá, localizada no município de Goianésia – GO, em um Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, analisado em esquema de parcelas subdivididas (3x5), com três repetições. As parcelas foram compostas por três tipos de formulações contendo nitrogênio (N) e/ ou potássio (K). As subparcelas foram compostas por cinco épocas de aplicação da adubação de cobertura (14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência - DAE), totalizando 45 unidades experimentais. Aos 90 dias após a emergência, foram arrancadas cinco plantas por unidade experimental e avaliados altura de planta, diâmetro do colmo, massa seca das folhas, massa seca do colmo e massa seca da raiz. Na fase de maturidade fisiológica dos grãos, foram avaliados número de folhas, comprimento da folha, largura da folha, área foliar, massa seca das folhas, massa seca do colmo, massa seca da raiz, massa seca do sabugo, massa seca dos grãos, número de espigas por planta, comprimento e diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira, diâmetro do sabugo, comprimento do sabugo e tamanho do grão. Em condições de cultivo convencional, caso desta pesquisa, para as variáveis biométricas de crescimentos, entre elas a altura da planta, recomenda-se que a adubação de cobertura seja feita aos 21 DAE. Não houve diferença significativa no peso dos grãos para os formulados 20-00-00 e 00-00-20 como adubação de cobertura para a cultura do milho para a variável produtividade. Para a cultivar BM.3073 VIP3, é proposta a formulação 20-00-20, pois os produtores usam como milho de dupla aptidão, grãos e silagem. Esta cultivar tem alta exigência nos nutrientes N e K, que serão extraídos da planta toda, desde o colmo aos grãos, o que faz interessante o uso na proporção 1:1 na cobertura.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Nitrogênio; Potássio

ABSTRACT

Corn production stands out in Brazil as the main cultivated cereal, and the supply of nutrients in balanced and enough amounts to meet the physiological needs throughout the crop cycle is one of the strategies that are being used to obtain high yields. Thus, this study aims to evaluate the growth biometric variables, production components, and corn yield in the Cerrado region (Brazilian savannah) subjected to fertilizer formulations applied at different coverage times. The experiment was carried out in a dystrophic Red Latosol field in the Itajá farm, in the Goianésia municipality, Goiás State (GO), Brazil, from 2020 to 2021. The experimental design was in randomized blocks, split-plot scheme (3 x 5), and three replicates. The plots were composed of three formulation types containing nitrogen (N) and/or potassium (K). The topdressing fertilization subplots were applied in five seasons [14, 21, 28, 35, and 42 days after emergence (DAE)], totaling 45 experimental units. Five plants were uprooted per experimental unit on the 90th day after emergence, and their height, stem diameter, leaf dry mass, stem dry mass, and root dry mass were evaluated. Number of leaves, sheet length, sheet width, leaf area, leaves dry mass, stem dry mass, root dry mass, cob dry mass, grains dry mass, number of cobs per plant, cob length and diameter, number of grains rows, number of grains per row, cob diameter and length, and grain size were evaluated in the physiological maturity phase of the grains. It is recommended that the topdressing fertilization be carried out on the 21st DAE for the biometric variables of growth, among them the plant height, in conventional cultivation conditions, as in the case of this research. There was no significant difference in the grain weight for the formulated 20-00-00 and 00-00-20 as topdressing fertilization for the corn crop, analyzing the yield variable. The 20-00-20 formulation is proposed for the BM.3073 VIP3 cultivar, since the producers use corn as dual-purpose (grain and silage purposes), presenting a high requirement for N and K nutrients; the whole plant will be extracted from the culm to the grains, being interesting to use it in the coverage at a 1:1 ratio.

Keywords: *Zea mays* L.; Nitrogen; Potassium

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma monocotiledônea pertencente à família *Poaceae*, que tem centenas de aplicações industriais, tais como cereal matinal, cervejaria, panificação, biscoitos, massas, amidos, gorduras vegetais, entre outros. É componente fundamental na fabricação de ração animal e base da produção de leite, ovos, carne de suínos, aves e bovinos, e na produção de etanol (MIRANDA et al., 2019).

Atualmente, esse cereal é cultivado em todo o território nacional cuja produtividade vem indicando aumentos em razão, principalmente, de melhores práticas nos sistemas de manejo. Uma das estratégias que estão sendo utilizadas para a obtenção de altas produtividades é o fornecimento de nutrientes em quantidades equilibradas e suficientes para atender as necessidades fisiológicas durante todo ciclo da cultura (GALVÃO et al., 2014; MIRANDA et al., 2019).

Os macronutrientes nitrogênio (N) e potássio (K) são requeridos em maior quantidade pelas plantas (BENDER et al., 2013). A exportação de nitrogênio é de cerca de 75% do total extraído, enquanto o potássio varia de 20 a 30% (COELHO et al., 2008). A adubação de cobertura é uma prática essencial na cultura do milho (BATISTA et al., 2019).

O nitrogênio exerce papel fundamental como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas e ácidos nucleicos, além de ser componente estrutural da molécula de clorofila (QUEIROZ et al., 2011; ČEH, 2014). É essencial desde os estádios fenológicos iniciais da planta, fase em que a absorção do nitrogênio é mais intensa (OLIVEIRA, 2013).

Trata-se do nutriente demandado em maior quantidade pelas plantas de milho (ZECCHIN et al., 2017), embora nem sempre esteja disponível para a absorção, por se tratar de um elemento com dinamismo rápido no solo. A eficiência do uso de nitrogênio diminui em relação à época inadequada de aplicação do nutriente na lavoura e ao aumento de doses aplicadas, uma vez que a quantidade de nitrogênio excede a necessidade nutricional da cultura (FARINELLI; LEMOS, 2010).

Além do nitrogênio, o potássio é o segundo nutriente mais exigido pela cultura do milho, exercendo papel essencial na fisiologia das plantas. Esse macronutriente está ligado à regulação osmótica das células vegetais e desempenha atividades bioquímicas relacionadas à ativação de enzimas envolvidas na respiração dos vegetais (TAIZ et al.,

2017).

O potássio participa de processos como a fotossíntese, absorção de água do solo, formação de amido, síntese proteica e na abertura e fechamento dos estômatos (SENKIG, 2003). No milho, eleva a qualidade do cereal, principalmente a massa individual dos grãos e no número de grãos por espiga (RODRIGUES et al., 2014).

O suprimento inadequado de nitrogênio e potássio é um dos fatores mais limitantes da produtividade na cultura do milho (BASSO; CERETTA, 2000). A aplicação de fontes nitrogenadas e potássicas é um diferencial para o aumento da produtividade na cultura do milho.

Para que sejam minimizadas perdas do fertilizante aplicado, é preciso lançar estratégias como época de aplicação e formulações de adubos. A ureia (45%N) e o cloreto de potássio (60%K) são as fontes mais utilizadas pelos produtores, tendo sua eficácia alterada conforme vários fatores, entre eles as condições edafoclimáticas locais (BESEN et al., 2018).

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo avaliar as variáveis biométricas de crescimentos, os componentes de produção e a produtividade do milho, em um Latossolo Vermelho na região de Cerrado, submetido a formulações de adubo aplicado em diferentes épocas de cobertura.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Origem do milho

O milho é uma monocotiledônea, com origem no teosinto, subespécie mexicana *Zea mays ssp.* A classificação botânica é família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Andropogoneae*, subtribo *Tripsacinae*, gênero *Zea*, espécie *Zea mays* (LINNAEUS, 1753).

Esse cereal está entre as primeiras plantas domesticadas pelo homem, sendo cultivado desde as civilizações pré-colombianas (BURANELLO, 2009). A espécie alcançou alto estágio de domesticação, uma vez que perdeu a característica de sobrevivência sem o manejo do ser humano (PATERNIANI; CAMPOS, 2005).

O processo de domesticação da espécie levou a planta de milho a reduzir o número de espigas por colmo, favoreceu o aumento do tamanho da espiga e a redução do número de perfilhos (PATERNIANI; CAMPOS, 2005).

Sua chegada à Europa ocorreu em 1493. No Brasil, o cultivo do milho era praticado pelos índios. Entretanto, com a chegada dos portugueses, o consumo desse cereal teve um aumento significativo no país, passando a fazer parte da dieta de toda população (APROSOJA, 2016).

O milho expandiu-se até ocupar praticamente o todo continente americano. Este cereal assume grande importância social e econômica pela geração de empregos e renda na zona rural e urbana e por fornecer produtos para a alimentação animal e humana (SILVA, 2005).

2. Importância econômica

O milho destaca-se por ser o cereal mais produzido no mundo e a espécie de maior importância econômica com origem nas Américas (ICEPA; 2013). A maior parte da produção deste cereal destina-se à alimentação de animais como aves, bovinos e suínos. A quantidade destinada à alimentação animal corresponde, em média, a

70% da produção mundial, sendo o restante da produção dividido em consumo humano, indústria e para semente (CRUZ; 2011).

Segundo a FAO, o mundo produz cerca de 2,4 bilhões de toneladas de grãos. A produção de milho na safra 2019/2020 chegou a atingir 1,12 bilhão de toneladas, representando mais de 45% do total de grãos produzidos no mundo.

No Brasil, a produção de milho na safra 2019/2020 foi de 102,5 milhões de toneladas. Para a safra 2020/2021, a Conab aponta sua nova expectativa de produção de milho: espera-se produção total de 93,4 milhões de toneladas, ou seja, redução de 8,9% em relação à safra 2019/2020. Esse ajuste sucede da espera de uma redução de 18,4% da produção de milho produzido durante a segunda safra e de 6,9% na terceira safra, causada por adversidades climáticas.

Em Goiás, a Conab estimou a safra de 2020/2021 em 27,9 milhões de toneladas, crescimento de 1,6% em relação à safra passada. A área total de produção é de 6,2 milhões de hectares, crescimento de 1,9% em relação à safra anterior. Com estes números, Goiás se consolida como o 4º maior produtor de grãos do país (CONAB; 2021).

3. Importância do Nitrogênio para as plantas

O nitrogênio é considerado o macronutriente mais importante, que deve estar sempre acessível no solo para suprir as plantas (GARCIA et al., 2013). Atua como constituinte de muitos componentes celulares vegetais, como a clorofila, aminoácidos, enzimas, coenzimas e ácidos nucleicos (TAIZ et al., 2017).

Em quantidades adequadas, ele se torna benéfico no processo de crescimento do sistema radicular, no crescimento da parte aérea e para a fotossíntese, resultando em maior fluxo de hidratos de carbono para a raiz (PRADO, 2008).

A deficiência de nitrogênio inibe rapidamente o crescimento vegetal, uma vez que atua nos processos de divisão e expansão celular e, caso persista, a maioria das espécies apresenta clorose nas folhas mais velhas, que ficam amareladas (ou castanhas) e se soltam da planta. Folhas jovens podem não mostrar inicialmente sintomas, pois é possível que o nitrogênio seja mobilizado a partir das folhas mais velhas (TAIZ et al., 2017).

4. Resposta do milho ao Nitrogênio

A absorção de nitrogênio pelo milho é alta nos estádios fenológicos de seis folhas até o pendoamento, sendo 70% desse nutriente absorvido até o estágio VT (COELHO, 2016). Conseqüentemente, quantidades equilibradas desse nutriente propiciam o crescimento vegetativo e estão relacionadas à resposta positiva dos componentes de produção como massa, grãos e comprimento da espiga (FERREIRA et al., 2010).

A adubação nitrogenada no milho deve ser estabelecida pela aplicação de 20 a 30 kg/ha de N na semeadura e de 60 até 120 kg/ha de N em cobertura, considerando a expectativa de produção (SOUZA; LOUBATO, 2004). Meira et al. (2009) confirmaram que a produtividade de milho aumentou quando aplicados níveis de 30 a 120 kg/ha de nitrogênio em cobertura. Queiroz et al. (2011) observaram que a aplicação de 120 kg/ha de N em cobertura proporcionou maior retorno econômico.

Liu (2012) observou aumento de 9% na altura das plantas de milho em trabalho com doses de N variando de 0 a 180 kg/ha. Estudos realizados por Carmo et al. (2012) testaram três fontes de nitrogênio e quatro doses na cultura do milho e concluíram que existe aumento na produtividade em resposta ao nitrogênio, independentemente da fonte utilizada.

Segundo Vergutz e Novais (2015) e Souza e Lobato (2004), a adubação com N na semeadura ou em cobertura deve ser baseada na expectativa de produtividade variando de 100 a 150 kg/ha. Fernandes et al. (2017) descrevem que a influência do nitrogênio nos resultados de produtividade é ligada aos obtidos na altura de plantas, altura de inserção da espiga e massa de mil grãos. Zucareli et al. (2019) observaram diferença significativa na produtividade em função da aplicação de 0, 50, 100 e 150 kg/ha de N em cobertura.

5. Importância do Potássio para as plantas

O potássio desempenha funções importantes nas plantas e garante a produção das culturas (OOSTERHUIS et al., 2014). O potássio, presente nas plantas como

cátion K^+ , exerce papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais, também ativa enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ et al., 2017).

Em seus estudos, Foloni et al. (2013) apresentaram que o potássio atua auxiliando as plantas a adquirir maior resistência às fitopatologias ou se tornando mais resistentes contra a ação de insetos. Além disso, este elemento também atua na resistência a outras variações, como déficit hídrico e temperaturas elevadas.

O início do sintoma visível da deficiência de potássio é a clorose em manchas ou marginal, que, conseqüentemente, evolui para necrose. Em milho deficiente desse nutriente, as raízes podem ter uma suscetibilidade alta a fungos da podridão da raiz presentes no solo; essa suscetibilidade, junto com os efeitos caulinares, resulta em tendência de tombamento fácil da planta no solo (TAIZ et al., 2017).

A concentração deste macronutriente na planta está associada à abertura e fechamento dos estômatos. Sendo assim, a deficiência na concentração de K pode reduzir consideravelmente seu processo fotossintético (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

6. Resposta do milho ao potássio

O potássio se destaca como o segundo nutriente absorvido em maiores quantidades pela cultura do milho, sendo cerca de 20% exportado para os grãos e o restante permanecendo nos restos culturais (palha). Porém, até pouco tempo, as conclusões obtidas em ensaios de campo eram menos frequentes por causa dos baixos níveis de produtividades obtidos (COELHO et al., 2006).

A resposta do milho à adubação potássica varia quanto ao nível de produtividade esperada. Segundo Sousa e Lobato (2004), deve ser estabelecida a aplicação de 30 a 60 kg/ha de K_2O na semeadura e de 30 até 90 kg/ha de K_2O em cobertura, considerando a expectativa de produtividade.

Wendling et al. (2008) obtiveram aumento no rendimento de 11,7 kg de grãos para cada quilo de K_2O aplicado. No ano de 2011, Schlindwein et al. tiveram respostas positivas à aplicação de potássio, com aumento de 40,2 kg de grãos de milho para cada

quilo de K_2O adicionado no solo.

Rabelo et al. (2013) destacaram que as doses de 150 a 200 kg/ha K_2O proporcionaram maiores valores de produtividades à cultura do milho. Rodrigues et al. (2014) indicam dose de 70 kg/ha de K_2O para obter a máxima produtividade de grãos de milho.

Em seus estudos, Petter et al. (2013) obtiveram a máxima produtividade de grãos utilizando a dose estimada de 53 kg/ha^{-1} de K_2O , obtendo 6.607 kg/ha, o que representa produtividade de sete sacas a mais que a testemunha. Em 2018, Dias não observou efeito significativo aplicando diferentes doses de potássio em cobertura.

7. Relação Nitrogênio : Potássio

A aplicação de nitrogênio e sua combinação positiva com o potássio são um dos fatores essenciais para garantir a produtividade das culturas (AWAIS et al., 2017). O nitrato na seiva do xilema, por exemplo, se move junto com o íon K, sendo redistribuído por toda planta pela aplicação de potássio (ALI et al., 2019).

A relação nitrogênio/potássio respeita a Lei do Mínimo, pois quando o nitrogênio é aplicado em quantidade suficiente para haver aumento da produção, passando essa produção a ser limitada pelos baixos teores de potássio aplicados no solo (BULL,1993).

A importância do nitrogênio e do potássio, tanto na produção de massa verde na parte aérea das plantas quanto na de grãos e biomassa radicular, é mencionada em vários trabalhos e experimentos a campo, porém alguns autores relatam redução de produtividade, por sofrer interferências como fertilidade do solo, condições climáticas, potencial da cultura e desequilíbrio na aplicação desses nutrientes.

Estudos conduzidos por Viana e Kiehl (2010) para testar doses de nitrogênio e potássio concluíram que o acúmulo desses macronutrientes na parte aérea variou somente em função da adição de doses, não havendo interações entre os nutrientes.

Hout et al. (2019) pesquisaram a interação entre nitrogênio e potássio em uma cultivar de milheto e observaram que, além da absorção e eficiência do uso do nitrogênio, o fornecimento de nitrogênio e potássio aumentou significativamente o rendimento, melhorando as espiguetas. Ali et al. (2020) observaram que doses iguais de nitrogênio e potássio auxiliam positivamente no metabolismo de nitrogênio.

O metabolismo do nitrogênio é essencial para a produção de aminoácidos e produtividade da cultura do milho, tendo sido constatado que o potássio está envolvido na fase final do metabolismo do nitrogênio (ALI et al., 2020). O conhecimento da relação entre esses nutrientes é essencial, pois, além de altas produtividades, o equilíbrio pode proporcionar maior eficiência na utilização do nitrogênio pelas plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, no ano agrícola 2020/2021, na Fazenda Itajá , localizada no município de Goianésia – GO, cujas coordenadas pontuais são latitude 15° 16'57'' S e longitude 49° 19'04''W, com altitude média de 663 m. O clima do local, segundo a classificação internacional de Köppen e Geiger (1928) e Alvares et al. (2013), é do tipo Aw, clima de savana ou clima tropical de estações úmida e seca, de inverno seco e verão chuvoso, com média pluviométrica anual de 1.502 mm. A Figura 1 mostra os dados de precipitação e temperatura média durante a realização do experimento.

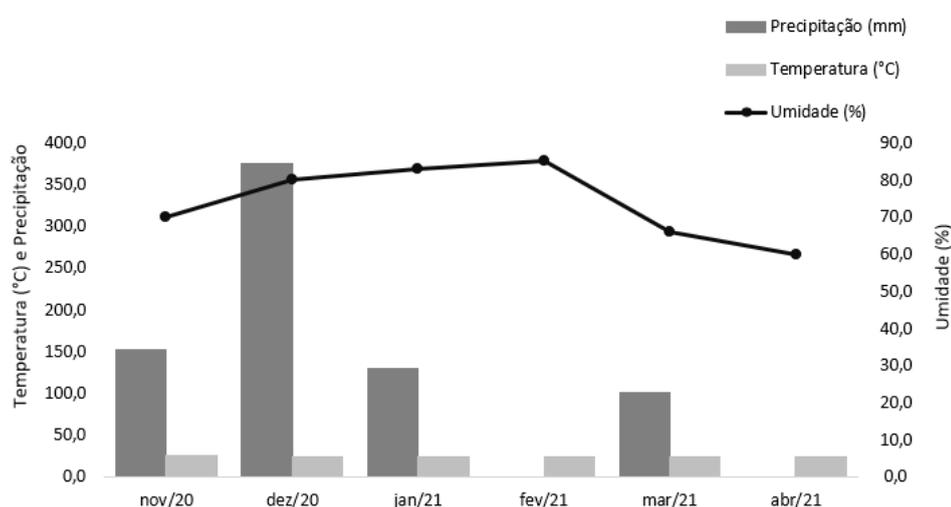


Figura 1. Precipitação pluvial , temperatura média e umidade relativa do ar ocorrida na Fazenda Itajá – Goianésia (GO) durante o período de novembro de 2020 a abril de 2021. (pluviômetro instalado na área e dados da estação meteorológica da Usina Jalles Machado)

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho Distrofíco, franco-argiloso, fase cerrado (SANTOS et al., 2018). O histórico da área é caracterizado pelo cultivo de arroz desde 2010, recebendo aplicação anuais de fertilizante NPK na formulação 04-14-10. Nas análises granulométricas, foram obtidos argila 603 g kg⁻¹, silte 312 g kg⁻¹ e areia 85 g kg⁻¹, cujas composições químicas, de amostras coletadas nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade, analisadas conforme metodologias descritas em Teixeira et al. (2017), encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do solo nas camadas 00-10, 10-20 e 20-40, antes da instalação do experimento na Fazenda Itajá, Goianésia-GO.

	pH	MO	P meh	Ca	Mg	K	Al	H+Al	CTC	V
Prof.:	CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³			-----			%
00-10	5,3	32,00	6,4	10,05	2,25	0,66	0,00	3,51	16,58	78
10-20	5,4	26,20	4,4	11,20	1,80	0,43	0,00	3,25	16,69	81
20-40	5,6	25,50	5,8	12,50	1,84	0,34	0,00	2,99	17,68	83

H + Al: acidez potencial; CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; MO: matéria orgânica; V: saturação por bases; P: Fósforo Mehlich.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados analisado em esquema de parcelas subdivididas (3x5), com três repetições. As parcelas foram compostas por tipos de formulados NK, 20-00-00, 00-00-20 e 20-00-20. As subparcelas foram compostas por cinco épocas de adubação de cobertura (14, 21, 28, 35 e 42 dias após emergência – DAE), totalizando 45 unidades experimentais.

A fonte de adubo nitrogenado nos formulados foi a ureia (45-00-00) e de potássico foi o cloreto de potássio (00-00-60). As parcelas foram compostas por seis fileiras espaçadas em 0,5m entre si e com 5 m de comprimento. Como área útil, foram consideradas as duas linhas centrais, tendo sido desprezado um metro em cada extremidade. Para a aplicação dos tratamentos, foram feitas distribuições manuais a lanço, tendo sido aplicados 180kg ha⁻¹ de nitrogênio e 90kg ha⁻¹ de potássio.

O preparo do solo foi feito pelo sistema convencional, por meio de aração e gradagem. A semeadura foi manual, dia 08 de novembro de 2020, utilizando a cultivar BM.3073 VIP3, distribuindo 3 sementes por metro de sulco, com o intuito de obter um estande de 60 mil plantas por hectare. Todos os tratamentos foram adubados no sulco de semeadura com fósforo (P₂O₅), na forma de superfosfato triplo, conforme resultados das análises de solo para uma expectativa de rendimento de 12 t ha⁻¹ de grãos, segundo recomendações de Sousa e Lobato (2004). O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi feito com o milho no estágio de cinco folhas, utilizando o herbicida Atrazina 1,5 L ha.

Aos 90 DAE, foram arrancadas cinco plantas por unidade experimental. Utilizando fita métrica e paquímetro, foram avaliados altura de planta, diâmetro do colmo, massa seca das folhas, massa seca do colmo e massa seca da raiz. Quando a cultura atingiu a fase de maturidade fisiológica, foram avaliados número de folhas, comprimento da folha, largura da folha, área foliar, massa seca das folhas, massa seca

do colmo, massa seca da raiz, massa seca do sabugo, massa seca dos grãos, número de espigas por planta (prolificidade), comprimento e diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, diâmetro do sabugo, comprimento do sabugo e tamanho do grão. Foram utilizadas cinco plantas e espigas por parcela para mensuração das variáveis acima descritas.

Para a determinação da massa seca, após coleta das plantas, elas foram divididas em folha, caule, raiz, sabugo e grãos, posteriormente acondicionadas em sacos de papel previamente identificados com os tratamentos. As amostras foram levadas ao laboratório, lavadas em água destilada, secas a 65°C em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas, em seguida, pesadas em balança analítica de precisão, com resolução de 0,001 g.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1% e a 5% de probabilidade para verificar a significância, posteriormente, ao teste de médias para o fator qualitativo (tipo de formulação de cobertura) e à regressão polinomial para o fator quantitativo (época de adubação de cobertura). As variáveis avaliadas foram submetidas à análise estatística, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 2, observa-se que para as variáveis diâmetro do colmo (DC) e número de folhas (NF) não houve efeito significativo para nenhum fator estudado; por outro lado, analisando altura de planta (AP), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF) e área foliar (AF), verifica-se que foi significativa a interação entre os tipos de formulados e a época de aplicação da adubação de cobertura, o que mostra que existe interferência do tipo de formulação para cada época de aplicação e vice-versa.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF), comprimento das folhas (CF), largura das folhas (LF) e área foliar do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura

FV	GL	Quadrados Médio					
		AP	DC	NF	CF	LF	AF
Formulado (F)	2	1967,47ns	115,55ns	0,15ns	43,28*	2,86**	14296,78**
Bloco	2	380,95ns	6,21ns	1,75ns	2,85ns	0,05ns	121,89ns
Resíduo (a)	4	502,79	33,09	0,45	4,65	0,05	260,45
Época (E)	4	828,97*	10,11ns	0,63ns	29,52**	0,90**	9132,91**
Interação F x E	8	1629,46**	13,74ns	0,26ns	87,05**	0,95**	14453,26**
Resíduo (b)	24	283,64	15,14	0,47	6,88	0,14	1350,10
CVa (%)		11,17	22,98	5,58	2,20	2,47	2,34
CVb (%)		8,39	15,54	5,68	2,68	4,09	5,33

** e * diferença significativa a 1 e 5% de probabilidade no teste F, respectivamente; ns não houve diferença significativa a 5% de probabilidade no teste F.

Observando o desdobramento da época de aplicação da adubação de cobertura para cada tipo de formulado para a altura de planta (Figura 2A), verifica-se que, de acordo com a equação de regressão, ao utilizar o formulado 20-00-20, constata-se que ele deve ser aplicado até os 18 DAE. Após este período, recomenda-se que só seja aplicado depois dos 35,5 DAE, visto que na aplicação do formulado no intervalo dos 18 até os 35,5 DAE a planta apresentou decréscimos na altura. Para utilização do formulado 20-00-00, segundo a equação de regressão, a aplicação deve ser feita até os 20,9 DAE, pois a partir daí começa a decrescer a altura da planta, que vai até os 34,5 DAE.

Analisando a variável altura de planta ao fazer o desdobramento dos tipos de formulação em cada época de aplicação da adubação de cobertura (Figura 2B), constata-

se que fazendo a adubação de cobertura aos 14 e 21 DAE, o formulado 20-00-20 proporcionou diferença significativa para altura de planta quando comparado com os demais formulados, sendo as plantas que receberam o formulado 20-00-20, em média, foram 20,53% e 19,51% maiores do que as plantas que receberam os outros formulados, aos 14DAE e 21 DAE , respectivamente.

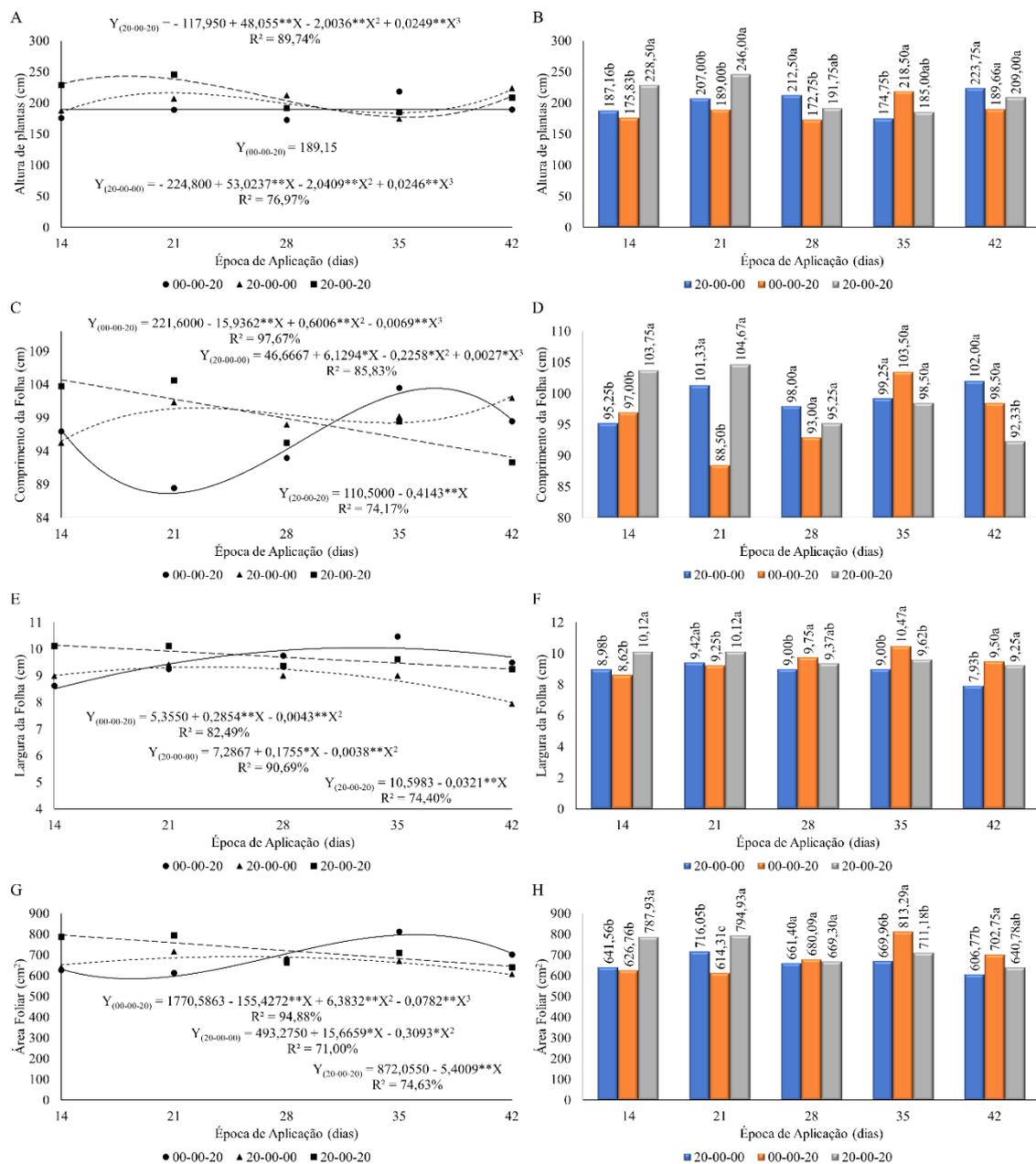


Figura 2. Altura de plantas, comprimento das folha, largura das folhas e área foliar do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H).

Observando a altura de planta obtida pelos formulados quando se faz a

adubação de cobertura aos 28 DAE, percebe-se que os formulados 20-00-00 e 20-00-20 proporcionaram estatisticamente a mesma altura de planta.

Quando se optou por fazer a adubação de cobertura aos 35 DAE, os formulados 00-00-20 e 20-00-20 proporcionaram alturas de planta estatisticamente iguais; por outro lado, verificando o desempenho do formulado 20-00-20, constata-se que ele não diferiu estatisticamente de nenhum outro formulado, o que não se pode dizer do formulado 20-00-00, que foi significativamente menor que o formulado 00-00-20, em torno de 15,33%. Se o produtor escolher fazer a adubação de cobertura aos 42 DAE, ele poderá aplicar qualquer um dos três formulados, visto não ter havido diferença significativa na altura de planta entre eles.

De acordo com as equações apresentadas na Figura 2C, referentes ao desdobramento dos efeitos da época de aplicação do adubo para cada tipo de formulado no comprimento da folha (CF), verifica-se que, ao utilizar o formulado 00-00-20, sua aplicação deve ser feita entre os 20,5 DAE até 37,5 DAE, período em que as plantas apresentaram acréscimos no comprimento de folhas, comportamento diferente do encontrado quando são utilizados os outros formulados. O comprimento da folha é crescente quando se aplica o formulado até os 23,4 DAE, mantendo-se praticamente constante até os 32,4 DAE, quando volta a apresentar acréscimos no comprimento da folha; no formulado 20-00-20, constatou-se decréscimo no comprimento da folha, segundo a equação de regressão, de 2,62% por aumento de cada sete dias da aplicação da adubação de cobertura, causando diminuição de 15,75% no comprimento da folha ao aplicar a adubação de cobertura aos 42 DAE em relação à aplicação aos sete dias.

No desdobramento dos formulados dentro de cada época de aplicação da adubação de cobertura, verifica-se na Figura 2D que os formulados 20-00-00 e 00-00-20 não diferiram estatisticamente entre si, porém apresentaram comprimento das folhas 7,35% significativamente menor que o formulado 20-00-20. Também pode-se afirmar que ao fazer a adubação de cobertura aos 21 DAE, os formulados 20-00-00 e 20-00-20 proporcionaram comprimento das folhas estatisticamente iguais; por outro lado, superaram significativamente o comprimento das folhas das plantas que receberam o formulado 00-00-20, em torno de 14,08%. Quando a adubação de cobertura foi feita aos 28 e 35 DAE, não houve diferença significativa no comprimento das folhas entre os formulados utilizados na pesquisa, cujo comprimento médio das folhas foi de 95,42 e 100,42 cm, para a aplicação 28 e 35 DAE, respectivamente. Fazendo a adubação de cobertura aos 42 DAE, deve-se dar preferência à utilização dos formulados 20-00-00

ou 00-00-20, que não diferiram significativamente, mas proporcionaram comprimento das folhas superior ao formulado 20-00-20, em torno de 7,90%.

Na largura de folhas, o desdobramento da época de aplicação da adubação de cobertura para tipo de formulado indica, segundo a equação de regressão (Figura 2E), que, utilizando o formulado 00-00-20, haverá acréscimo na largura das folhas se a aplicação da adubação de cobertura acontecer até os 33,2 DAE. Após esta época, ocorrerá um decréscimo de 0,15% e de 3,31% na largura da folha ao adubar aos 35 e 42 DAE, respectivamente. A recomendação para aplicação do formulado 20-00-00, segundo a equação de regressão, é menor que a do formulado 00-00-20, visto que foi constatado acréscimo na largura de folha quando aplicado o formulado até 23,1 DAE. Observando o comportamento da largura das folhas das plantas que receberam o formulado 20-00-20, verifica-se que a largura da folha diminui, segundo a equação de regressão, 0,03% por aumento unitário na época de aplicação, ou seja, se a aplicação for retardada em 7 dias, ocorrerá uma perda na largura das folhas de 2,12%.

A adubação de cobertura aos 14 DAE com o formulado 20-00-20 proporcionou largura das folhas significativamente maior do que os formulados 20-00-00 e 00-00-20 (Figura 2F). Ao aplicar a adubação de cobertura aos 21 DAE, percebeu-se que a largura das folhas do formulado 20-00-00 foi estatisticamente igual à adubação com o uso dos formulados 00-00-20 e 20-00-20, porém a aplicação do formulado 20-00-20 proporcionou uma largura das folhas de 10,12 cm, superando a largura das folhas do formulado 00-00-20 em torno de 8,60%. Usando 28 DAE para a adubação de cobertura, o formulado 20-00-00 obteve largura das folhas esteticamente inferior ao do formulado 00-00-20, não significativo ao comparar com o formulado 20-00-20. Já o formulado 00-00-20 não apresentou diferença significativa na largura das folhas quando comparado com o formulado 20-00-20, tendo sido verificada diferença significativa em relação ao formulado 20-00-00. Entre os formulados a serem aplicados aos 35 DAE, o formulado 00-00-20 proporcionou largura das folhas estatisticamente superior aos demais, e os formulados 20-00-00 e 20-00-20 não tiveram diferença significativa para largura das folhas. Na aplicação de adubos feita aos 42 DAE, os formulados 00-00-20 e 20-00-20 proporcionaram estatisticamente a mesma largura das folhas, 15,41% significativamente maior que a largura das folhas do formulado 20-00-00.

A Figura 2G mostra o desdobramento da época de aplicação da adubação de cobertura para cada tipo de formulado para a área foliar das plantas. Observa-se que o formulado 00-00-20 deve ser aplicado no intervalo de 18,4 aos 36,0 DAE, pois, de

acordo com a equação de regressão, as plantas obtiveram a maior área foliar (799,33 cm²) quando se aplicou a adubação de cobertura aos 36 DAE. Com relação ao formulado 20-00-00, ocorrem acréscimos na área foliar quando se aplica este formulado até os 25,3 DAE, época em que as plantas atingiram área foliar de 691,64 cm², 12,4% maior que a área foliar das plantas que receberam a adubação de cobertura aos 42 DAE. A área foliar das plantas que receberam a adubação aos 14 DAE foi estimada em 796,44 cm² e das que receberam a adubação aos 42 DAE foi estimada em 645,22 cm², uma diminuição de 18,99%.

Comparando a área foliar das plantas dos diferentes formulados em cada época de aplicação (Figura 2H), verifica-se que o formulado 20-00-20 foi significativamente diferente dos formulados 20-00-00 e 00-00-20, quando feita a adubação de cobertura aos 14 DAE. Na adubação de cobertura aos 21 DAE, observa-se que o formulado 20-00-20 superou significativamente todos os outros formulados e que o formulado 20-00-00 diferiu significativamente do formulado 00-00-20; para o formulado 00-00-20, constata-se que a área foliar das plantas que receberam este formulado foi 14,20% e 22,72% significativamente menor que a área foliar dos formulados 20-00-00 e 20-00-20, respectivamente. Quando a adubação em cobertura foi feita aos 28 DAE, não houve diferença significativa na área foliar das plantas para nenhum formulado utilizado. Já aplicando a adubação de cobertura aos 35 DAE, as plantas que receberam os formulados 20-00-00 e 20-00-20 tiveram uma área foliar estatisticamente menor que a do formulado 00-00-20. Para a adubação de cobertura aos 42 DAE, verifica-se que a área foliar do formulado 00-00-20 foi estatisticamente igual à área do formulado 20-00-20 e significativamente diferente do formulado 20-00-00, sendo que a área foliar das plantas que receberam o formulado 20-00-00 não diferiu estatisticamente do formulado 20-00-20 e foi 13,66% significativamente menor que a área foliar das plantas que receberam o formulado 00-00-20.

A Tabela 03 mostra que houve efeito significativo para os tipos de formulados para a variável peso da espiga sem palha (PE). O efeito da época de aplicação da adubação de cobertura apresenta diferença significativa nas variáveis peso da espiga sem palha (PE), peso da espiga com palha (PEP), peso das palhas da espiga (PPE) e relação peso das palhas da espiga em função do peso da espiga com palha (PPE/PEP). Em relação à interação, constata-se efeito nas variáveis peso da espiga sem palha (PE), peso da espiga com palha (PEP), peso das palhas da espiga (PPE), relação peso das palhas da espiga em função do peso da espiga com palha (PPE/PEP) e comprimento das

espigas (CE).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis peso da espiga sem palha (PE), peso da espiga com palha (PEP), peso das palha da espiga (PPE), relação PPE/PEP (PPE/PEP), comprimento das espigas (CE) e diâmetro da espiga (DE) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura.

FV	GL	Quadrados Médio					
		PE	PEP	PPE	PPE/PEP	CE	DE
Formulado (F)	2	1147,33*	645,93ns	196,37ns	48,83ns	0,77ns	0,14ns
Bloco	2	89,59ns	212,16ns	30,82ns	7,78ns	0,73ns	0,05ns
Resíduo (a)	4	144,43	229,66	56,77	12,67	0,80	0,10
Época (E)	4	1688,37*	3659,49**	188,11**	99,81**	2,07ns	0,03ns
Interação F x E	8	2227,84**	3447,52**	267,05**	73,14**	5,54**	0,15ns
Resíduo (b)	24	561,45	526,85	22,20	18,97	1,03	0,09
CVa (%)		7,81	6,93	11,27	11,42	5,53	7,82
CVb (%)		15,40	10,49	7,05	13,98	6,27	7,25

** e * diferença significativa a 1 e 5% de probabilidade no teste F, respectivamente; ns não houve diferença significativa a 5% de probabilidade no teste F.

A Figura 3A mostra que houve diferença significativa no peso da espiga sem palha entre as épocas de aplicação da cobertura apenas para o formulado 00-00-20, com decréscimos no peso da espiga de 6,53% para cada sete dias de atraso na adubação de cobertura. Por outro lado, comparando os tipos de formulado entre si (Figura 3B), verifica-se que na adubação de cobertura aos 14 DAE, o formulado 20-00-00 diferiu estatisticamente dos outros formulados, com um peso de espiga sem palha, em média, 31,19% menor que o dos outros formulados.

O peso da espiga com palha (PEP) apresentou diferença significativa entre as épocas de aplicação da adubação de cobertura para os três tipos de formulado (Figura 3C). Usando o formulado 20-00-00, verifica-se que o PEP é beneficiado, segundo a equação de regressão, quando se aplica a adubação de cobertura até os 33,9 DAE. Diferentemente do formulado 20-00-00, o formulado 00-00-20 apresentou perda no PEP a partir dos 24,6 DAE, mostrando que a planta é prejudicada se a adubação nitrogenada de cobertura for retardada e piora a situação se utilizar o formulado 20-00-20, pois o PEP decresce linearmente, com uma diminuição no PEP de 5,21% a cada sete dias de atraso na adubação de cobertura.

Comparando os tipos de formulado em cada época de aplicação da adubação de cobertura (Figura 3D), ao aplicar a adubação aos 14 DAE, o PEP do 20-00-20 não diferiu estatisticamente do formulado 00-00-20 e superou estatisticamente o formulado 20-00-00, assim como o formulado 20-00-00 não diferiu significativamente do formulado 00-00-20, com a aplicação da adubação de cobertura ocorrendo aos 21

DAE. O PEP que recebeu o formulado 20-00-00 foi significativamente inferior aos outros dois formulados. Aos 28 e 35 DAE para adubação de cobertura, não foi constatada diferença significativa no PEP entre os formulados. O PEP usando o formulado 20-00-00 foi significativamente maior que os outros formulados quando aplicada a adubação de cobertura aos 42 DAE.

Avaliando o peso da palha da espiga (PPE), percebe-se efeito significativo entre as épocas de aplicação da cobertura em todos os tipos de formulados (Figura 3E). Fazendo a opção pela aplicação do formulado 00-00-20, o PPE começa a decrescer se a adubação for feita a partir dos 16,3 DAE e continua diminuindo se a adubação for feita até os 35,1 DAE, quando o PPE começa a aumentar caso a adubação de cobertura seja aplicada após esta época. Já usando o formulado 20-00-00, verifica-se que o PPE, segundo a equação de regressão, só vai decrescer se a adubação de cobertura for feita após os 31,5 DAE, ao contrário do formulado 20-00-20, que apresenta um acréscimo no PPE quando se aduba até os 19,9 DAE e começa a decrescer até os 39,4 DAE e, a partir desta época, tende a se estabilizar, demonstrando que caso este formulado seja utilizado na adubação de cobertura no início do ciclo, ele tende a produzir mais palha.

Considerando que quanto menor o peso da palha da espiga, maior será o peso da espiga, verifica-se na Figura 3F que o formulado 20-00-00 se destacou em todas as épocas de aplicação da cobertura, pois, adubando aos 14 e 21 DAE, o formulado 20-00-00 foi significativamente inferior aos demais; já adubando aos 28 DAE, este formulado não diferiu do formulado 00-00-20, mas foi estatisticamente inferior ao formulado 20-00-20. Não foi verificada diferença significativa entre os formulados 20-00-00 e 20-00-20 quando utilizados aos 35 DAE para a adubação de cobertura e aos 42 DAE para a adubação de cobertura, respectivamente.

A relação PPE/PEP indica qual percentual do peso da espiga é dado pela palha. A Figura 3G, aplicando o formulado

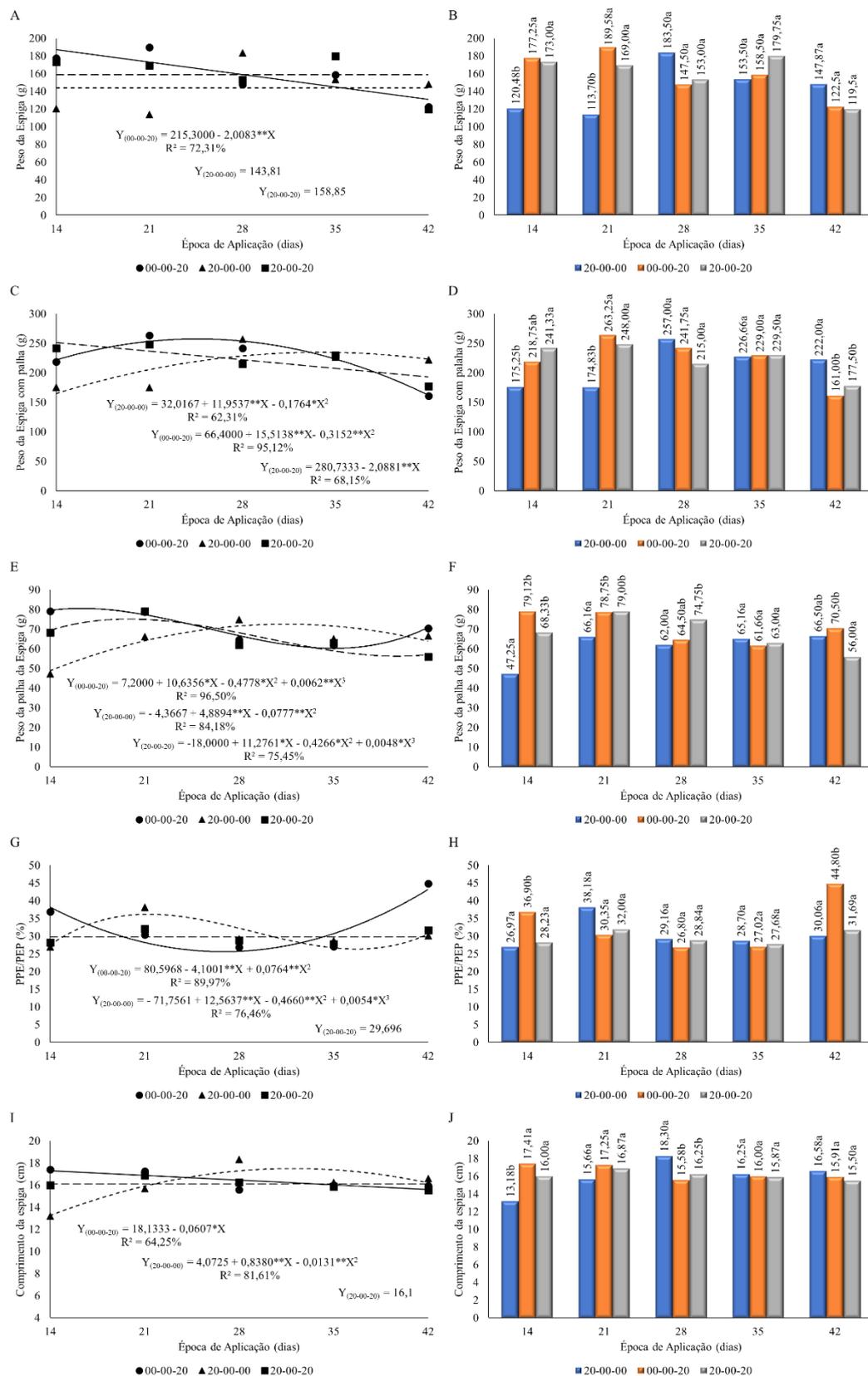


Figura 3. Peso da espiga sem palha, peso da espiga com palha, peso das palhas da espiga, relação PPE/PEP (PPE/PEP), comprimento das espigas do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G,

I) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H, J).

00-00-20, entre o período de época dos 14DAE aos 26,8 DAE, mostra que ocorre diminuição na relação PPE/PEP e, a partir dos 26,8 DAE, esta relação começa a crescer, significando que este período é ideal para aplicar este formulado, visto que, após os 26,8 DAE, a produção de palha começa a aumentar. Se a opção for pelo formulado 20-00-00, constata-se que adubando até os 21,6 DAE a relação PPE/PEP é crescente e, entre as épocas de 21,6DAE até 36 DAE, esta relação diminui, mostrando que a palha interfere menos no peso da espiga. Já o formulado 20-00-20 não apresentou variação significativa entre as épocas de aplicação da cobertura.

Observando a relação PPE/PEP no tipo de formulado dentro de cada época de aplicação, nota-se que houve diferença significativa entre os tipos de formulados apenas nas épocas de 14 e 42 DAE, sendo que, nas duas épocas de aplicação, os formulados 20-00-00 e 20-00-20 não diferiram entre si e foram significativamente inferiores ao formulado 00-00-20 (Figura 3H).

A Figura 3I mostra que o comprimento das espigas em que foi utilizada a formulação 20-00-20 foi, em média, de 16,1 cm, não tendo havido diferença significativa entre as épocas de aplicação. Já com o uso do formulado 00-00-20, o maior comprimento estimado foi de 17,28 cm, quando aplicado aos 14 DAE, tendo sido verificado ainda que após esta época ocorreu um decréscimo de 0,33% no comprimento para cada dia acrescentado na adubação de cobertura, totalizando uma diminuição de 14,06% no comprimento da espiga se a adubação de cobertura for feita aos 41 DAE em relação à aplicação aos 14 DAE. Segundo a equação de regressão, constata-se que, usando o formulado 20-00-00, ocorre aumento no comprimento da espiga se a adubação for feita até os 32 DAE, chegando a um comprimento estimado em 17,47 cm..

Se a adubação de cobertura for feita aos 14 DAE, percebe-se que os formulados 00-00-20 e 20-00-20 não apresentam diferença significativa no seu comprimento de espiga, já o formulado 20-00-00 proporcionou, em média, um comprimento de espiga 21,10% menor que a média dos outros formulados (Figura 3J). Os tipos de formulados não apresentaram diferença significativa entre si quando aplicados aos 21,35DAE e 42 DAE, já aplicando aos 28 DAE, o formulado 20-00-00 proporcionou maior comprimento de espiga, com 18,30 cm, sendo estatisticamente superior ao comprimento da espiga das plantas que receberam os formulados 00-00-20 e

20-00-20.

O efeito isolado para o tipo de formulado proporcionou efeito significativo para as variáveis diâmetro do sabugo por espiga (DS), peso do sabugo por espiga (PS) e peso dos grãos por espiga (PG) do milho (Tabela 04). Observando isoladamente a época de aplicação (E) da adubação de cobertura, apenas o número de grãos por fileira da espiga (NGF) e o peso dos grãos por espiga (PG) apresentaram diferença significativa. Por outro lado, foi observada diferença significativa na interação F x E (Tabela 04) para o número de grãos por fileira da espiga (NGF), peso do sabugo por espiga (PS), tamanho do grão por espiga (TG) e peso dos grãos por espiga (PG).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis número de grãos por fileira da espiga (NGF), diâmetro do sabugo por espiga (DS), comprimento do sabugo por espiga (CS), peso do sabugo por espiga (PS), tamanho do grão por espiga (TG) e peso dos grãos por espiga (PG) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura.

FV	GL	Quadrados Médio						
		NGF	DS	CS	PS	TG	PG	IC
Formulado (F)	2	30770,01ns	0,31**	0,24ns	507,50*	0,01ns	1712,38**	0,0001ns
Bloco	2	1022,96ns	0,10*	1,36ns	105,20ns	0,02ns	2,44ns	0,0042ns
Resíduo (a)	4	9335,15	0,01	2,13	45,83	0,02	63,38	0,0012
Época (E)	4	16213,17**	0,11ns	0,55ns	9,80ns	0,01ns	2964,44**	0,0010ns
Interação F x E	8	29743,88**	0,03ns	2,02ns	229,26**	0,06*	2181,84**	0,0015ns
Resíduo (b)	24	3364,71	0,08	2,01	56,78	0,02	115,67	0,0010
CVa (%)		19,87	4,30	9,10	11,55	15,83	8,48	10,98
CVb (%)		11,93	12,32	8,85	12,85	15,14	11,45	10,03

** e * diferença significativa a 1 e 5% de probabilidade no teste F, respectivamente; ns não houve diferença significativa a 5% de probabilidade no teste F.

Analisando o número de grãos por espiga em função da época de aplicação da adubação de cobertura (Figura 4A), verifica-se que não houve diferença significativa entre épocas de aplicação quando aplicados os formulados 00-00-20 e 20-00-20, sendo que cada um produziu, em média, 521,05 e 435,02 grãos por espiga, respectivamente. Já usando o formulado 20-00-00, nota-se que o número de grãos por espiga foi crescente até uma época de aplicação igual a 31,3 DAE, proporcionando número de grãos por espiga estimado em 555,61 grãos, a partir desta época, ocorreu decréscimo no número de grãos por espiga produzidos.

Com 578 grãos por espiga em média, o formulado 00-00-20 não diferiu estatisticamente do número de grãos por espiga do formulado 20-00-20, tendo produzido significativamente 170 grãos por espiga a mais que o formulado 20-00-00, quando aplicada a adubação de cobertura aos 14 DAE (Figura 4B). Com a adubação de cobertura aos 21DAE e 35 DAE, as plantas produzem estatisticamente o mesmo número de grãos

por espiga. Já com a época de aplicação aos 28 DAE, as plantas que receberam o formulado 20-00-00 produziram, em média, 591,5 grãos por espiga, superando significativamente o número de grãos por espiga das plantas que receberam os formulados 00-00-20 e 20-00-20; já os formulados 00-00-20 e 20-00-20, que não diferiram estatisticamente entre si, produziram, em média, 375,6 grãos por espiga.

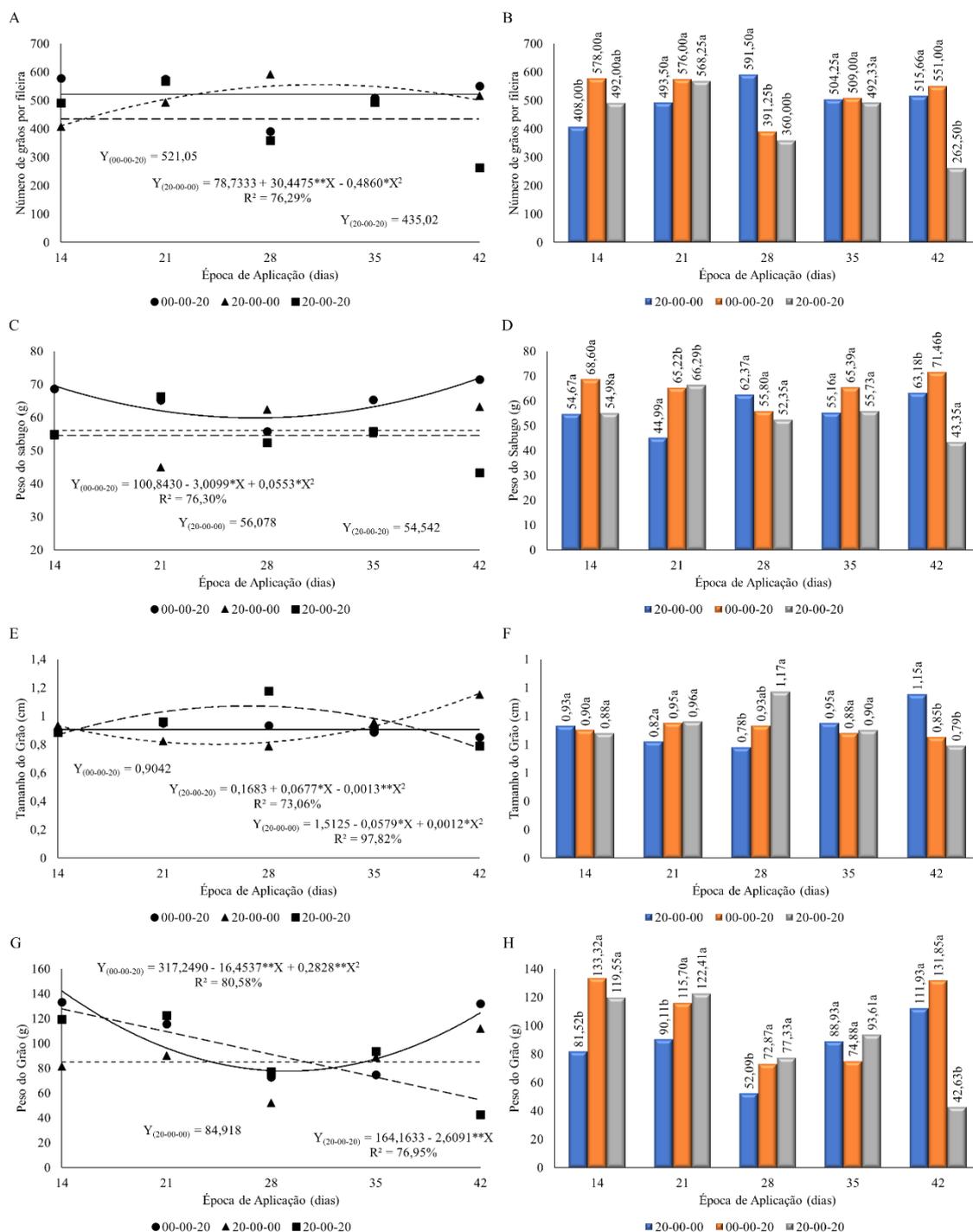


Figura 4. Número de grãos por espiga, peso do sabugo por espiga (PS), tamanho do grão por espiga (TG) e peso dos grãos por espiga (PG) do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G) e dos

formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H).

Aos 42 DAE, a aplicação da adubação de cobertura com os formulados 20-00-00 e 00-00-20 não mostrou diferença significativa entre si no número de grãos por espiga, porém produziu significativamente mais grãos por espiga quando aplicado o formulado 20-00-20.

Observando se ocorreu diferença significativa no peso do sabugo em função da época de aplicação, verifica-se que, usando o formulado 00-00-20, houve diferença significativa no peso do sabugo entre as épocas de aplicação da adubação de cobertura. Na adubação no intervalo variando dos 14 aos 27,2 DAE, ocorreu decréscimo no peso do sabugo e na aplicação após os 27,2 DAE, o sabugo tendeu a ganhar peso. Para os formulados 20-00-00 e 20-00-20, não houve diferença significativa no peso do sabugo em função da época de aplicação do adubo de cobertura (Figura 4C).

Ao comparar o efeito do tipo de formulado dentro de cada época de avaliação, observou-se que com a adubação de cobertura aos 14, 28 e 35 DAE não ocorreu diferença significativa entre os formulados; já aplicando a adubação de cobertura aos 21 DAE, o formulado 20-00-00 diferiu significativamente dos formulados 00-00-20 e 20-00-20, tendo o formulado 20-00-00 proporcionado menor peso do sabugo. Por outro lado, se adubação de cobertura for feita aos 42 DAE, o formulado que proporcionou o menor peso do sabugo foi o 20-00-20, que foi estatisticamente diferente dos outros dois (Figura 4D).

A Figura 4E mostra o comportamento do tamanho do grãos submetidos a diferentes tipos de formulados em função da época de aplicação. Constata-se que, utilizando o formulado 00-00-20, acontece diminuição no tamanho de grão se o formulado for aplicado até os 24,1 DAE, ao contrário do formulado 20-00-20, que apresentou acréscimos a partir dos 14 DAE, chegando ao maior tamanho de grão, segundo a equação de regressão, quando aplicado aos 26 DAE e, após este período, causa diminuição no tamanho de grãos. Verifica-se também que com a aplicação aos 15,2 DAE e aos 33,05 DAE o tamanho dos grãos das plantas que receberam o formulado 00-00-20 e 20-00-20 é estatisticamente igual.

Em relação ao tamanho dos grãos obtidos com o uso dos formulados dentro de cada época de aplicação da adubação de cobertura, verifica-se que, aos 14, 21 e 35 DAE, pode-se aplicar qualquer formulado que não haverá diferença significativa no tamanho dos grãos entre si. Para a aplicação ao 28 DAE, o formulado 20-00-20 foi

estatisticamente superior ao formulado 20-00-00 e idêntico ao formulado 00-00-20; por outro lado, o formulado 20-00-00 teve significativamente um grão menor quando comparado com os grãos do formulado 20-00-20. O mesmo não se pode dizer aos 42 DAE, em razão do tamanho do grão das plantas adubadas com o formulado 20-00-00, que foi significativamente maior que o tamanho dos grãos (Figura 4F).

Na Figura 4G verifica-se que o peso do grão das plantas que receberam o formulado 00-00-20 decresceu quando aplicada a adubação de cobertura após os 14 DAE e só voltou a ganhar peso contínuo quando a adubação de cobertura foi aplicada aos 29,1 DAE, chegando a obter peso de grãos, quando se aplica a adubação de cobertura aos 42 dias, um aumento de 37,69% quando comparado com o peso dos grãos das plantas que receberam a cobertura aos 29,1 DAE. Aplicando o formulado 20-00-00, o peso dos grãos foi, em média, 84,92 g, visto que não foi constatada diferença significativa entre as épocas de aplicação. Por outro lado, utilizando o formulado 20-00-20, ocorreram decréscimos no peso dos grãos a partir dos 14 DAE para aplicação da adubação de cobertura, tendo sido estimada uma perda no peso dos grãos de 66,75% quando comparada à aplicação da cobertura entre os 14 DAE e 42 DAE.

O peso dos grãos das plantas que receberam o formulado 00-00-20 e 20-00-20 não diferiu estatisticamente entre si, porém foi, em média, 1,55 vezes maior que o peso dos grãos das plantas que receberam o formulado 20-00-00 (Figura 4H), quando aplicada a adubação de cobertura aos 14 DAE. Situação idêntica ocorreu ao fazer a adubação de cobertura aos 21 DAE, diferindo apenas que nesta época o formulado 20-00-00 produziu significativamente um grão com 24,31% menos peso que os grãos dos formulados 00-00-20 e 20-00-20. Usando uma época para aplicar a adubação de cobertura igual a 28 DAE, nota-se que o peso dos grãos aplicando os formulados 00-00-20 e 20-00-20 não diferiu significativamente entre si, mas comparando com o peso dos grãos do formulado 20-00-00, verifica-se diferença significativa entre eles, ao contrário do que ocorre ao se aplicar a cobertura aos 42 DAE, pois nesta época, o formulado 20-00-20 diferiu estatisticamente dos formulados 20-00-00 e 00-00-20, sendo, em média, o peso dos grãos do formulado 20-00-20, 2,86 menor que o peso dos grãos dos outros formulados.

Observando o resultado da ANOVA para a massa seca da raiz (MSR), constata-se efeito significativo para Formulado, Época e Interação F x E, todos a 1% de probabilidade. Para massa seca do colmo (MSC), também ocorreu diferença

significativa para Formulado, Época e Interação F x E, no entanto, para o efeito isolado de Formulado, este efeito foi de 5% de probabilidade e para a massa seca das folhas (MSF) e massa seca da espiga (MSE) do milho apenas o efeito do Formulado não apresentou diferença significativa, os demais foram significativos a 1% de probabilidade (Tabela 05)

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca da raiz (MSR), massa seca do colmo (MSC), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da espiga (MSE) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura

FV	GL	Quadrados Médio			
		MSR	MSC	MSF	MSE
Formulado (F)	2	12688,20**	570,34*	3,52ns	121,71ns
Bloco	2	3840,73ns	29,53ns	27,64ns	44,84ns
Resíduo (a)	4	602,73	34,52	9,29	17,67
Época (E)	4	17793,61**	359,85**	64,35**	120,40**
Interação F x E	8	12580,98**	777,22**	164,59**	537,38**
Resíduo (b)	24	1955,82	42,52	10,62	21,89
CVa (%)		25,33	13,57	9,21	5,68
CVb (%)		45,63	15,06	9,85	6,32

** e * diferença significativa a 1 e 5% de probabilidade no teste F, respectivamente; ns não houve diferença significativa a 5% de probabilidade no teste F.

De acordo com a Figura 5A, recomenda-se aplicar o formulado 00-00-20 na adubação de cobertura em duas épocas: a primeira até os 21,2 DAE, que proporciona acréscimo na massa seca da raiz (MSR), e aos 34,4 DAE, visto que durante o período dos 21,2 e 34,4 DAE estima-se que ocorra decréscimo na MSR da planta.

Já ao usar o formulado 20-00-00 na adubação de cobertura, foram verificados, segundo a equação de regressão, incrementos na MSR da planta até 27,8 DAE, quando as plantas obtiveram uma massa seca de 214,76 g por planta e, após essa época de aplicação, as plantas começam a perder MSR, que, aos 42 DAE a MSR, foi estimada em 32,5 g, diminuição de 84,86% em relação à MSR das plantas que receberam a cobertura aos 27,8DAE. Em relação ao formulado 20-00-20, não houve diferença significativa entre as épocas de aplicação.

Entre os formulados não foi verificada diferença significativa em relação à MSR quando a adubação de cobertura foi feita aos 14 e 35 DAE (Figura 5B). Com a adubação de cobertura aos 21 DAE, nota-se que a MSR das plantas que receberam o formulado 20-00-00 não diferiu estatisticamente do formulado 00-00-20 e foi significativamente maior que a MSR das plantas que receberam o formulado 20-00-20. Na mesma época de aplicação, a MSR das plantas que receberam o formulado 00-00-

20 foi estatisticamente igual à do formulado 20-00-20. Usando 28 DAE para a adubação de cobertura, a MSR das plantas adubadas com o formulado 20-00-00 superou significativamente a MSR dos demais formulados, ao contrário do que aconteceu aos 42 DAE para aplicação da cobertura, em que o formulado 00-00-20 produziu significativamente mais MSR que os demais formulados.

Em relação à massa seca dos colmos (MSC), observa-se que o formulado 00-00-20 não diferiu estatisticamente entre as épocas de aplicação da cobertura (Figura 5).

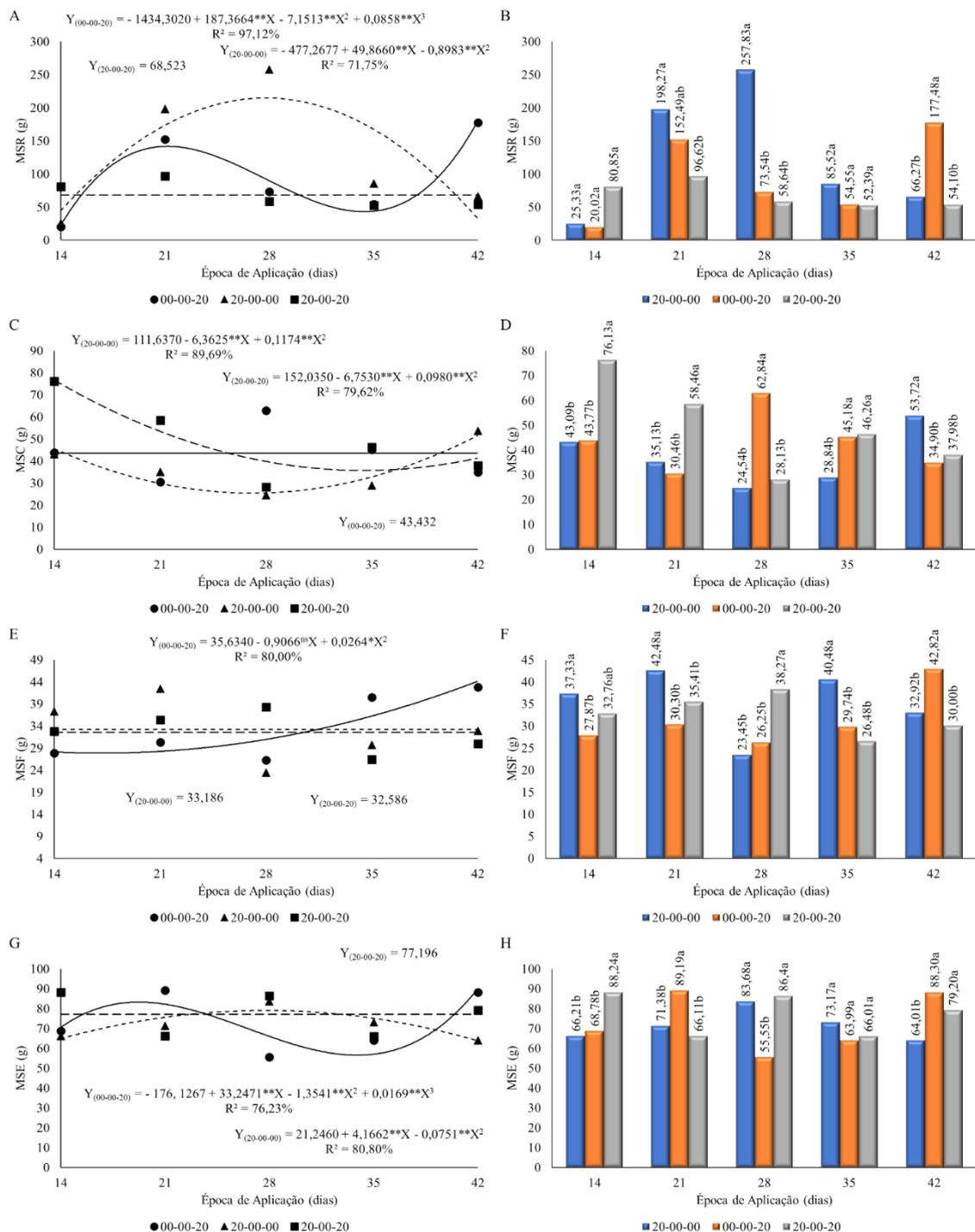


Figura 5. Massa seca da raiz (MSR), massa seca do colmo (MSC), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da espiga (MSE) do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H).

De acordo com a equação de regressão apresentada na Figura 5C, a MSC das plantas que receberam o formulado 20-00-20 decresceu até a aplicação da adubação de

cobertura aos 34,5 DAE. A partir desta época, a MSC das plantas tendeu a se estabilizar, já optando por utilizar o formulado 20-00-00, a MSC também decresceu até a época de aplicação da adubação de cobertura aos 27,1 DAE, atingindo uma MSC estimada em 25,43g, porém, a partir daí, ocorreu incremento da MSC, chegando a uma massa seca estimada de 51,51g com a adubação de cobertura feita aos 42 DAE.

Verificando a indicação do tipo de formulado em cada época de aplicação (Figura 5D), percebe-se que, aos 14 e 21 DAE, o formulado 20-00-20 superou significativamente os outros dois formulados, porém para a adubação de cobertura aos 28 DAE, o formulado 00-00-20 produziu uma MSC estatisticamente maior que os demais formulados. Já aplicando a cobertura aos 35 DAE, os formulados 00-00-20 e 20-00-20 não apresentaram diferença significativa entre si, porém superaram significativamente a produção de MSC das plantas que receberam o formulado 20-00-00, formulado este que, ao ser aplicado em cobertura aos 42 DAE, apresentou superação na MSC produzida quando comparado com os outros tipos de formulados.

Observando o efeito da época de aplicação da cobertura para cada tipo de formulado (Figura 5E) na produção de massa seca das folhas (MSF), não foi constatada diferença significativa entre as épocas de aplicação quando foram utilizados os formulados 20-00-00 e 20-00-20. Enquanto ao utilizar o formulado 00-00-20, a MSF das plantas se manteve estável em 27,85 g até os 17,2 DAE, a partir daí, começaram, chegando aos 42 DAE com uma MSF estimada em 44,12 g.

Quando feita a adubação de cobertura aos 14 DAE, os formulados 20-00-00 e 20-00-20 produziram estatisticamente a mesma quantidade de MSF, assim como os formulados 20-00-20 e 00-00-20, que não diferiram estatisticamente entre si, sendo assim, só ocorreu diferença significativa na MSF entre os formulados 20-00-00 e 00-00-20 (Figura 5F). Na adubação de cobertura aos 28 DAE, a MSF com uso dos formulados 00-00-20 e 20-00-20 não diferiu significativamente entre si, porém proporcionou MSF estatisticamente inferior à proporcionada pelo uso do formulado 20-00-00. Observa-se que o formulado 20-00-20 condiciona significativamente maior produção de MSF do que os formulados 20-00-00 e 00-00-20, caso a adubação de cobertura seja feita aos 28 DAE. Da mesma forma que aos 21 DAE, ao aplicar a adubação de cobertura aos 35 DAE, o formulado 20-00-00 superou estatisticamente a MSF dos formulados 00-00-20 e 20-00-20. Para uma aplicação de cobertura aos 42 DAE, o formulado que mais produziu MSF foi o 00-00-20, diferindo estatisticamente dos outros dois.

Observando a massa seca das espigas (MSE), verifica-se na Figura 5G que, ao utilizar o formulado 00-00-20, a MSE apresenta acréscimo quando feita a adubação de cobertura até os 19,1 DAE e começa a descer até a adubação feita aos 34,3 DAE, quando volta a ter incrementos na MSE. Utilizando o formulado 20-00-00, a maior MSE produzida foi estimada com a adubação de cobertura aos 27,7 DAE, decréscimo após esta época, com formulado 20-00-20 não foi constatada diferença significativa entre as épocas de aplicação.

Quando se planeja adubação de cobertura aos 14 DAE, é recomendado utilizar o formulado 20-00-20, visto que as plantas que receberam este formulado produziram uma MSE estatisticamente superior às plantas dos outros formulados (Figura 5H). Já ao utilizar a época de 21 DAE para a adubação de cobertura, a MSE dos formulados 20-00-00 e 20-00-20 não diferiu significativamente entre si, sendo estatisticamente inferior ao formulado 00-00-20, ao contrário dos 21 DAE. Com a adubação de cobertura feita aos 28 DAE, a MSE das plantas usando o formulado 00-00-20 foi significativamente menor que a das plantas dos outros dois formulados. Para a aplicação da cobertura aos 35 DAE, não se constatou diferença significativa entre os formulados analisados e, ao utilizar 42 DAE para a cobertura, não se recomenda utilizar o formulado 20-00-00, porque a MSE é estatisticamente menor que a dos formulados 00-00-20 e 20-00-20.

Observando o resultado das massa seca dos grãos (MSG), massa seca da palha da espiga (MSPH), massa seca do sabugo (MSSB), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da planta total (MST) do milho na Tabela 06, verifica-se diferença significativa em todas as variáveis para o efeito isolado da época de aplicação e também na interação F x E para o efeito isolado, tendo ocorrido diferença significativa na MSG e na MSPA.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca dos grãos (MSG), massa seca da palha da espiga (MSPH), massa seca do sabugo (MSSB), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da planta total (MST) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura.

FV	GL	Quadrados Médio				
		MSG	MSPH	MSSB	MSPA	MST
Formulado (F)	2	176,97**	3,45ns	0,42ns	1114,49**	6298,72ns
Bloco	2	20,10ns	4,50ns	0,87ns	214,98ns	5035,31ns
Resíduo (a)	4	7,24	7,51	3,30	47,48	960,66
Época (E)	4	136,47**	21,80**	8,77**	689,85**	16848,61**
Interação F x E	8	370,13**	59,63**	25,50**	696,69**	15444,17**
Resíduo (b)	24	21,35	4,01	1,88	49,28	2054,56
CVa (%)		6,04	14,48	17,33	4,58	12,53
CVb (%)		10,36	10,58	13,09	4,67	18,33

** e * diferença significativa a 1 e 5% de probabilidade no teste F, respectivamente; ns não houve diferença significativa a 5% de probabilidade no teste F.

Fazendo o desdobramento da interação F x E para a massa seca dos grãos (MSG), constata-se que, aplicando o formulado 00-00-20, a MSG das plantas apresentou aumento no peso até chegar aos 17,5 DAE, começando a decrescer a partir desta época continuamente até que a adubação de cobertura seja feita aos 34,7 DAE quando ocorre incrementos na MSG (Figura 6A). Para utilizar o formulado 20-00-00, é recomendado que a adubação de cobertura seja feita até os 27,3 DAE, período que apresenta incrementos na MSG, após este período, estima-se perda significativa na MSG, o mesmo não acontecendo quando se utiliza o formulado 20-00-20, que manteve a MSG estatisticamente semelhante em todas as épocas de aplicação.

Analisando os efeitos entre os formulados na MSG quando feita a adubação de cobertura aos 14 DAE, constata-se que ocorreu diferença significativa entre os três formulados, tendo o formulado 20-00-20 se destacado entre os outros formulados, e o formulado 00-00-20 produzido mais MSG que o formulado 20-00-00. Assim o formulado 20-00-00 teve uma MSG 22,66% e 40,23% menor que a dos formulados 00-00-20 e 20-00-20, respectivamente (Figura 6B). Quando feita a adubação de cobertura aos 21 DAE, o formulado 00-00-20 proporcionou significativamente uma maior MSG em relação aos demais formulados, que não diferiram entre si. Ao contrário do que se verificou quando feita a cobertura aos 21 DAE, para a adubação de cobertura feita aos 28 DAE, o formulado 00-00-20 foi estatisticamente o que produziu a menor MSG.

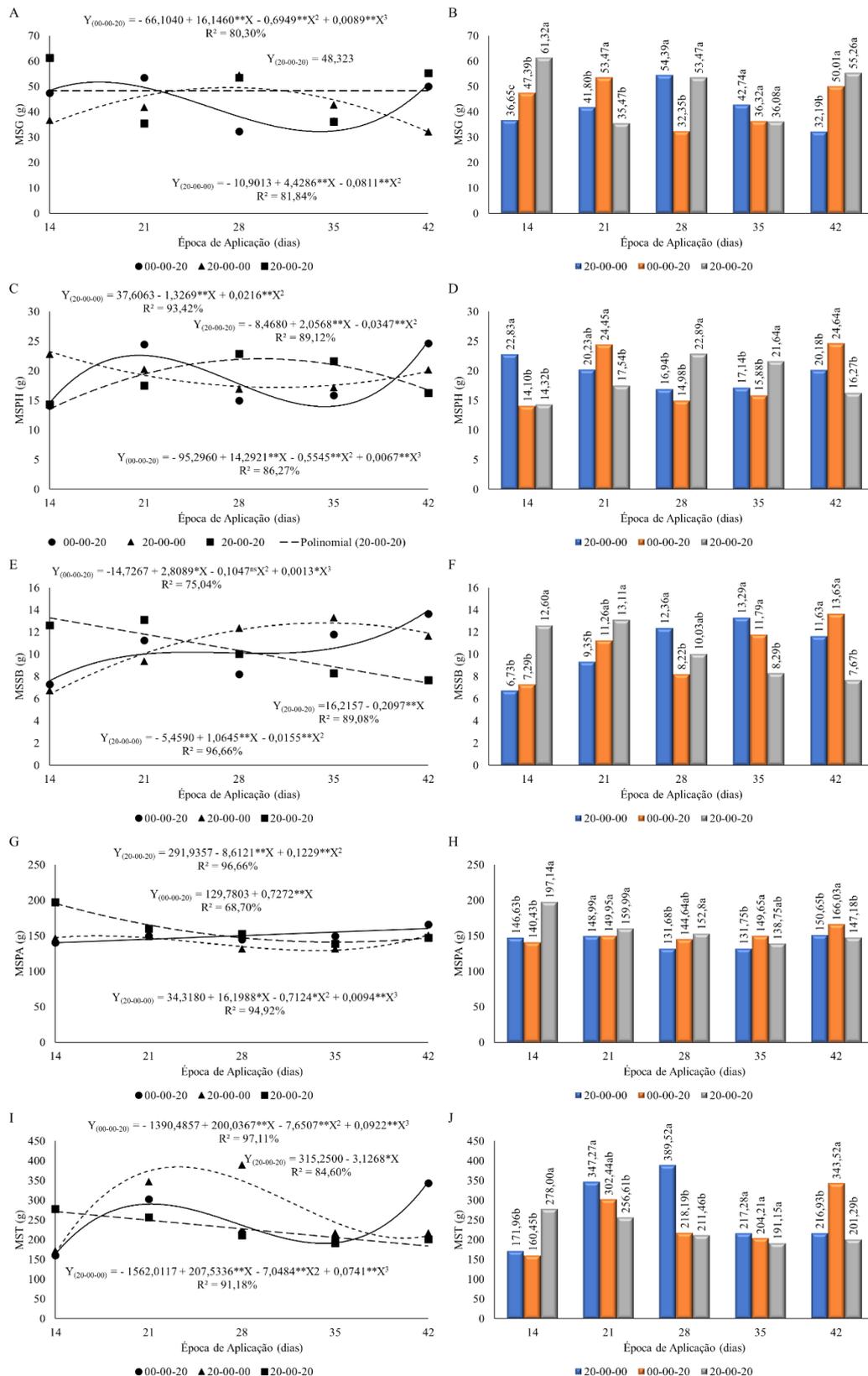


Figura 6. Massa seca dos grãos (MSG), massa seca da palha da espiga (MSPH), massa seca do sabugo (MSSB), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da planta total (MST) do milho em função da época de aplicação do formulado para cada formulado (A, C, E, G, I) e dos formulados em cada época de aplicação (B, D, F, H, J).

Já aos 35 DAE, não houve diferença significativa entre os formulados analisados para aplicação da adubação de cobertura, enquanto aos 42 DAE os formulados 00-00-20 e 20-00-20 não diferiram estatisticamente entre si e o formulado 20-00-00 foi significativo, o que proporcionou menor produção de MSG.

Observando a Figura 6C, nota-se que, usando o formulado 00-00-20, a massa seca das palhas de espiga (MSPH) apresenta acréscimos até os 20,5 DAE. Para a adubação de cobertura só vai voltar a existir incremento na MSPH quando ela ocorrer aos 34,7 DAE. Ao escolher o formulado 20-00-20, a MSPH apresenta acréscimos, de acordo com a equação de regressão, até os 29,6 DAE para aplicar a cobertura, época muito próxima ao utilizar o formulado 20-00-00, que foi aos 30,7 DAE, contudo de forma inversa, quando as plantas apresentaram uma diminuição e depois voltaram a crescer.

Com uma MSPH média de 14,10 e 14,32 g nos formulados 00-00-20 e 20-00-20, respectivamente, não foi constatado efeito significativo entre si, porém foram significativamente inferiores aos 22,83 g proporcionados pelo formulado 20-00-00 quando feita a cobertura aos 14 DAE (Figura 6D). Ao fazer a adubação de cobertura aos 21 DAE, verifica-se que os formulados 20-00-00 e 00-00-20, com 20,23 e 24,54g, respectivamente, não diferiram estatisticamente entre si; já o formulado 20-00-20 teve uma MSPH média de 17,54g, não diferindo significativamente do formulado 20-00-00, tendo sido estatisticamente menor que o do formulado 00-00-20. O formulado 20-00-20 proporcionou significativamente uma maior MSPH que os demais quando aplicada a adubação de cobertura aos 28 e 35 DAE e adubando aos 42 DAE o formulado 00-00-20 diferiu dos formulados 20-00-00 e 20-00-20, sendo o formulado que mais contribuiu para produzir MSPH.

Percebe-se que, usando o formulado 00-00-20, a massa seca do sabugo (MSSB) apresenta acréscimo dos 14 DAE até a época de 26,1 DAE; para a adubação de cobertura dos 26,1 DAE até 27,5 DAE, a MSSB se mantém estável, e após os 27,5 dias a MSSB, apresenta incrementos (Figura 6E). Utilizando o formulado 20-00-00, estima-se que a MSSB seja crescente até os 34,3 DAE para a adubação de cobertura, ao contrário do que se nota ao usar o formulado 20-00-20, que proporciona decréscimo a partir dos 14 DAE, sendo este decréscimo estimado em 9,05% para cada 7 DAE de atraso na adubação de cobertura.

Caso a adubação de cobertura seja feita aos 14 DAE, o formulado 20-00-20 produz estatisticamente mais MSSB que os demais, já fazendo a adubação aos 21 DAE

só existe diferença significativa entre os formulados 20-00-20 e 20-00-00, com o formulado 20-00-20 obtendo maior MSSB. Por outro lado, aplicada a adubação de cobertura aos 28 DAE, quem vai mais prozuir MSSB é o formulado 20-00-00, que não diferiu do formulado 20-00-20, mas superou o formulado 00-00-20. Já escolhendo os 35 e 42 DAE para a adubação de cobertura, o formulado 20-00-20 foi significativamente inferior aos demais formulados (Figura 6F).

Observou-se estabilidade na produção de massa seca da parte aérea (MSPA) ao utilizar o formulado 20-00-00. Quando aplicada a adubação de cobertura dos 14 aos 15,8 DAE, dos 15,8 DAE até os 40,8 DAE, notam-se decréscimos na MSPA, após os 40,8 DAE, verifica-se tendência de acréscimo na MSPA (Figura 6G). O mesmo não foi verificado ao utilizar o formulado 20-00-20, que apresentou decréscimo até os 35 DAE; para o formulado 00-00-20, a massa seca da parte aérea apresentou acréscimos a partir dos 14 DAE, com um incremento estimado de 3,92% para cada aumento de 7 dias para a adubação de cobertura.

A MSPA produzida com o uso dos formulados 20-00-00 e 00-00-20 foi, respectivamente, estatisticamente igual e inferior significativamente à produzida com o formulado 20-00-20 quando a adubação de cobertura foi feita aos 14 DAE. Para uma adubação de cobertura feita aos 21 DAE, não ocorreu diferença significaitiva entre os formulados, aos 28 DAE, os formulados 20-00-20 e 20-00-00 diferiram estatisticamente entre si, com o formulado 20-00-20 produzindo mais MSPA. Quando feita a adubação de cobertura aos 35 DAE, o formulado 20-00-00 proporcionou menor MSPA, sendo significativamente menor que a MSPA produzida pelo formulado 00-00-20, e aos 42 DAE, para a adubação de cobertura, o formulado 00-00-20 superou significativamente a MSPA produzida pelos formulados 20-00-00 e 20-00-20 (Figura 6H).

O potencial de adicionar o carbono e nutrientes ao solo, por meio dos resíduos vegetais, tem como indicador a matéria seca total da planta (MST). Verifica-se que, ao aplicar o formulado 00-00-20, estima-se que tenha ocorrido incremento na MST até os 21,2 DAE. Após este período, a adubação de cobertura só vai proporcionar acréscimos na MST quando feita aos 34,1DAE. No formulado 20-00-00, foi estimado que a MST das plantas aumenta até a adubação de cobertura aos 23,2 DAE. Se a adubação de cobertura for feita dos 23,2 DAE até os 40,2 DAE, ocorrem decréscimos na MST, após os 40,2 DAE, a MST volta a apresentar acréscimos (Figura 6I). Por outro lado, aplicando o formulado 20-00-20, a MST apresenta decréscimos a partir dos 14 DAE,

com uma diminuição estimada em 6,94% para cada incremento de 7 dias para a adubação de cobertura.

Aplicando a adubação de cobertura aos 14 DAE, a MST do formulado 20-00-20 foi estatisticamente superior, em média, 40,21% em relação aos demais, que não diferiram entre eles (Figura 6J). Com a adubação feita aos 21 DAE, os formulados 20-00-00 e 20-00-20 diferiram estatisticamente entre si, com o formulado 20-00-00 produzindo uma maior MST. Aplicando a adubação de cobertura aos 28 DAE, a MST do formulado 20-00-00 superou significativamente em 44,85% a MST dos formulados 00-00-20 e 20-00-20. Por outro lado, feita a adubação de cobertura aos 42 DAE, o formulado diferiu estatisticamente dos outros dois formulados, aplicando a adubação de cobertura aos 35 DAE não houve diferença significativa entre eles.

Observando os dados da partição de fotoassimilados na planta (Figura 7), nota-se que o percentual de fotoassimilados das raízes (PR), ao aplicar o formulado 20-00-00, se apresentou maior que o da parte aérea, quando aplicada a adubação de cobertura aos 21 e 28 DAE (Figura 7A), sendo superado a partir dos 28 DAE pelo percentual de fotoassimilados da parte aérea (PPA). Quando utilizado o formulado 00-00-20, a partição de fotoassimilados da parte aérea só foi inferior à PR quando aplicada a adubação de cobertura aos 21 DAE (Figura 7B). Já aplicando o formulado 20-00-20, a PPA foi maior que a da raiz em todas as épocas de aplicação da adubação de cobertura (Figura 7C). De maneira geral, os resultados obtidos são coerentes, visto que a via preferencial de acumulação de fotoassimilados na parte aérea é compreensível pelo fato de a planta necessitar formar todo o aparato assimilatório, base para maior produção de fotoassimilados e desenvolvimento de novos órgãos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A partição de fotoassimilados na raiz foi menor em todos os tratamentos avaliados, fato esperado, pois como a raiz é uma fonte de reserva, no decorrer do tempo é acumulada mais fitomassa para redistribuir aos novos órgãos que venham a surgir. Além disso, as folhas que no início são órgãos preferenciais para alocação de fitomassa, com o crescimento das plantas vão perdendo a primazia para a raiz e, no final, todas as partes perdem para a espiga.

Verificando a partição dos fotoassimilados dentro da parte aérea (Figura 8), constata-se que o maior acúmulo de fotoassimilados ocorreu na espiga. Utilizando o formulado 20-00-00 (Figura 8A), a partição de fotoassimilados na espiga (PE) foi de 45,22% do total PPA, sendo 1,77 e 1,54 vezes maior que a partição dos fotoassimilados

da folha (PF) e do caule (PC), respectivamente. Quando feita a adubação de cobertura aos 14 DAE, da PPA, 47,94% se encontravam nas espigas, sendo 1,68 vezes maior que a PF e 2,04 maior que a PC ao aplicar a adubação de cobertura aos 21 DAE. Ao aplicar a adubação de cobertura aos 28 DAE, a PE obteve seu maior acúmulo de fotoassimilados, com 63,59% dos fotoassimilados acumulados na parte aérea, superando a PF e PC em 72,15% e 70,60%, respectivamente. Quando utilizada uma adubação de cobertura aos 35 e 41 DAE, a PE foi 2,46 e 1,95 vezes maior que a PF, respectivamente, comparando com a PC, a PE foi 2,54 e 1,20 vezes maior aos 35 e 41 DAE para aplicar a adubação de cobertura, respectivamente.

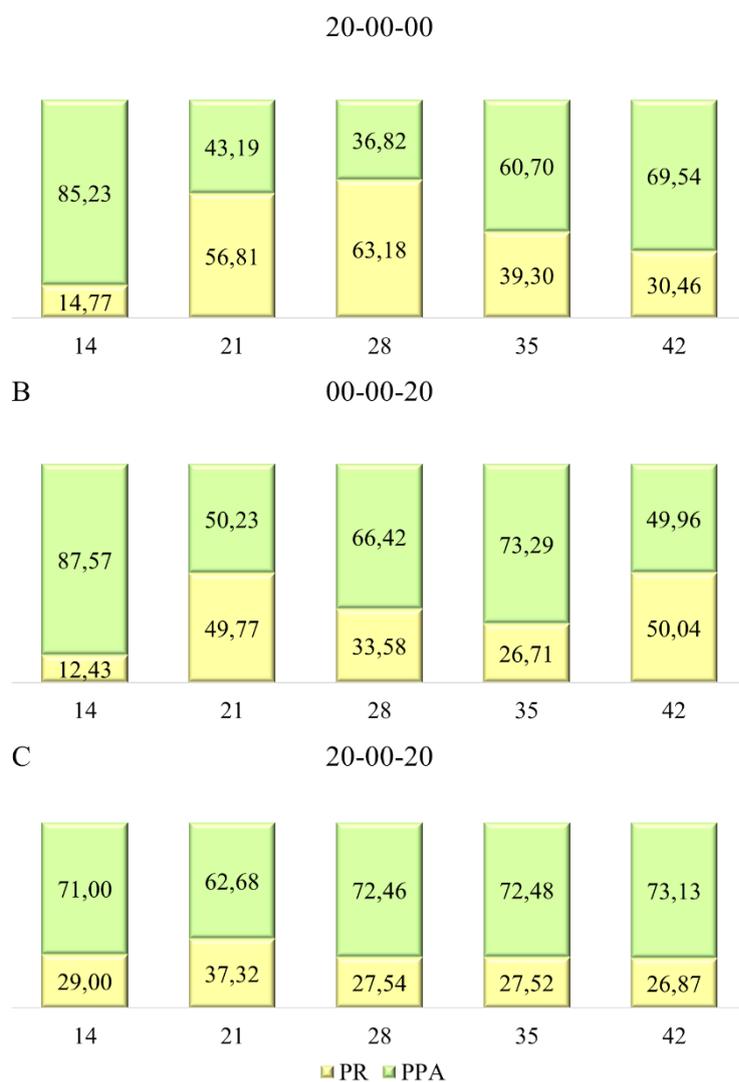


Figura 7. Partição de fotoassimilados produzidos na planta (%), no sistema radicular (PR) e parte aérea (PPA) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura.

Ao utilizar formulado 00-00-20 (Figura 8B), observa-se que a maior

(43,21%) e a menor (20,34%) da PC ocorreram quando aplicada a adubação de cobertura ao 28 e 21 dias, respectivamente, o contrário da PE, que teve sua maior (59,49%) e menor (38,58%) na época de 21 e 28 dias, respectivamente. Para a PF, o maior acúmulo de fotoassimilados (27,07%) foi alcançado quando utilizada a adubação de cobertura aos 35 dias e o menor quando aplicada ao 28 dias.

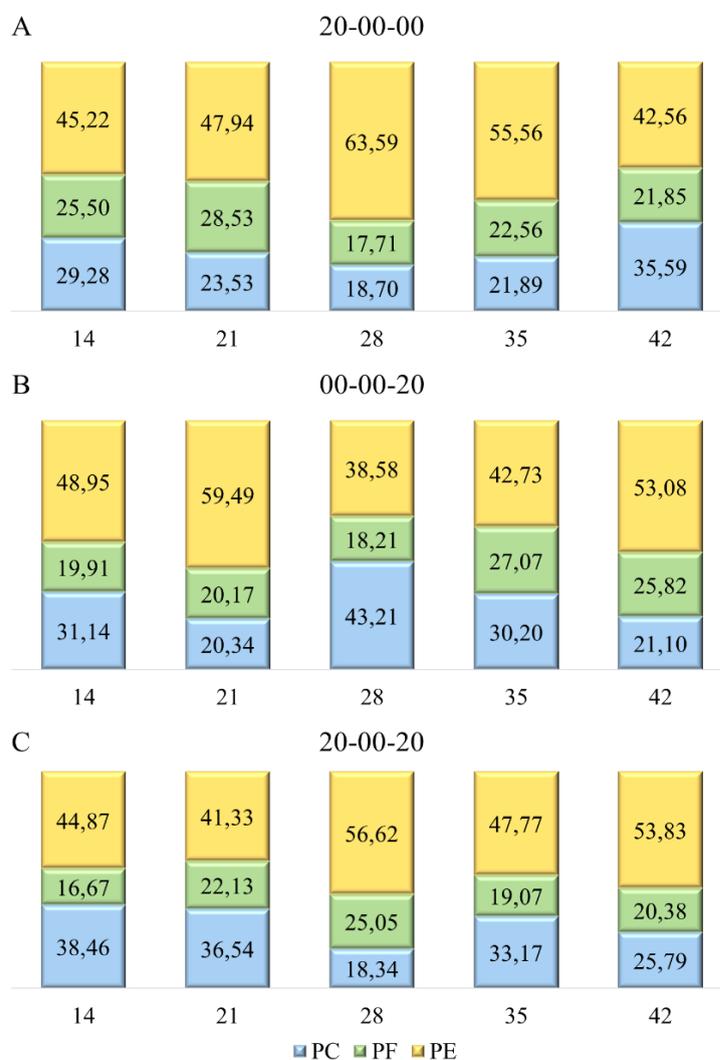


Figura 8. Partição de fotoassimilados produzidos na parte aérea (colmo (PC), folhas (PF) e espiga (PE)), do milho submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura.

Analisando a partição de fotoassimilados no colmo, folha e espiga usando um formulado de 20-00-20 (Figura 8C), verifica-se que, aplicando a adubação de cobertura aos 14 dias, o valor da PC foi 63,62% do valor da PE (48,95%), e a PF foi apenas 40,68% do valor obtido na PE. Se aplicado o adubo aos 21 dias, a PC e a PF foram muito próximos, a PC foi 34,19% do valor da PE e a PF foi 33,91% do total da PE. Passando 28 dias para a adubação de cobertura, nota-se que foi a única data em que a

PC foi 12,00% maior que a PE, e a PF obteve 47,20% do valor obtido pela PE, na época de 35 dias para realizar a adubação de cobertura, tendo sido a que teve a partição de fotoassimilados da parte aérea foi mais bem distribuída entre os órgãos da parte aérea, pois a PC e a PF corresponderam a 70,67% e 63,34% do que foi produzido na PE.

Mediante o descrito acima, pode-se verificar que a folha foi o órgão da planta que produziu a menor partição de fotoassimilados, o que mostra uma aceleração na senescência das folhas em virtude da rápida mobilização de fotoassimilados para os drenos economicamente explorados, o que não foi limitante para a produção das espigas. A regularidade obtida na PC pode ser indicação de sua importância durante todo o ciclo da cultura, desde a fase de maior formação das folhas até a emissão das espigas.

Isolando a partição de fotoassimilados da espiga e dividindo em partição de fotoassimilados dos grãos (PG), partição de fotoassimilados das palhas da espiga (PPH) e em partição de fotoassimilados do sabugo (PSB), verifica-se que mais de 50% da PE se encontra nos grãos em todas as épocas de aplicação dos formulados usados (Figura 9). Analisando os dados da partição de fotoassimilados dos grãos quando aplicado formulado 20-00-00 (Figura 9A), nota-se, em geral, certa regularidade em todas as épocas de aplicação da adubação de cobertura, sendo que da partição de fotoassimilados na espiga, 55,46%, 58,64%, 64,97%, 58,40% e 50,27% correspondiam aos grãos, aos 14, 21, 28, 35 e 42 DAE de aplicação da adubação de cobertura, respectivamente. Percebendo a partição de fotoassimilados da palha da espiga, verifica-se que aos 14, 21, 28, 35 e 42 DAE, 34,33%, 28,27%, 20,26%, 23,43% e 31,62% da PE representavam a palha, respectivamente, e verificando a partição dos fotoassimilados do sabugo, constata-se que foi a parte da espiga que menos produziu fotoassimilados, apenas 10,21%, 13,09%, 14,77%, 18,18% e 18,11% da PE, aos 14, 21, 28, 35 e 42 DAE, respectivamente.

Na Figura 9B, nota-se que utilizando o formulado 00-00-20 e aplicando a adubação de cobertura aos 14 DAE, a partição da espiga foi dividida da seguinte maneira: 69,03%, 20,40% e 10,57% nos grãos, palha e sabugo, respectivamente. Quando alterada a adubação de cobertura para 21 DAE, a PG representa 59,95%, a PPH é de 23,39% e da PSB de 12,66% da PE total. Com uma aplicação de adubação de cobertura aos 28 DAE, a PG foi 58,12%, superando a PPH (27,04%) e PSB (14,83%) da partição de fotoassimilado na espiga. Aos 35 e 41 DAE, para aplicar o adubo,

56,71% e 56,43% da PE correspondiam à PG, 24,92% e 28,25% pertenciam à PPH e 18,36% e 15,33% era da PSB, respectivamente.

Aplicando o formulado 20-00-20 (Figura 9C), verifica-se que a PG foi em média 61,80% da PE total, sendo que a maior PG (69,75%) e a menor (53,55%) foram obtidas quando se aplicava a adubação aos 42 e 21 DAE, respectivamente. Já a PPH foi aproximadamente 24,56% da PE, com uma partição de fotoassimilados de 32,82% aos 35 DAE e de 16,28% aos 14 DAE, como sendo a maior e a menor e para a PSB. A partição foi em média 13,64% da PE total, tendo as maiores partições de fotoassimilados nesta parte da espiga sido obtidas com uma adubação aplicada aos 14DAE e aos 21 DAE.

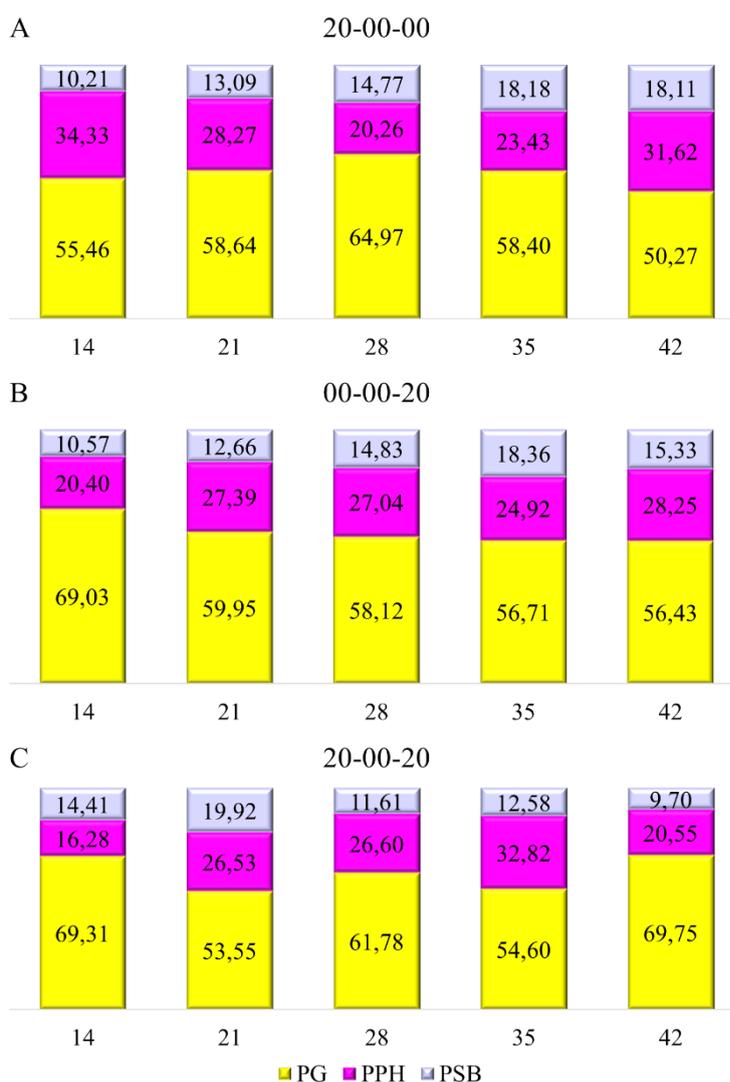


Figura 9. Partição de fotoassimilados produzidos na espiga (grãos (PG), palha (PPH) e sabugo (PSB)) do milho, submetido a diferentes aplicações de formulados de adubação e época de aplicação da adubação de cobertura.

Compreendem-se por partição de assimilados a alocação e a distribuição ou transporte de fotoassimilados para locais de consumo, fato verificado neste estudo, em que se observa que a quantidade de assimilados recebida em cada órgão e tecidos foi essencial para um desenvolvimento simétrico da planta. As variações da produção de fitomassa supracitada são absolutamente normais, uma vez que os produtos assimilados nos tecidos fotossinteticamente ativos (sítios de produção) são transportados continuamente para outros locais, onde serão consumidos ou estocados.

A altura da planta é um dos fatores que contribuem na disponibilização de fotoassimilados para o enchimento dos grãos, sendo translocados do colmo até a espiga. O nitrogênio atua no crescimento vegetativo, influenciando diretamente a divisão e a expansão celular além do processo fotossintético, o potássio atua na ativação das enzimas e coenzimas para produção de proteínas e açúcares (FORNASIERI FILHO, 2007). Bicudo et al. (2013), em estudos sobre doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho, observaram que, partir dos 42 DAE até o final do estágio vegetativo das plantas, não foram observadas diferenças na altura das plantas entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada e somente as plantas do tratamento sem nitrogênio apresentaram altura das plantas estatisticamente inferiores. Andreotti et al. (2013) observaram que as fontes de potássio proporcionaram aumento da altura de plantas de milho, resultados diferentes dos encontrados em neste estudo.

Em avaliação de adubação de macronutrientes, entre eles o nitrogênio, para a cultura do milho, Corrêa Junior et al. (2014) apresentaram que o comprimento da folha foi influenciado pela adubação de cobertura. Os resultados obtidos são semelhantes aos apresentados neste estudo e a outros publicados, em que as respostas positivas ao comprimento da folha estão relacionadas à aplicação de nitrogênio (ARAÚJO et al., 2004; GOMES et al., 2007). Folhas bem nutridas têm maior capacidade de assimilar CO₂ e sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em maior crescimento e duração da área foliar. Na fase de grão leitoso, a planta necessita apresentar teores de sólidos solúveis prontamente disponíveis, objetivando a evolução do processo de formação de grãos. Assim, a fotossíntese mostra-se imprescindível. Em termos gerais, considera-se importante característica condicionadora de produção a extensão da área foliar, que permanece fisiologicamente ativa após a emergência das espigas (CASTRO et al., 2008).

Avaliando a área foliar de acordo com os períodos, observa-se que a área foliar é dependente do número de folhas, do tamanho de folhas e do estágio vegetativo, sendo

que a área foliar aumenta até o limite máximo, a qual permanece ativa, inicia o crescimento em seguida pelo decréscimo em razão da senescência das folhas (MANFRON et al., 2003). O nitrogênio é responsável por promover o crescimento das folhas (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Observamos neste estudo que formulados com nitrogênio na sua composição permitiram incrementos na área foliar.

Rover et al. (2012), ao observar o comportamento da cultura do milho em função da época de aplicação do potássio, obtiveram aumento no peso da espiga com palha quando o potássio foi aplicado aos 20 e 40 DAE, quando o potássio é aplicado somente aos 20 DAE não há influência no peso da espiga com palha, resultados semelhantes aos deste estudo e aos publicados por Cardoso et al. (2001), que proporcionaram valores máximos no peso das espigas com palha (11,48 t ha) e no peso das espigas sem palha (10,48 t ha).

Os valores de comprimento das espigas obtidos no presente estudo foram todos inferiores aos encontrados por Paes et al. (2010) para cinco cruzamentos de linhagens de milho da cultivar ViVi, em que o maior comprimento foi de 18,41 cm. Na indústria, para maior eficiência das máquinas degranadoras e maior rendimento industrial, o comprimento das espigas deve ser superior a 15 cm e o diâmetro maior que 3,0 cm (BARBIERI et al., 2005)

Deparis et al. (2007) não verificaram efeito significativo quando aplicado o nutriente potássio na cultura do milho nos componentes de produção grão por espiga e peso do grão. Por outro lado, Valderrama et al. (2011) relataram aumento do número de grãos por espiga com a aplicação de potássio, resultado esse semelhante ao apresentado neste estudo. Já Büll (1993) observou que o potássio tem impacto na qualidade da cultura e na influência positiva sobre a massa individual de grãos e número de grãos por espiga. Tais diferenças verificadas na literatura para os componentes de produção se devem aos diversos híbridos utilizados bem como às condições do solo e clima.

Avaliando as respostas de massa seca da raiz, massa seca do colmo e massa total da parte aérea, Fernandes et al. (2020) obtiveram efeitos significativos para aplicação de nitrogênio, mas não houve efeito significativo para a aplicação de potássio. Resultados esses diferentes dos encontrados neste estudo, apesar do efeito significativo da adubação potássica na massa seca de raiz, massa seca do colmo e massa seca da folha em função da aplicação de formulados com composição de potássio. Este resultado está de acordo com o teor inicial de potássio no solo que já estava alto (Tabela 1). Por outro lado, as respostas positivas para as variáveis vegetativas confirmam os resultados de

Lins et al. (2017), ao avaliarem o crescimento de genótipos de milho em função da aplicação de nitrogênio em experimento conduzido na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), onde os autores conduziram experimento com três genótipos de milho x cinco doses de adubação nitrogenada e observam que os caracteres de crescimento da cultura do milho respondem de maneira favorável ao incremento da aplicação de N.

Kalpana et al. (2002) observaram efeito significativo de épocas de aplicação de K na massa seca do grão e massa seca da parte aérea do milho, confirmando, em parte, os resultados do presente estudo. A inexistência do efeito significativo de épocas de aplicação de K nas variáveis citadas, no presente estudo, pode ser atribuída à utilização pela cultura do milho das reservas de K trocável do solo, uma vez que os teores disponíveis de K^+ no solo estavam acima de 70 mg dm^{-3} , considerado adequado para a região dos Cerrados (SOUZA; LOUBATO, 2004).

De maneira geral, o momento correto, o tipo e a formulação de fertilizantes a serem utilizados para a cultura do milho são, sem dúvida, de fundamental importância para o bom desenvolvimento e crescimento dessa cultura e conseqüente aumento de sua produtividade. Necessitamos de altas produtividades na cultura do milho para torná-la economicamente viável, sendo a adubação de cobertura um dos fatores essenciais para a garantia da produtividade em virtude do fornecimento de nutrientes de forma correta e no momento certo, proporcionando o máximo desenvolvimento da cultura.

CONCLUSÕES

Em condições de cultivo convencional, caso desta pesquisa, para as variáveis biométricas de crescimento, entre elas a altura da planta, recomenda-se que a adubação de cobertura seja feita aos 21 DAE.

Não houve diferença significativa no peso dos grãos para os formulados 20-00-00 e 00-00-20 como adubação de cobertura para a cultura do milho, analisando a variável de produtividade.

Para a cultivar BM.3073 VIP3, é proposta o formulado 20-00-20, pois os produtores usam o milho com dupla aptidão (finalidade grãos e silagem), apresentando uma alta exigência ao nutrientes N e K, que serão extraídos da planta toda, do colmo aos grãos, sendo interessante o uso na proporção 1:1 na cobertura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, S.; HAFEEZ, A.; TUNG, S.A.; CHATTHA M.S.; SHAH, A.N.; LUO, D. Proporção igual de potássio-nitrogênio regulou o metabolismo do nitrogênio e o rendimento de algodão de alta densidade plantado tardiamente no vale do rio Yantze, na China. **Culturas e produtos industriais**, v. 129, p. 231-241, 2019.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.8, p.771-777, 2004.

APROSOJA – ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DE MATO GROSSO. **A história do Milho 2016**. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br//soja-e-milho/a-historia-do-milho>> Acesso: 24 jul. 2021.

AWAIS, M. A.; WAJI, D.; NASIM, D. Nitrogênio e população de plantas alteram a capacidade de captura e utilização de radiação do girassol em ambiente semiárido. **Environmental Science and Pollution Research**, v.24, p.17511-17525, 2017.

BATISTA, V. V.; OLIGINI, K. F.; GIARETTA, R.; RABELO, P. R.; ADAMI, P. F.; LINK, L. Densidade de plantas e doses de nitrogênio no cultivo de milho safrinha no Paraná **Agrarian**, v.12, n.45, p.296-307, 2019. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i45.7485>

BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; MELLO, G. R.; BRATTI, F.; PIVA, J. T. Fontes minerais de nitrogênio na sucessão milho-trigo em sistema de plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, v.7, p.87-102, 2018.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 905- 915, 2000.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 1, p. 161-170, 2013.

BURANELLO, R. M. **Sistema privado de financiamento do agronegócio**. Editora Quartier Latin do Brasil, São Paulo, p.471, 2009.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. *In*: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, p. 63-146, 1993.

ČEH, B. Impact of slurry on the hop (*Humulus lupulus* L.) yield, its quality and N-min content of the soil. **Plant Soil Environ**, v.60, n.6, p.267-273, 2014.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 10p.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos**. Safra 2019/2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10> . Acesso em: 05 jan 2022.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos**. Safra 2020/2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10> . Acesso em: 05 jan. 2022

CRUZ, J. C. (Ed.) **Cultivo do Milho**. 7ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1). Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publi-cacoes/milho_7_ed/imanejo.htm. Acesso em: 23 jul. 2021.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG: SBCS/UFV, 2007. p.92-132.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.135-146, 2010.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs Sisvar. **Revista brasileira de biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019.

FOLONI, J. S. S.; CORTE, A. J.; CORTE, J. R. N.; CORTE, J. R. N.; ECHER, F. R.; TIRITAN, C. S. Adubação de cobertura na batata-doce com doses combinadas de nitrogênio e potássio. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.1, p.117-126, 2013.

GALVAO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; NETO-FRISTSCHKE, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, p.819-828, 2014.

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

HOUT, W.; YANG, H; WU, M. Maior tolerância à seca de mudas de milheto por fumigação com dióxido de enxofre. **Ecotoxicology – environmental safety**, v.178, p.09-16, 2019.

ICEPA - Instituto de planejamento e economia agrícola de Santa Catarina. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina** (2009/2010). 2010. Disponível em: http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2011/sintese%202010-2011.pdf Acesso: 30 jul. 2021.

LIU, K.; WIATRACK, P. Corn production response to tillage and nitrogen application in dry-land environment. **Soil & Tillage Research**, v.124 p.138-143, 2012.

MIRANDA, R. A. de; DURAES, F. O. M.; GARCIA, J. C.; PARENTONI, S. N.; SANTANA, D. P.; PURCINO, A. A. C.; ALVES, E. R. de A. Supersafra de milho e o papel da tecnologia no aumento da produção. **Revista de Política Agrícola**, v.1, n.2, p.149-150, 2019.

OLIVEIRA, L. R. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p.614-621, 2013.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do Milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p.491-552.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays L.*) **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p.257-266, 2011.

RODRIGUES, M. A. de; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.127-133, 2014.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. ver. amp. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2003. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf> Acesso em: 23 jul. 2021.

SILVA, W. J.; SANS, L. M. A.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. Exigências climáticas do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, p v.27, n. 233, p.14-25, 2005.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

SCHILONDWEIN, J. A.; BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Calibração de métodos de extração de potássio em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.5, p.1669-1677, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3.ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574p.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v.69, n.4, p.975-982, 2010.

WENDLING, A.; ELTZ, F.L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUKI, J. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1929-1939, 2008.

ZECCHIN, V. J.; MARRIEL, I. E.; DA SILVA, P. R. F. Produtividade de milho inoculado com azospirillum brasilense em diferentes doses de nitrogênio cultivado em campo no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.4, p.110-119, 2017.

HAFEEZ, A.; TUNG, S.A.; CHATTHA M.S.; SHAH, A.N.; LUO, D. Proporção igual de potássio-nitrogênio regulou o metabolismo do nitrogênio e o rendimento de algodão de alta densidade, plantado tardiamente no vale do Rio Yantze, na China. **Culturas e produtos industriais**. v. 129, p. 231-241, 2019.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, 711-728. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DE MATO GROSSO (Aprosoja-MT). A história do Milho 2016. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br//soja-e-milho/a-historia-do-milho> > Acesso em 24 de julho de 2021.

AWAIS, M.A; WAJI, D. NASIM, D. Nitrogênio e população de plantas alteram a

capacidade de captura e utilização de radiação do girassol em ambiente semiárido. **Environmental Science and Pollution Research**. v. 24.p. 17511-17525.

BATISTA, V.; OLIGINI, K.; GIARETTA, R.; RABELO, P.; ADAMI, P.; LINK, L. Densidade de plantas e doses de nitrogênio no cultivo de milho safrinha no Paraná **Agrarian**. v.12, n.45, p. 296-307, 2019.

BESEN, M.R.; RIBEIRO, R.H.; MELLO, G.R.; BRATTI, F.; PIVA, J.T. Fontes minerais de nitrogênio na sucessão milho-trigo em sistema de plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, 7: p.87-102, 2018.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 905- 915, 2000.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 1, p. 161-170, 2013.

BURANELLO, R. M. **Sistema privado de financiamento do agronegócio**. Editora Quartier Latin do Brasil, São Paulo, p. 471, 2009.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. **In**: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, p. 63-146, 1993.

ČEH, B. Impact of slurry on the hop (*Humulus lupulus* L.) yield, its quality and N-min content of the soil. **Plant Soil Environ**. v. 60, n. 6, p. 267-273, 2014.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de. Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 10p. 2008.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e adubação do milho**. Brasília: Embrapa CNPMS. 2009. <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>. 09/02/2022.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos**. Safra2019/2020.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos**. Safra2020/2021.

CRUZ, J. C. (Ed.); Cultivo do Milho; Sistema de Produções 1; Versão Eletrônica - 7ª edição Set./2011; **Embrapa Milho e Sorgo**. Disponível em: 35 . Acesso em 23 de julho de 2021.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. **In:** NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds). Fertilidade do Solo, SBCS/UFV, Viçosa p. 92-132, 2007.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 2, p. 135-146, 2010.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs Sisvar. **Revista brasileira de biometria**, 37(4), p. 529-535, 2019.

FOLONI, J.S.S.; CORTE, A.J.; CORTE, J.R.N.; CORTE, J.R.N.; ECHER, F.R.; TIRITAN, C.S.; Adubação de cobertura na batata-doce com doses combinadas de nitrogênio e potássio. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p.117-126, 2013.

GALVAO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; NETO-FRISTSCHKE, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, p. 819-828, 2014.

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

HOUT, W.; YANG, H. WU, M. Maior tolerância à seca de mudas de milho por fumigação com dióxido de enxofre. **Ecotoxicology – environmental safety** v. 178, p.09-16, 2019.

ICEPA - Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina** (2009/2010). 2010. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2011/sintese%202010-2011.pdf> Acesso em 30 de julho de 2021.

LIU, K., WIATRAK, P. Corn production response to tillage and nitrogen application in dry-land environment. **Soil & Tillage Research**, V. 124 P. 138-143, 2012.

MIRANDA, R. A. de; DURAES, F. O. M.; GARCIA, J. C.; PARENTONI, S. N.; SANTANA, D. P.; PURCINO, A. A. C.; ALVES, E. R. de A. Supersafra de milho e o papel da tecnologia no aumento da produção. **Revista de Política Agrícola**, v. 1, n. 2, p. 149-150, 2019.

OLIVEIRA, L. R. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 614-621, 2013.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do Milho. **In:** Borém, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV. p. 491-552, 2005.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, p.407, 2008.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.) **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

RODRIGUES, M. A. de; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 127-133, 2014.

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

SENGIK, E.S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2003. Disponível em:<<http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf> > Acesso em 23 de julho de 2021.

SILVA, W.J.; SANS, L.M.A ;MAGALHÃES, P.C; DURÃES, F. Exigências climáticas do milho em sistema plantio direto, **informe agropecuário 27**, Belo Horizonte, p.27, 2015.

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

SCHILONDWEIN, J.A; BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Calibração de métodos de extração de potássio em solos cultivados sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n 5, p. 1669-1677, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal** 6ed. Porto Alegre, Artmed, p.888, 2017.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª edição revista e ampliada. Embrapa, Brasília, DF,p. 574, 2017.

VIANA, E.M.; KIEHL, J.C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo, **Bragantia**, v 69, n 4 ,p.975-982, 2010.

WENDLING, A.; ELTZ, F.L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUKi, J. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1929-1939, 2008.

ZECCHIN, V. J.; MARRIEL, I. E.; DA SILVA, P. R. F. Produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio cultivado em campo no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 110-119, 2017.