

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FERTILIZAÇÃO ORGANOMINERAL NO MILHO EM CONDIÇÕES DE
CERRADO

RENAN CESAR DIAS DA SILVA

UBERLÂNDIA-MG

2020

RENAN CESAR DIAS DA SILVA

FERTILIZAÇÃO ORGANOMINERAL NO MILHO EM CONDIÇÕES DE
CERRADO

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia – Doutorado, área de
concentração em fitotecnia, para obtenção do título de
“Doutor”.

Orientador

Prof^a. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana

Co-orientador

Prof. Dr. José Geraldo Mageste da Silva

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586f
2020 Silva, Renan Cesar Dias da, 1984
Fertilização organomineral no milho em condições de Cerrado
[recurso eletrônico] / Renan Cesar Dias da Silva. - 2020.

Orientadora: Regina Maria Quintão Lana.
Coorientador: José Geraldo Mageste da Silva.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.5004>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Lana, Regina Maria Quintão, 1958, (Orient.). II.
Silva, José Geraldo Mageste da, 1961, (Coorient.). III. Universidade
Federalde Uberlândia. Programa dePós-Graduação em Agronomia. IV.
Título.

CDU:631



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese de Doutorado, 013/2020 PPGAGRO				
Data:	Quatro de dezembro de dois mil e vinte	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	14:00
Matrícula do Discente:	11713AGR022				
Nome do Discente:	Renan Cesar Dias da Silva				
Título do Trabalho:	Fertilização organomineral no milho em condições de cerrado.				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Uso e Recuperação de Solos e Resíduos na Agricultura				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Reginaldo de Camargo - UFU, José Geraldo Mageste da Silva - UFU, Adilson Pelá - UEG, Emmerson Rodrigues de Moraes - IFGoiano, Regina Maria Quintão Lana - UFU orientadora do candidato.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dra.Regina Maria Quintão Lana, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

[A]provado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Regina Maria Quintão Lana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/12/2020, às 14:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adilson Pelá, Usuário Externo**, em 04/12/2020, às 14:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Emmerson Rodrigues de Moraes, Usuário Externo**, em 04/12/2020, às 14:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Geraldo Mageste da Silva, Membro de Comissão**, em 07/12/2020, às 13:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/12/2020, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2348892** e o código CRC **D57D9456**.

OFEREÇO

Aos meus pais, José Vieira da Silva e Joana Marlene Dias Vieira (*in memoriam*) com muito amor, gratidão e respeito e meus irmãos Wender, Renato, Getúlio, Lincon e Lorena.

À minha esposa Karyne Ferreira Gonçalves e meu filho Miguel Ferreira Dias da Silva, que são minha inspiração para seguir o caminho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus que nos guia e conduz durante toda vida.

Ao meu amigo Rogério Machado que sempre me incentivou nesta jornada de pós-graduação.

Aos meus amigos Raul Rezende, Alex da Silva, Paulo Gustavo, Renato Araújo, João Ricardo, Leandro Conceschi que sempre contribuíram com palavras de incentivo durante a caminhada na pós-graduação.

As amigas de pós-graduação Dahis Ramalho, Isadora, Marina, Joyce e Gabriela que foram companheiras de estudos em várias disciplinas muito obrigado pela contribuição.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade e suporte oferecidos.

A Professora Dr^a. Regina Maria Quintão Lana, pela orientação e ensinamentos, incentivo e contribuição para meu crescimento.

Ao meu coorientador Professor Dr. José Geraldo Mageste, pelos ensinamentos, amizade, incentivo e contribuição durante esses anos.

Aos funcionários do LABAS, Angélica, Marinho e Jessica, pela amizade e ensinamentos.

Aos amigos e colegas da pós-graduação em especial ao estudante Guilherme Neres que foi meu fiel companheiro na instalação e condução dos experimentos e todos os professores e servidores da UFU presentes durante meus estudos.

A CAPES pela concessão de bolsas de estudos.

A toda população brasileira que através dos impostos pagos financiou minha bolsa de estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	iii
RESUMO GERAL	iv
GENERAL ABSTRACT	v
CAPÍTULO 1 - Fertilização organomineral no milho em condições de Cerrado	6
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.2 Produtividade na cultura do milho.....	14
2.3 Nitrogênio	15
2.3 Fósforo	17
2.4 Fertilizantes organominerais – OM	18
REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO 2 - Fertilizante mineral e organomineral fosfatado no cultivo de milho em solo argiloso e arenoso	27
RESUMO.....	xxviii
ABSTRACT.....	xxviii
1 INTRODUÇÃO	29
2 MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1 Experimentos	32
2.2 As avaliações	35
2.3 Análise estatística	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4 CONCLUSÕES	47
AGRADECIMENTOS	47
REFERÊNCIAS.....	48
CAPÍTULO 3 - Fertilizante organomineral e mineral nitrogenado em cobertura e duas texturas de solo na cultura do milho	53
RESUMO.....	liii
ABSTRACT.....	liii
1 INTRODUÇÃO	55
2 MATERIAL E MÉTODOS	57

2.1 Experimentos	57
2.5 Avaliações dos Resultados:	59
2.6 Análises estatísticas	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4 CONCLUSÕES	72
AGRADECIMENTOS	72
REFERÊNCIAS.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização da amostra de Latossolo vermelho amarelo (Syngenta). Uberlândia-MG.....	33
Tabela 2	Caracterização da amostra de Latossolo vermelho amarelo (Juliagro). Uberlândia-MG.....	33
Tabela 3	Fontes e Doses de organomineral de fósforo para adubação de semeadura no milho.....	33
Tabela 4	Composição química do fertilizante organomineral na base seca a 65 °C.....	34
Tabela 5	Teores de macronutrientes e micronutriente foliares na cultura do milho em resposta a aplicação de fertilizante organomineral fosfatado e fertilizante mineral. Uberlândia-MG safra 2017/2018.....	37
Tabela 6	Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em plantas no pré florescimento e grãos de milho em resposta a aplicação de fertilizante organomineral em solo argiloso e arenoso no município de Uberlândia-MG. Safra 2017/2018.....	39
Tabela 7	Médias das variáveis spad, altura de planta (A.P) e diâmetro do colmo (D.C) no florescimento cultivado com fertilizante organomineral contendo fósforo e testemunha mineral superfosfato triplo (SPT) na adubação de semeadura em solo argiloso e arenoso no município de Uberlândia-MG. Safra 2017/2018.....	40
Tabela 8	Médias do diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), grãos por fileira (GF) e fileira por espiga (FE) submetido a doses de fertilizante organomineral contendo fósforo e testemunha com fertilizante mineral superfosfato triplo (SPT) em solo argiloso e arenoso no município de Uberlândia-MG. Safra 2017/2018.....	41
Tabela 9	Médias de área foliar (AF), inserção da espiga (IE), massa fresca (MF), massa seca (MS), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (Prod) de milho sob fertilizante organomineral e mineral em solo argiloso e arenoso na Safra 2017/2018 no município de Uberlândia-MG.....	42
Tabela 10	Teor de macronutriente, matéria orgânica e carbono no solo fertilizado com organomineral fosfatado a fertilizante mineral no município de Uberlândia- MG. Safra 2017/2018.....	44

Tabela 11	Caracterização química das amostras dos solos das áreas experimentais.....	57
Tabela 12	Doses de nitrogênio organomineral para adubação de cobertura na cultura do milho.....	58
Tabela 13	Composição química do fertilizante organomineral na base seca a 65°.....	59
Tabela 14	Teor de macronutrientes e micronutrientes foliar na cultura do milho no pré-florescimento em resposta a aplicação de fertilizante organomineral nitrogenado, comparado com diferentes épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) na safra 2017/2018.....	62
Tabela 15	Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em plantas no pré florescimento e grãos de milho em resposta a aplicação de fertilizante organomineral nitrogenado em solos arenoso e argiloso, comparado com diferentes épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) na safra 2017/2018.	63
Tabela 16	Índice Spad, altura de planta e diâmetro do colmo em plantas de milho no pré-florescimento, cultivado com fertilizante organomineral nitrogenado em solos arenoso e argiloso, comparado com diferentes épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) na safra 2017/2018.....	65
Tabela 17	Médias do diâmetro da espiga (D.E), comprimento da espiga (C.E), número de grãos por fileira (G.F.) e número de fileiras por espiga (F.E) de plantas submetidas à doses de fertilizante organomineral nitrogenado, comparadas à épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) em solo argiloso e arenoso na safra 2017/2018.....	67
Tabela 18	Médias de Área foliar (A.F), massa fresca (M.F), massa seca (M.S), peso de mil grãos (PMS) e produtividade (Prod) de plantas submetidas à doses de fertilizante organomineral nitrogenado, comparadas à épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) em solo argiloso e arenoso na safra 2017/2018.....	69

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Média da precipitação (mm) área experimental durante o ciclo da cultura na safra 2017/2018.....	32
Figura 2	Média da precipitação (mm) área experimental durante o ciclo da cultura na safra 2017/2018.....	58

RESUMO GERAL

SILVA, R. C. D. **Fertilização Organomineral no milho em condições de Cerrado.** 2020. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.¹

O uso de fertilizante organomineral pode melhorar a eficiência de absorção dos nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio e, portanto, reduzir os custos com aplicação de fertilizantes, além de melhorar a qualidade físico-química dos solos cultivados. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do fertilizante organomineral no fornecimento de fósforo e nitrogênio comparado ao mineral em duas diferentes texturas de solo, na cultura do milho. Foram conduzidos dois ensaios, no município de Uberlândia-MG, em área com textura de solo argiloso e arenoso. No experimento para avaliação do organomineral no fornecimento de fósforo, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco repetições, sendo cinco doses do fertilizante organomineral: 40, 60, 80, 100 e 120 % da dose recomendada de P_2O_5 para o milho e um tratamento adicional com 100% da recomendação de P_2O_5 usando fonte mineral. Assim, foram totalizados seis tratamentos e 30 parcelas. A recomendação da adubação foi para produtividade acima de 8.000 kg ha^{-1} de grãos, sendo 120 kg kg ha^{-1} e 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 em solos arenoso e argiloso, respectivamente. No experimento de organomineral no fornecimento de nitrogênio, o delineamento foi em esquema fatorial $2 \times 5 + 2$ em blocos ao acaso com quatro repetições, sendo duas épocas de aplicação, cinco doses do fertilizante organomineral nitrogenado peletizado (40, 60, 80, 100 e 120% da dose recomendada de nitrogênio para o milho) e dois tratamentos adicionais com 50% e 100% da recomendação de nitrogênio usando fonte mineral. Os resultados de aplicação do organomineral fosfatado demonstraram que, com as exceções do teor foliar de fósforo e produtividade na textura arenosa e o número de grãos por fileira, na textura argilosa, não houve diferença entre as doses de organomineral fosfatado como também não diferiram do adicional mineral. Estes resultados indicam que o organomineral fosfatado é tão eficiente quanto o fósforo mineral. Em relação à época de aplicação, no experimento com adubação nitrogenada, o parcelamento da aplicação em V2 (50%) + V4 (50%) apresentou os melhores incrementos para diâmetro do colmo e da espiga, comprimento da espiga e número de grãos por fileira. Assim, conclui-se que, com as exceções do teor foliar de nitrogênio, potássio e massa seca no solo de textura arenosa e o diâmetro de espiga no solo de textura argilosa, não houve diferença estatística entre as doses de organomineral nitrogenado como também não diferiram do adicional mineral. Deste modo, o fertilizante organomineral nitrogenado é tão eficiente na cultura do milho quanto à fonte de nitrogênio mineral.

Palavras- Chaves: Fertilização, Agricultura, *Zea mays*, Nutrientes, Orgânico

¹Orientadora: Regina Maria Quintão Lana - UFU

¹Co-orientador: José Geraldo Mageste da Silva - UFU

GENERAL ABSTRACT

SILVA, R. C. D. **Organomineral fertilization in corn under Cerrado conditions.** Doctorate thesis (Agronomy), Federal University of the Uberlândia- MG, Uberlândia, 88 f., 2020.¹

The use of organomineral fertilizer can improve the absorption efficiency of nutrient, mainly of phosphorus and nitrogen and, therefore, reduce the costs with fertilizer application, in addition to improving the physical-chemical quality of the cultivated soils. This study aimed to evaluate the effects of organomineral fertilizer on the supply of phosphorus and nitrogen compared to mineral in two different soil textures, in corn crop. Two trials were conducted in the city of Uberlândia-MG, in an area with a clayey and sandy soil texture. In the experiment to evaluate the organomineral in the phosphorus supply, the experimental design was in randomized blocks, with five replications, being five doses of the organomineral fertilizer: 40, 60, 80, 100 and 120% of the recommended dose of P₂O₅ for corn and an additional treatment with 100% of the recommendation of P₂O₅ using mineral source. Thus, six treatments and 30 plots were totaled. The fertilization recommendation was for productivity above 8,000 kg ha⁻¹ of grains, being 120 kg kg ha⁻¹ and 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in sandy and clayey soils, respectively. In the organomineral experiment in nitrogen supply, the design was in a factorial scheme 2 x 5 + 2 in randomized blocks with four replications, being two times of application, five doses of pelleted nitrogen organomineral fertilizer (40, 60, 80, 100 and 120% of the recommended nitrogen dose for the corn) and two additional treatments with 50% and 100% of the nitrogen recommendation using mineral source. The results of the application of phosphated organomineral showed that, with the exceptions of the leaf content of phosphorus and productivity in the sandy texture and the number of grains per row, in the clay texture, there was no difference between the doses of phosphate organomineral as they did not differ from the additional mineral. These results indicate that phosphate organomineral is as efficient as mineral phosphorus. Regarding the time of application, in the experiment with nitrogen fertilization, the installment of the application in V2 (50%) + V4 (50%) presented the best increments for stem and ear diameter, ear length and number of grains per row. Thus, it is concluded that, with the exceptions of the leaf content of nitrogen, potassium and dry mass in the soil of sandy texture and the diameter of cob in the soil of clay texture, there was no statistical difference between the doses of nitrogenous organomineral as they did not differ from the additional mineral. In this way, the nitrogenous organomineral fertilizer is as efficient in maize culture as the source of mineral nitrogen.

Keywords: Fertilization, Agriculture, *Zea mays*, Nutrients, Organic

¹Advisor: Regina Maria Quintão Lana - UFU

¹Co-advisor: José Geraldo Mageste da Silva - UFU

CAPÍTULO 1

Fertilização organomineral no milho em condições de Cerrado

RESUMO

SILVA, R. C. D. Capítulo 1 Fertilização Organomineral no milho em condições de Cerrado. *In*: SILVA, R. C. D. **Fertilização organomineral no milho em condições de Cerrado**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2020. p. 6-26.¹

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é importante em todo o mundo, sendo amplamente cultivado em todo território nacional, como também utilizado na alimentação humana e animal. A produção, na última safra (2019/2020), foi estimada em 102,5 milhões de toneladas. Apesar deste excelente volume produzido existem limitações dos altos custos de insumos, principalmente do fertilizante mineral, que pode chegar a 30% do custo total do cultivo. Fertilizantes organominerais são obtidos a partir da mistura de fertilizantes minerais e orgânicos, em proporções autorizadas pela legislação. Estas misturas possuem características peculiares, diferentes dos adubos minerais, seja nos aspectos químicos, físicos e biológicos, como também das interações destas. Vários benefícios ocorrem, tanto para o solo quanto para o meio ambiente, quando são utilizados os fertilizantes organomineral. O objetivo deste estudo foi eleger a melhor forma de aplicação de um fertilizante organomineral na cultura do milho, pesquisa de grande interesse tanto para a comunidade científica como para os produtores rurais.

Palavras- Chaves: Forma, Aplicação, Adubo, Orgânico, Mistura

¹Orientadora: Regina Maria Quintão Lana - UFU

¹Co-orientador: José Geraldo Mageste da Silva - UFU

ABSTRACT

SILVA, R. C. D. Chapter 1 Organomineral Fertilization in corn under cerrado conditions. *In: SILVA, R.C.D. **Organomineral Fertilization in Corn under Cerrado Conditions.*** Thesis (Doctorate in Agronomy) Federal University of Uberlândia- MG, p. 6-26, 2020. ¹

The culture of corn (*Zea mays* L.) is important worldwide, being widely cultivated throughout the national territory, as well as used in human and animal nutrition. Production, in the last harvest (2019/2020), was estimated at 102.5 million tons. Despite this excellent volume produced, there are limitations of the high cost of inputs, mainly mineral fertilizer, which can reach 30% of the total cost of cultivation. Organomineral fertilizers are obtained from the mixture of mineral and organic fertilizers, in proportions authorized by the legislation. These mixtures have peculiar characteristics, different from mineral fertilizers, both in chemical, physical and biological aspects, as well as their interactions. Several benefits occur, both for the soil and for the environment, when organomineral fertilizers are used. The objective of this study was to choose the best way to apply an organomineral fertilizer in corn crop, research of great interest to both the scientific community and rural producers.

Keywords: Form, Application, Fertilizer, Organic, Mixture

¹Advisor: Regina Maria Quintão Lana - UFU

¹Co-advisor: José Geraldo Mageste da Silva - UFU

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial de milho com estimativa de 102,5 milhões de toneladas do grão na safra de 2019/2020, numa área de 18,5 milhões ha. A maior parte desta produção é destinada às indústrias de ração animal, principalmente para os setores de avicultura e suinocultura (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020).

O milho é umas das culturas mais importantes mundialmente dentro do setor agropecuário. Diversas são as utilizações deste cereal que apresenta grande importância como essencial fonte de energia no processo de nutrição animal, utilizado como componente fundamental empregado nos setores de aves e suínos. Utilizado na alimentação humana como flocos, farinha e óleo, ainda participa de vários processos da indústria alimentícia e de bebidas. Importante produto na indústria de alta tecnologia na produção de filmes e embalagens biodegradáveis. Considerado matriz energética na fabricação de biocombustíveis como o etanol. Assim, este cereal é notável produto na economia de inúmeros países. Na atualidade é o grão mais produzido no mundo, sendo responsável por 42% de todos os grãos gerados, seguido pelo trigo (30%), e arroz (18%) (BARROS e CALADO, 2014; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020).

A cultura do milho se desenvolve em diversas classes de solos, sobretudo naqueles bem estruturados e que permitam uma circulação da água e do ar com boa drenagem e alta disponibilidade de nutrientes. Para uma produção em potencial é necessária à presença de alguns macros e micronutrientes para o desenvolvimento satisfatório da planta. O nitrogênio (N) aumenta o teor de proteína do grão; o fósforo (P) favorece o desenvolvimento radicular; o potássio (K) é responsável por aumentar a taxa fotossintética (BARROS e CALADO, 2014).

A demanda mundial em busca de alimentos faz com que o setor agrícola seja impulsionado para aumentar a produtividade, assim torna necessário investir em novas tecnologias, principalmente em fertilizantes. Neste sentido, surgiram os que são provenientes da mistura de fertilizantes orgânicos e minerais, sendo a matriz orgânica originária de várias fontes como torta de filtro, cama de aviário, palha de milho, lodo de esgoto entre outras. A agricultura necessita de crescimento na produtividade, porém deve-se usar técnicas sustentáveis sem prejudicar a economia, a sociedade e o meio ambiente.

A função dos fertilizantes organominerais na mistura é suprir e contribuir com a manutenção da matéria orgânica no solo e disponibilizar nutrientes para as plantas que atendam às necessidades das culturas, diminuindo as perdas por adsorção, lixiviação e volatilização. Os fertilizantes minerais são capazes de suprir a demanda nutricional das plantas, porém não contribuí com aumento e manutenção da matéria orgânica no solo. Organominerais aumentam o teor de matéria orgânica no solo significativamente, melhorando o rendimento da cultura do milho, estes fertilizantes possuem efeitos residuais quando comparado com o fertilizante mineral (ADEOYE et al., 2008).

A evolução na aplicação de fertilizantes é constante com novas tecnologias na agricultura. Entre as tecnologias atuais, estão os fertilizantes à base de organominerais que são constituídos de uma combinação física entre fontes mineral e orgânica. Entre suas principais vantagens estão a menor taxa de lixiviação, liberação gradual dos nutrientes, menor fixação de fósforo com maior eficiência (SILVA e LANA, 2018).

Organomineral é um produto proveniente da junção ou associação de fertilizantes minerais e orgânicos, sendo a adição de adubos orgânicos aos fertilizantes minerais. A parte orgânica pode ser de múltiplas origens como restos agrícolas, dejetos de animais, torta de filtro e lodo de esgoto (SOUSA et al., 2012).

No Brasil, a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Sua regulamentação se fez com o Decreto nº 4954, de Janeiro de 2004, na forma de Anexo, por meio de Instruções Normativas. Dentre as Instruções Normativas, a de nº 25, de 23 de julho de 2009, merece destaque, pois estabelece as especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, fertilizantes organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. (BRASIL, 2009). Para produtos sólidos são estabelecidos os seguintes parâmetros: mínimo de 8% de carbono orgânico, máximo de 30% de umidade, CTC mínimo de 80 mmolc kg⁻¹ e no mínimo 10% de macronutrientes declarados para os produtores com macronutrientes primários.

A fabricação de fertilizantes organominerais peletizados é feita a partir de técnicas padronizadas em equipamentos desenvolvidos para este fim. Assim, o produto apresenta elevado padrão de uniformidade dos pellets, com grau de dureza de 8 kgf cm², respeitando a legislação vigente sobre organomineral (MOREIRA, 2018; SILVA e LANA, 2018).

Entre os macronutrientes, o nitrogênio é o mais exigido pelo milho, e o suprimento de forma inadequada torna um dos fatores limitantes na produção e rendimento de grãos. Este nutriente é intensamente solúvel e móvel no solo, tendo perdas facilitadas no perfil do mesmo por lixiviação e escoamento superficial através das chuvas e irrigações inapropriadas. Contudo, ainda sofre perda facilmente por processos de volatilização e desnitrificação no solo (SILVA et al., 2013).

O nitrogênio quando fornecido inadequadamente torna-se um dos principais fatores limitantes a produtividade de grãos do milho, pois o nitrogênio participa de várias funções nos processos bioquímicos da planta. Sendo constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos, fitocromos e da clorofila (CANTARELLA, 1993).

Alguns produtores ultrapassam as doses acima daquelas recomendadas e realizam a aplicação sem considerar a análise do solo. Assim, o custo de produção se torna alto, podendo dificultar a expressão do potencial genético de produção da maioria das cultivares. Portanto, não consideram as perdas por lixiviação, volatilização e, ainda, o risco da poluição ambiental, tanto dos rios por eutrofização ou até mesmo do ar pela formação de gases (GAO et al., 2014).

Kiehl (2008) assegura que o fertilizante organomineral apresenta potencial químico reativo inferior ao fertilizante mineral, contudo, a solubilização é progressiva no decorrer do período de desenvolvimento da cultura. Por isso, sua eficiência agrônômica pode ser maior quando comparado às fontes minerais solúveis.

A matéria orgânica apresenta em sua composição N, P e S, e os libera gradativamente por meio da formação de complexos que conserva os macros e os micronutrientes, minimizando, assim, perdas (ROYO, 2010). Em estudos realizados exclusivos com fertilizantes minerais os nutrientes são disponibilizados para as raízes no mesmo tempo quando aplicados ao solo. Em situação contrária, os nutrientes da matéria orgânica são viabilizados lentamente para os microrganismos do solo, os quais realizam sua mineralização, disponibilizando nutrientes para a planta durante todo o ciclo (ANTILLE et al., 2012; CASTANHEIRA et al., 2015).

O fósforo possui desempenho complexo no processo de adubação, pois é o nutriente mais instável para aproveitamento pelas plantas, sendo que seu nível de disponibilidade fica em torno de 20%; ou seja, 80% do total aplicado de fósforo em áreas de primeiros cultivos, fica fixado no solo e indisponível para as culturas (NOVAIS, 1999). A agricultura necessita de alternativas para diminuir as perdas e fixação dos nutrientes no solo principalmente o fósforo, assim foi surgindo novas tecnologias sendo uma delas os

fertilizantes organominerais. Vários autores destacam as vantagens de utilizar esses tipos de fertilizantes, pois aumentam a produtividade, diminui a dose de aplicação, aumentando os benefícios para solos.

Segundo Ferreira (2014) os fertilizantes organominerais conseguem melhorar a eficiência agronômica das adubações. Este tipo de fertilizante diminui o processo natural de fixação do fósforo lábil fornecido ao solo, ficando prontamente disponível às plantas por um longo período. Para nutrientes minerais móveis no solo, como nitrogênio e boro, a disponibilização gradativa proporciona maior aproveitamento das plantas.

A nutrição de forma adequada na cultura do milho é fundamental para obter altas produtividades. Mediante o uso de fertilizantes organominerais evidencia a importância do aperfeiçoamento do uso desta tecnologia. O ganho de produtividade na cultura do milho torna-se promissor. A construção e manutenção da fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes poderão vir dos resíduos que provavelmente seriam descartados no meio ambiente. Em síntese, o que mais se deseja é um ganho ambiental, econômico e social na utilização dessa nova tecnologia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família *Poaceae*. Possui relevância econômica e social no panorama da produção agrícola mundial. Este cereal é produzido e consumido mundialmente por ser alimento que contém inúmeras vantagens nutricionais. O milho possui alto potencial produtivo e nutritivo. Por isso é um dos principais cereais plantados e consumidos no mundo. Entre os vários usos e aplicações, é empregado na alimentação humana e animal, indústrias alimentícias, farmacêuticas, matéria prima de biocombustível entre outras. Porém, a sua maior contribuição é na alimentação animal principalmente sendo ingrediente de rações de aves e suínos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013; JUN-HONG e BO, 2016; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2016).

Com a economia globalizada e grande competitividade, há necessidade de altas produtividades agrícolas, e busca continua pela cadeia produtiva do agronegócio. O agricultor, principalmente, tem o desafio de obter maiores produtividades com custos menores de produção, sendo competitivo e produzindo com sustentabilidade (CRUZ et al., 2009).

O milho é a segunda maior cultura de importância na produção agrícola no Brasil, superado apenas pela soja que lidera a produção de grãos no país. Contudo, apesar do elevado potencial produtivo do milho e do seu destaque no cenário mundial, na prática, a produtividade média do cereal no Brasil ainda é considerada baixa devido à grande amplitude de variação de produção e produtividade entre as regiões brasileiras (COELHO et al., 2002).

O cultivo de milho no Brasil possui vasta importância no agronegócio nacional, desta forma sendo cultivado em várias partes do território brasileiro, no entanto, as principais regiões produtoras são Sul, Sudeste e Centro-Oeste (GERVÁSIO, 2016). Na safra 2019/2020, a produção nacional de milho teve estimativa de 102,5 milhões de toneladas 2,5% a mais do que a safra 2018/2019 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020). Segundo a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2015) estes valores estão relacionados com os avanços desse cereal no Brasil, sendo verificado o crescimento contínuo da cultura do milho nos últimos anos, sobretudo pela sua aplicabilidade nas indústrias, assim a produção brasileira seguiu a demanda desse

cereal como insumo fundamental para a fabricação de rações para os setores de suinocultura e avicultura.

2.2 Produtividade da cultura do milho

Na safra 2019/2020 a produtividade brasileira ficou em 5.533 kg ha⁻¹. Enquanto o maior produtor mundial os Estados Unidos à produtividade média na safra 2017/2018 foi de 10.920 kg ha⁻¹. Esta diferença na produtividade média brasileira mostra que o desempenho do Brasil está abaixo da produtividade das maiores nações produtoras desse cereal (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2018; VIANA, 2011).

O manejo da fertilização para a cultura do milho está atrelado a vários fatores, desde a escolha da semente, análise de solo e interpretação, calagem, gessagem, semeadura, aplicação de herbicidas, inseticidas, fungicidas e manejo do solo. Deste modo os produtores conseguem alcançar altas produtividades acima de 10000 kg ha⁻¹, porém a média brasileira está abaixo em relação aos produtores mais tecnificados. Ainda existem grandes divergências entre os produtores mais tecnificados com os produtores da agricultura familiar que cultivam o milho de forma empírica, sendo uma das causas da baixa média da produtividade do milho no Brasil.

A maior produtividade do milho na primeira safra acontece pela concentração da produção nas áreas, épocas mais apropriadas, do uso de híbridos desenvolvidos com alto potencial produtivo. Além das modernas práticas de manejos com ênfase na população de plantas que é relativamente alta acima de 65 mil plantas por hectare, acréscimo das doses de fertilizantes, principalmente de nitrogênio, aperfeiçoamento na uniformização das sementes e controle eficaz das plantas daninhas, pragas e doenças, incluindo a tecnologia de transgênia (DUARTE e KAPPES, 2015).

O crescimento expressivo da produtividade no milho tornou possível mediante a intensificação do conjunto de produção. A exemplo disso, pode-se citar a estruturação da fertilidade do solo, a adesão do sistema plantio direto e a rotação de culturas, a semeadura de cultivares modernas, geneticamente modificadas e com elevado potencial produtivo, o emprego mais coerente e eficiente de adubos entre outros insumos, que minimizam a ação degradadora do meio ambiente (FONTES, 2011).

Os fatores básicos que participam para os baixos níveis de produtividade média do milho brasileiro são as conjunções climáticas não favoráveis de determinadas áreas, a

utilização de híbridos não adequados a determinadas condições edafoclimáticas, a utilização de sementes não certificadas, o uso inadequado do arranjo de plantas, a semeadura de sementes salvas com ausência de pureza genética e manejo incorreto dos fertilizantes (KAPPES et al., 2014; PORTUGAL et al., 2017).

Para a melhoria da qualidade do solo, pilares como a fertilidade e a nutrição estão atrelados. A baixa produtividade média brasileira é causada por esses fatores, tanto na produção de grãos como na forragem, dessa maneira inúmeras áreas cultivadas com o milho são de fertilidade baixa, correlacionada com meios inapropriados de calagem, gessagem e adubações (COELHO e FRANÇA, 2015).

Ao longo do ciclo o milho possui fases de intensa absorção de nutrientes, sendo a primeira fase no desenvolvimento vegetativo, momento este que está ocorrendo definição do potencial número de grãos. Assim, a outra fase de maior absorção dos nutrientes é na fase reprodutiva quando a planta está em formação da espiga, época em que os nutrientes são exigidos para formação e enchimento de grãos (MAGELA, 2017; RESENDE et al., 2012).

Dessa forma sabe-se que a utilização de fertilizantes é essencial na produção do milho. Entretanto, Stipp e Prochnow (2008) relatam que os fertilizantes são fundamentais para promover a produção de alimentos no mundo e o Brasil integra o quarto lugar entre os maiores consumidores desses insumos, e contribui com 2% da produção mundial de fertilizantes.

O Brasil necessita de mais inovação em relação a fabricação de novos fertilizantes. Nas últimas décadas surgiram os fertilizantes organominerais que estão em fase de expansão tanto na pesquisa como na comercialização. Os estudos sobre estes novos fertilizantes apontam resultados promissores nas culturas testadas como, soja, milho, feijão e hortaliças, sendo uma alternativa para os produtores brasileiros.

2.3 Nitrogênio

Segundo Silva et al. (2013) o nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura do milho, sendo o elemento que mais influencia a produtividade. No entanto, esse nutriente é o que mais sobrecarrega o custo final de produção (MELO et al., 2011).

As perdas de nitrogênio que acontecem no solo são originadas pelos fenômenos da mineralização e imobilização, nitrificação e desnitrificação, lixiviação e volatilização

(BONO et al., 2008). Assim, para entender a eficácia da fertilização nitrogenada torna-se necessário considerar esses aspectos, acrescentado o conhecimento do histórico da área. Portanto, deve-se levar em consideração também a cultura que antecedeu o milho, desta forma as doses, as fontes e a aplicação parcelada do nitrogênio devem ser bem definidas (PORTUGAL et al., 2017). No entanto, o nitrogênio possui algumas particularidades: no solo é muito solúvel muito solúvel e móvel, assim ocorrendo facilmente perdas no perfil por lixiviação e escoamento superficial provocadas pelas chuvas e irrigações desapropriadas. Ademais, é simplesmente perdido por ações de volatilização, nas formas gasosas de amônia e óxido nitroso e no processo de desnitrificação no solo (BARROS e CALADO, 2014).

O milho é altamente exigente em fertilizações nitrogenadas. Por isso, o fornecimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos fatores cruciais a produtividade de grãos do milho por ele desempenhar atividades nos processos bioquímicos da planta (TAIZ & ZEIGER, 2009). Santos et al. (2010) ressaltam ainda que são constituintes das proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e clorofila.

O nitrogênio é o nutriente mais limitante na produtividade do milho, sendo o componente essencial em processos que envolvem diretamente no processo de fotossíntese. O nutriente é constituinte das moléculas de proteína, enzima, ácido nucleico e citocromo, portanto, possui importante função como integrante da molécula de clorofila, atuando pontualmente no sistema de partição e expansão celular (BÜLL, 1993), assim, classificado como nutriente indispensável para as plantas. Portanto, a eficiência do nitrogênio pela cultura do milho não extrapola 60% e dado isso recomenda-se o parcelamento da dose recomendada para o milho (BROCH e RANNO, 2012). No entanto, estes autores ressaltam que o suprimento do nitrogênio na cultura do milho é proveniente da mineralização da matéria orgânica, reciclagem da palha de culturas antecessoras e de aplicações de fertilizantes nitrogenados minerais, orgânicos e organominerais.

Apresentando apresenta grande atividade no sistema solo-planta-atmosfera, é passível de perdas facilmente por volatilização ou lixiviação. No entanto, os fertilizantes nitrogenados possuem baixa eficiência e apresentam alto custo, o que demonstra que sua aplicação sem critério, eleva os custos de produção, podendo haver contaminação do ambiente, além disso, a acessiva disponibilidade de nitrogênio consegue resultar no prolongamento da fase vegetativa das culturas, o que pode ocasionar perdas no potencial da produtividade (SANTOS et al., 2016).

Malaquias e Santos (2017) afirmam que é preciso observar cada tipo de perda que ocorre com os fertilizantes nitrogenados, sendo que as perdas podem ser até de 80% do adubo utilizado, podendo em casos extremos a planta usufruir só 20% do nitrogênio proveniente do fertilizante. As perdas que ocorrem necessitam ser bem entendidas para melhorar o manejo da fertilização nitrogenada, objetivando à melhoria no aproveitamento da fertilização contendo nitrogênio. Uma das alternativas para evitar as perdas de nitrogênio durante as aplicações e pelas condições climáticas adversas seria a utilização de fertilizantes organominerais que ajudam a diminuir as perdas do nitrogênio por conta gradativa disponibilização.

2.3 Fósforo

O fósforo participa de inúmeros processos metabólicos nos vegetais. A relação do fósforo com os componentes do solo, tais como alumínio, ferro e cálcio, associado com formas orgânicas e a sua baixa difusão na solução do solo, faz com que seja menos disponível na rizosfera (ALMEIDA et al., 2016). O fósforo exibe dinâmica altamente complexa e caracteriza-se como um nutriente de baixo aproveitamento nas fertilizações. Normalmente a taxa média de aproveitamento é de 20%, ou seja, 80% do fósforo fornecido tende a ficar de forma indisponível para as plantas (NOVAIS, 1999). Esse elemento é pouco solúvel e facilmente retido no solo ficando indisponível para a assimilação das plantas e, raramente é perdido por lixiviação como potássio e nitrogênio (MAGELA, 2017).

O fósforo possui elevada interação com o solo. Essa característica associada à grande deficiência na maioria dos solos brasileiros faz dele o nutriente muito especial na recomendação (RAIJ, 2011). Em solos do cerrado a concentração de fósforo é relativamente muito baixa. Associada a essa particularidade e a grande predisposição que esses solos têm para fixar o nutriente na fase sólida estabelece a limitação da atividade agrícola rentável sem o emprego de adubos fosfatados (MARTINHÃO et al., 2004).

Esse nutriente exerce relevante papel nas plantas, sendo estritamente conectado a vários processos metabólicos como a respiração, fotossíntese e transferência de energia. O fósforo faz parte da constituição do ATP, do DNA e de enzimas, como a fosforilase. Entretanto, a principal função do nutriente na fisiologia da planta, é suprir energia para reações biosintéticas e para o metabolismo vegetal (FABRICE et al., 2015; SFREDO, 2008). Restrição na disponibilidade de fósforo pode ocasionar baixa na produtividade,

pois este elemento participa de várias funções relevantes nos processos vitais no metabolismo vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Raij (2011) ressalta que o fósforo realiza várias funções nas plantas, sendo que no milho umas das principais funções deste nutriente é a transferência de energia e, conseqüentemente, de vital importância para a síntese de proteínas, fotossíntese e transformação de açúcares. Portanto, é membro integrante de compostos importantes das células vegetais, dentre eles fosfato-açúcares (intermediários da respiração e fotossíntese) e dos fosfolipídios que compõem as membranas vegetais (EMBRAPA, 2013). Deste modo, Alcântara Neto et al. (2010) evidenciam que entre os macronutrientes principais das plantas, o fósforo é o nutriente que limita com maior assiduidade a produtividade das culturas em áreas de cerrados.

Em solos de baixa fertilidade, a aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos contendo fósforo pode promover incremento significativo na produtividade. Em ensaios conduzidos no Brasil, tem-se demonstrado que a resposta à adubação fosfatada varia, porém, com incremento de produtividade (SILVA et al., 2013).

A carência de fósforo para as plantas nos solos brasileiros está ligada à sua ampla relevância para o desenvolvimento das culturas com grande interferência nos índices de produtividade, são assuntos que têm despertado múltiplas pesquisas com este elemento (CARMO, 2014). Entretanto, Teixeira (2013) ressalta que, diante de inúmeros fatores que influenciam na disponibilidade do nutriente para as plantas e da baixa disponibilidade nos solos brasileiros, faz-se obrigatório o uso de novas tecnologias que visem o aumento da eficiência da fertilização fosfatada.

A utilização eficaz dos fertilizantes é o aspecto pontualmente que mais colabora no incremento da produção agrícola. No entanto, são envolvidos grandes volumes de fertilizantes e a ineficiência muitas vezes ocorre, dessa forma representando fracasso significativo economicamente. Nesse sentido, a procura por novas tecnologias que visem ampliar a eficiência da fertilização, torna necessária, sendo que o custo com este insumo representa média de 30% do gasto do custo total de produção do milho.

2.4 Fertilizantes organominerais

Os fertilizantes organominerais (OM) são a combinação entre mistura de fertilizantes orgânicos e minerais. Sousa et al. (2012) ressaltam que organomineral é um produto oriundo da união ou associação de fertilizantes orgânicos e minerais, resultando

da adição de adubos orgânicos aos fertilizantes minerais. A fração orgânica é proveniente de inúmeras origens como restos agrícolas, dejetos de animais, torta de filtro, lodo de esgoto entre outros.

Segundo Oliveira (2014) o processo de peletização do fertilizante organomineral passa por equipamentos específicos. A peletização ocorre por extrusão sendo o meio por qual o fertilizante passa por um pequeno espaço de tempo por alta pressão, umidade e temperatura, formando os pellets com elevado grau de dureza ($8,0 \text{ kgf cm}^{-2}$) (MOREIRA, 2018). Dessa forma, fornece ao fertilizante firmeza e evita desintegração dos pellets e separação dos ingredientes do fertilizante (TEIXEIRA, 2013).

Sousa (2014) relata que podem ser usadas várias matérias primas na produção dos fertilizantes organomineral. A parte mineral é misturada há alguma fonte orgânica que podem ser cama de aviário, esterco bovino, esterco suíno, torta de filtro, torta de mamona, adubos verdes, turfa, compostos orgânicos, resíduos de processamento de frutas e lodo de esgoto. Essas matérias primas para serem utilizadas devem ser previamente passadas pelo processo de compostagem.

A produção de fertilizantes organominerais no Brasil teve início depois da incorporação na legislação brasileira de fertilizantes no ano de 1982. Porém, a história da fabricação e uso do fertilizante organomineral é contemporânea, quando contrastado aos minerais com aproximadamente quinze décadas de experimentos (KIEHL, 2008). Segundo Teixeira (2013) esse tipo de fertilizante propicia o fornecimento conjunto de nutrientes minerais e matéria orgânica, ocorrendo inúmeras vantagens sobre a aplicação de fertilizantes minerais ou compostos orgânicos. Entretanto, os organominerais podem aprimorar a eficácia agrônômica das adubações (FERREIRA, 2014). Os fertilizantes organominerais tendem a reduzir a retenção do fósforo lábil distribuído no solo fazendo com que fique disponível para as plantas por um período maior de tempo. Nutrientes como boro e nitrogênio vão sendo liberados de forma gradativa, desta forma permitido aproveitamento maior pelas plantas.

Os organominerais diferenciam entre conteúdo orgânico e mineral, sobretudo, vários autores relatam efeitos como redução na quantidade de fertilização fosfatada sendo que ocorre baixa retenção do fósforo pelos componentes minerais do solo, faz com que melhore a disponibilidade dos nutrientes proporcionados pela adubação mineral e ainda acrescenta uma melhor disponibilidade Ca, Mg e K, ressaltando maiores quantidades de matéria orgânica maior CTC a pH 7 (OLIVEIRA et al., 2010; TIRITAN et al., 2010; SÁ et al., 2010).

Teixeira (2013) destaca que ocorre maior complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, além disso, favorece a estrutura do solo, promovendo melhor penetração de água, amplia a aeração e aumenta a ação e variedade de microrganismos, incrementando a melhoria do solo nas propriedades físicas (CARVALHO et al., 2014). Levrero (2009), afirma que o sistema radicular tem melhora no desenvolvimento, diminui o risco de erosão, baixa acidificação do solo, isso faz com que use menor quantidade de calcário, redução nos gastos de operação de maquinários, pois aplica os fertilizantes orgânicos e mineral juntos em uma única operação.

Em seus trabalhos, Brancos (2012) cita ganhos sustentáveis com a utilização de fertilizantes organominerais, como eficiência na restauração microbiana do solo, diminui a acidificação do solo, faz com que os nutrientes sejam disponibilizados gradativamente ao longo do ciclo da cultura. Com isso, diversos benefícios agem sobre a expansão do sistema radicular, ocorre baixa retenção de fósforos aos colóides aumentando a absorção de água.

Dessa maneira, os fertilizantes organominerais atingem resultados que minimizam alguns impasses que as fontes minerais proporciona, tal como a consequência da salinidade que ocorre através do excesso de minerais, assim o ambiente radicular pode ficar tóxico para as plantas. Do mesmo modo auxilia nas perdas por lixiviação, volatilização e adsorção, isso acontece devido à cota orgânica que faz os nutrientes permanecerem próximos as raízes. Acarretando também na maior difusão dos microrganismos benéficos, fazendo com que aja melhora na estruturação do solo, possibilitando mais absorção dos nutrientes pelo sistema radicular (SANTOS et al., 2013). Demais vantagens são citadas por Trani et al. (2013) sobre a utilização de fertilizantes organominerais como redução nos custos de produção, transporte e aplicação, que são mais vantajosos na economia do produtor quando comparado a aplicação de fertilizantes orgânicos, com isso ainda evita risco de introduzir nas aéreas da propriedade metais pesados, sementes de plantas daninhas e microrganismos fitopatogênicos.

A utilização de adubos e corretivos do solo, apresenta a prática que mais incrementa a produtividade nas culturas agrícolas. Nas últimas décadas tem ocorrido bastante destaque sobre os fertilizantes minerais de alta solubilidade quando comparado aos baixos esforços da comunidade científica aos fertilizantes organominerais (CORRÊA et al., 2016). Dessa forma torna-se difícil e insuficiente o entendimento sobre o

desempenho dos fertilizantes organominerais sobre a fertilidade do solo e na nutrição de plantas.

O aperfeiçoamento e inovação de insumos contemporâneos para a fertilização dos solos é estratégico para o setor agrícola brasileiro, uma vez que grande parte dos fertilizantes consumidos no país aproximadamente 75% são importados (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS, 2016), o que expõe a agricultura do Brasil numa suscetível conjunção de dependência. Normalmente os solos brasileiros nas regiões mais produtoras agrícolas possuem fertilidade natural baixa com deficiências de nutrientes, existindo aplicações contínuas e robustas doses de fertilizantes para a conservação ou aumento nos níveis de produtividade da maioria das culturas (FAGERIA e BALIGAR, 2014; CORRÊA et al., 2016).

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA NETO, F.; AMARAL GRAVINA, G.; SOUZA, N. O. S.; CARVALHO BEZERRA, A. A. Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 266-271, 2010. DOI: 10.1590/S1806-66902010000200014

ALMEIDA, T.; POCOJESKI, E.; NESI, C. N.; SILVA, L. S.; OLIVEIRA, J. P. M. Eficiência de fertilizante fosfatado protegido na cultura do milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, p. 29-35, 2016. DOI: 10.5380/rsa.v17i1

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Importância socioeconômica do milho**. Brasília, DF, 2015. Portal. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html. Acesso em: 14 mar. 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (Brasil). **Setor de fertilizantes: anuário estatístico 2016**. São Paulo, 2016. Portal. Disponível em: <http://anda.org.br/pdfs/INDICE-ANUARIO-2016.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2019.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do milho**. [S. l.]: Universidade de Évora, 2014. 52 p. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf> Acesso em: 4 Abr. 2019.

BONO, J. A. M.; RODRIGUES, A. P. D. C.; MAUAD, M.; ALBUQUERQUE, J. C.; YAMAMOTO, C. R.; CHERMOUTH, K. S.; FREITAS, M. E. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 1, n. 2, p. 91-102, 2008.

CARMO, E. L. **Efeitos do teor de fósforo no solo e da adubação fosfatada nas propriedades funcionais de amido de cultivares de batata**. 2014. 111 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014.

CARVALHO, R. P.; MOREIRA R. A.; CRUZ M. CM.; OLIVEIRA, A.F. Organomineral fertilization on the chemical characteristics of Quartzarenic Neosol cultivated with olive tree. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 176, n. 11, p. 120–126, 2014. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.07.006.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.101, 2003.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e adubação do milho**. 2015. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>. Acesso em: 3 abr. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da Safra brasileira de Grãos: safra 2019/2020: décimo segundo levantamento**. Brasília, DF: Conab, 2020. v. 7. 33 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 16 dez. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil).. **Perspectivas para a agropecuária**. Safra 2013/2014. v. 1, p. 1-154, 2013

CORRÊA, J. C.; GROHSKOPF, M. A.; NICOLOSO, R. S.; LORENÇO, K. S.; MARTINI, R. Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 903–912, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X201600090000x.

CRUZ J. C.; GARCIA J. C.; PEREIRA FILHO I. A. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 15 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 146).

DUARTE, A. P.; KAPPES. C. Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 152, p. 15-18, 2015.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FABRICE, C. E. S.; SOARES FILHO, C. V.; PINTO, M. F.; PERRI, S. H. V.; CECATO, U.; MATEUS, G. P. Recuperação de pastagens de "*Brachiaria decumbens*" degradada com introdução de *Stylosanthes* e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 4, p. 758-771, 2015. DOI: 10.1590/S1519-99402015000400001.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Macronutrient-Use Efficiency and Changes in Chemical Properties of an Oxisol as Influenced by Phosphorus Fertilization and Tropical Cover Crops. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Athens, v. 35, p. 1227-1246, 2014. DOI: 10.1080/00103624.2013.874030.

FERREIRA, N. R. **Eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais sólidos e líquidos em relação a disponibilidades de fósforo**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu, Botucatu, 2014.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas, avaliação e diagnose**. Viçosa: O autor, 2011. 296 p.

GERVÁSIO, E. W. **Milho Análise da Conjuntura**. SEAB-Secretaria de Estado da Agricultura e do abastecimento. DERAL- Departamento de Economia Rural. 2016. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognósticos/2016/milho_2016.pdf. Acesso em: 13 mar. 2019.

MALAQUIAS, C. A. A.; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays L.*). **PUBVET**, Maringá, v. 11, n. 5, p. 501-512, 2017. DOI: 10.22256/PUBVET.V11N5.501-512.

MOREIRA, J. G. **Solubilidade de fertilizantes organominerais peletizados a base de biossólido e torta de filtro**. 2018. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

JUN-HONG, LIU; BO, YANG. The pré-tratament of corn straw in the bioethanol production in China. **Energy & Environment**, v. 27, n. 3-4, p. 414-419, 2016. DOI: 10.1177/0958305X15627548.

LEVRERO, C. R. Fertilizante organomineral: a serviço do mundo. *In: FÓRUM ABISOLO*, 2009. **Anais [...]**. [S. l.]: ABISOLO, 2009.

MARTINHÃO, D.; SOUSA, G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. *In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (ed.). Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 157-200.

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

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. 2. ed. Piracicaba: Degaspari, 2008. 160 p.

MELO, F. B.; CORÁ, J. E.; CARDOSO, M. J. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 27-31, 2011.

MAGELA, M. L. M. **Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais pelizados na cultura do milho**. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

OLIVEIRA, G. R. **Validação do processo de digestão e de peletização de cama de aviário para a produção de fertilizante organomineral**. 2014. 211 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PORTUGAL. J. R; ARF, O; PERES, A. R; GITTI, D. D. C; GARCIA, N. F. S. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *azospirillum brasilense* em milho no cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, p. 639-649. 2017.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

SÁ, J. R.; OLIVEIRA, A. E. S.; MEDEIRO, J. F.; NOGUEIRA, N.W.; SILVA, C.B. Interação da adubação organo-mineral nos atributos químicos do solo na cultura do melão em Mossoró-RN-Brazil. **Revista Verde**, Pombal, v. 5, n. 3, p. 89- 100, 2010.

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, A. C. F.; FERNANDES, D. M. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Revista da Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n.1, p. 16-20, 2016. DOI: 10.32404/rean.v3i1.545.

SANTOS, J. F.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUSA JÚNIOR, J. R. Produção de girassol submetido à adubação organomineral. **Revista Agropecuária Científica do Semiárido**, Patos, v. 9, n. 3, p. 38-44, 2013. DOI: 10.30969/acsa.v9i3.387.

SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, I. R., MIRANDA, G. V.; FINGER, F. L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (¹⁵N) na planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1185-1194, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000400018.

SILVA, F. C.; SILVA, M. M.; LIBADI, P. L. Aplicação de nitrogênio no cultivo de milho, sob sistema plantio direto: efeitos na qualidade física do solo e características agrônômicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3513-3528, 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3513.

SILVA G. O.; STOKER, G.; PONIJALEKI, R.; PEREIRA, A.; S. Rendimento de tubérculos de três cultivares de batata sob condições de estiagem. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, p. 216-219, 2013. DOI: 10.1590/S0102-05362013000200007.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil**: calagem, adubação e nutrição mineral. Embrapa Soja, Londrina, Paraná. 2008

SOUSA, R. T. X. **Fertilizante organomineral para a produção de cana-de-açúcar**. 2014. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SOUZA, R. S.; FERNANDES M. S.; Nitrogênio. *In*: FERNANDES M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência dos Solos. 2006. p. 216.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEIXEIRA, W. G. **Biodisponibilidade de fósforo e potássio de fertilizantes mineral e organomineral**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; FOLONI, J.S.; JÚNIOR, R.A. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquim Agrariae**, Presidente Prudente, v. 6, p. 8-14, 2010.

TRANI, P. E. TERRA, M. M.; TECCHIO M. A.; TEIXEIRA L. A. J.; HANSIRO, J. **Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas**. 2013. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/83.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2019.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. 2015. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

VIANA, G. **Aumento da produtividade de milho depende da profissionalização do setor produtivo.** Jornal eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. 2011.
Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/grao/31_edicao/grao_em_grao_materia_01.htm. Acesso em: 2 abr. 2019.

CAPÍTULO 2

Fertilizante mineral e organomineral fosfatado no cultivo de milho em solo argiloso e arenoso

RESUMO

SILVA, R. C. D. Capítulo 2 - Fertilizante mineral e organomineral fosfatado no cultivo de milho em solo argiloso e arenoso. *In*: SILVA, R. C. D. **Fertilização Organomineral no milho em condições de Cerrado**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. p. 27-52.¹

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho. Essa cultura possui grande relevância para o agronegócio brasileiro. Este cereal é utilizado na alimentação humana e animal e como matriz energética. Objetivou-se avaliar o estado nutricional e os aspectos produtivos da cultura do milho, com aplicação de fertilizante organomineral e mineral em duas classes de solos. Foram conduzidos dois experimentos no município de Uberlândia-MG. Um experimento na empresa Syngenta localizada na rodovia BR 452 km 141 na coordenada 18°55'28''S 48°09'35.3'' W. Outro experimento na empresa Juliagro situada na BR 365, km 640 na coordenada 18° 89'99''S 48°42'17'' W. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com cinco repetições. Foram utilizadas cinco doses do fertilizante organomineral (40, 60, 80, 100 e 120%) da dose recomendada de P₂O₅ e um adicional com 100% da recomendação de P₂O₅ com o uso de uma fonte mineral. Totalizou-se seis tratamentos e 30 parcelas em cada área experimental. A recomendação da adubação foi para produtividade acima de 8000 kg ha⁻¹ de grãos, sendo 120 kg kg ha⁻¹ e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em solos arenoso e argiloso, respectivamente. Os resultados demonstraram que, não houve diferença entre as doses de organomineral fosfatado como também não diferiu do mineral. Exceto, o teor foliar de fósforo e produtividade na textura arenosa e o número de grãos por fileira na textura argilosa. Indica-se que o organomineral fosfatado é tão eficiente quanto o fósforo mineral.

Palavras-chaves: Adubação, Fósforo, Orgânico, *Zea mays*, arenoso, argiloso

¹Orientadora: Regina Maria Quintão Lana - UFU

¹Co-orientador: José Geraldo Mageste da Silva - UFU

ABSTRACT

SILVA, R. C. D. Chapter 2 - Mineral fertilizer and organomineral phosphate in the cultivation of corn in clayey and sandy soil. *In*: SILVA, R. C. D. **Organomineral Fertilization in Corn under Cerrado Conditions**. Thesis (Doctorate in Agronomy) Federal University of Uberlândia- MG, p. 27-52, 2020.¹

Brazil is the third largest world producer of corn. This culture has great relevance for Brazilian agribusiness. This cereal is used in human and animal feed and as an energy matrix. The objective was to evaluate the nutritional status and the productive aspects of corn crop, with application of organomineral and mineral fertilizer in two soil classes. Two experiments were conducted in the city of Uberlândia-MG. An experiment at Syngenta company located on the BR 452 km 141 highway at coordinate 18°55'28"S 48°09'35.3"W. Another experiment at the company Juliagro located at BR 365, km 640 at 18°89'99"S 48°42'17"W. The design used was a randomized blocks with five replications. Five doses of the organomineral fertilizer (40, 60, 80, 100 and 120%) of the recommended dose of P₂O₅ and an additional with 100% of the recommendation of P₂O₅ using a mineral source were used. There were six treatments and 30 plots in each experimental area. The fertilization recommendation was for productivity above 8000 kg ha⁻¹ of grains, being 120 kg ha⁻¹ and 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in sandy and clay soils, respectively. The results showed that, there was no difference between the doses of phosphated organomineral as it did not differ from the mineral. Except, the leaf content phosphorus and productivity in the sandy texture and the number of grains per row in the clayey texture. It is indicated, that phosphate organomineral is as efficient as mineral phosphorus.

Keywords: Fertilization, Phosphorus, Organic, *Zea mays*, sandy, clayey

¹Advisor: Regina Maria Quintão Lana - UFU

¹Co-advisor: José Geraldo Mageste da Silva - UFU

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o segundo cereal mais produzido no Brasil, sua utilização vai deste o consumo humano, animal e utilização na indústria de bioenergia. Nos anos agrícolas 2007/2008 e 2019/2020, o Brasil produziu em média 8,09% do total da produção mundial de milho, posicionando-se na terceira colocação. No entanto, os maiores produtores foram Estados Unidos e China, com médias de 31,24% e 23,3%, respectivamente, segundo dados do Departamento de agricultura dos Estados Unidos - USDA. Dessa forma estas três nações são responsáveis aproximadamente por 54% da produção global de milho (OLIVEIRA NETO, 2018; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2020).

Os fertilizantes possuem papel de destaque na produtividade das culturas principalmente do milho. Entre os principais limitadores na produção agrícola do país, está a dificuldade de adubação no momento correto e em medidas adequadas. A correta fertilização dos cultivos disponibiliza nutrientes de forma eficiente às plantas, melhorando o crescimento dos vegetais e impactando a resposta final da colheita e na melhor qualidade da produção.

A utilização de adubos possibilita o incremento da produção agrícola na premissa que os fertilizantes sejam fornecidos de forma coerente na fração exigida. Isso para que ocorra a correção das limitações de nutrientes do solo e da cultura correspondente. Por consequência, dos atributos dos solos do Brasil, o uso de fertilizantes é usualmente seguido de alguns critérios, como a realização da calagem do solo, isso permite a melhoria na taxa de assimilação dos nutrientes pelo sistema radicular das plantas (CRUZ et al., 2017).

O gradativo aumento do consumo de fósforo no Brasil e o excessivo custo dos fertilizantes fosfatados, requer alternativas na escolha de técnicas de manejo para potencializar o rendimento agrônomico e econômico (MARTINS, 2018). O uso de matéria orgânica visa aumentar o teor de fósforo no solo e a disponibilidade deste para as plantas (TEIXEIRA, 2013). No entanto, a conversão tanto biológica e física dos resíduos orgânicos e a inserção de nutrientes minerais torna viável à fabricação de fertilizantes organominerais peletizados com elevado teor de fósforo para serem utilizados na agricultura de produção de grãos (BENITES et al., 2010). Assim, contribui-se com a fertilidade do solo e reduz a quantidade de fertilizantes químicos e minerais, obtendo um conjunto de benefícios para a agricultura (TEIXEIRA, 2013).

O estudo dos fertilizantes organominerais tem proporcionado alta expectativa relacionada à eficiência, economia e sustentabilidade (KULIKOWSKA e GUSIATIN, 2015; LIANG et al., 2016). A eficácia dos organominerais é associada à dinâmica dos nutrientes nas diferentes classes de solos. Fertilizantes organominerais ricos em fósforo, são apresentados para serem superiores na eficiência da adubação em relação ao mineral, pois a presença de compostos orgânicos podem minimizar a ligação do fósforo a colóides no solo (GATIBONI et al., 2008; SANTOS et al., 2008).

Correa et al. (2016) ressaltam que fertilizantes organominerais na forma sólida mostraram maiores benefícios nas propriedades do solo aos fertilizantes químicos, e inclusive o acréscimo do rendimento das culturas, quando comparado com fertilizantes minerais. Os organominerais são progressivamente avaliados em diversas culturas e ambientes.

Teixeira et al. (2011) constataram um acréscimo em 20% na produção de matéria seca em plantas de milho, quando utilizou-se fertilizante organomineral comparado com uma fonte mineral, resultados que corroboram com os observados por Grohskopf et al. (2011). Entre os trabalhos citados, os autores relacionaram à alta eficiência agrônômica dos organominerais aos benefícios que a matéria orgânica desempenha sobre a redução da capacidade de retenção do fósforo no solo. Fenômeno que ocorre em função da competição pelos sítios de adsorção dos minerais do solo, aumentando a disponibilidade desse nutriente, ocorrendo melhoria no aproveitamento pelas culturas.

Dania et al. (2012) relataram em seus estudos que houve aumento na produtividade do milho quando foi utilizado fertilizante organomineral, comparando duas fontes de fósforo, mineral e organomineral. Lana et al. (2014) verificaram que nenhuma das fontes influenciaram os componentes de produção e a produtividade de grãos na cultura do milho. Teixeira et al. (2014) relataram maior eficiência agrônômica quando utilizaram organomineral em comparação ao mineral.

Ainda assim, poucas pesquisas compararam a eficiência do fertilizante mineral com os fertilizantes organominerais. Segundo Moraes e Gatiboni (2015) observaram que as duas categorias de fertilizantes levam aproximadamente trinta dias para fornecer às plantas o fósforo presente em sua composição química.

Na fração orgânica da composição dos fertilizantes organominerais são utilizadas várias matérias-primas como torta de filtro, cama de aviário, esterco bovino, restos culturais, resíduos de indústrias, lodo de esgoto entre outros. Isso faz com que esses passivos ambientais sejam levados para destinos de aproveitamento e minimizando os

danos causados por estes ao ambiente. Diante disso Schmidt Filho et al. (2016) relatam vários problemas causados pelo destino inapropriado de resíduos sólidos urbanos, agrícolas e de indústrias, sobre o meio ambiente, acarretando inúmeros prejuízos econômicos, sociais e ambientais. Portanto, não há dúvidas que o aproveitamento agrícola dos resíduos orgânicos estabeleça uma prática economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente justa.

Pesquisas a respeito das modificações químicas nas propriedades do solo fertilizado com adubos organominerais e sua influência na produção de milho até então são modestos, considerando as implicações dos benefícios gerados a partir da matéria orgânica sobre o solo, assim como o aporte no crescimento e desenvolvimento das plantas o uso de adubos organominerais surge para constituir um relevante mecanismo voltado à melhoria da fertilidade dos solos e conseqüentemente aumentar a produtividade dos cultivos agrícolas.

Diante dos fatos supracitados, o objetivo do trabalho foi avaliar o estado nutricional e os aspectos produtivos da cultura do milho com aplicação de fertilizante organomineral e mineral em duas classes de solos: franco-argilo arenosa e arenosa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimentos

Foram conduzidos dois ensaios no município de Uberlândia-MG, sendo implantado na estação experimental da Syngenta localizada na rodovia BR 452 km 141 nas coordenadas 18°55'28''S 48°09'35.3''. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico textura franco-argilo-arenosa com areia grossa 23,7%, areia fina 24,1%, silte 19,1% e 33,1 % argila SANTOS et al. (2018). O outro experimento foi realizado na estação experimental Juliagro situada na BR 365, km 640 nas coordenadas 18° 89'99''S 48°42'17'' W. O solo é classificado Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa, com 27,7% de areia grossa, 52,5% de areia fina, 7,6% de silte e 12,2% de argila segundo critérios de classificação descritos por SANTOS et al. (2018). Foram coletadas amostras de solo 0-20 cm e realizada análise química e textural do solo antes da instalação dos experimentos, conforme TABELAS 1 e 2, a seguir.

Dados meteorológicos foram captados via estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET - Uberlândia - MG (Figura 1).

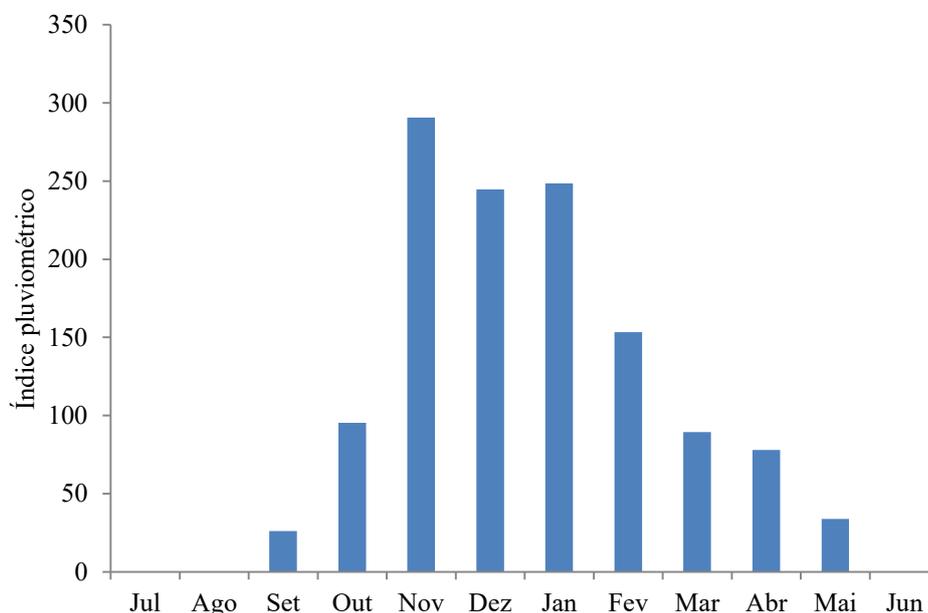


FIGURA 1. Média da precipitação (mm) área experimental durante o ciclo da cultura na safra 2017/2018.

Fonte: (O autor, 2019).

TABELA 1. Caracterização da amostra de Latossolo Vermelho (Syngenta). Uberlândia-MG

pH	P me ^h -1	K ⁺	S-SO ₄	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺²	H+AL	SB	t	T
/H ₂ O(1:2,5)											
----- mg dm ³ -----			----- cmol dm ³ -----								
5,8	29,1	148	14	0,38	3,0	1,3	0,0	3,10	4,68	4,68	7,78
V	m		M.O.	C.O			B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----%-----		-----dag kg ⁻¹ -----		-----mg dm ³ -----							
60	0		2,2	1,3			0,17	0,8	24	1,9	4,1

P, K=(HCL 0.05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al= (Solução Tampão SMP a pH 7.5); SB= Soma de Bases; t= CTC efetiva; T= CTC a pH 7.0; V= Saturação por bases; m= Saturação por Alumínio (EMBRAPA,1997), M.O = Método Colorimétrico. B = (BaCl₂.2H₂O 0.0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn= (DTPA 0.005 mol L⁻¹ + TEA 0.1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0.01 mol L⁻¹ a pH 7.3).

TABELA 2. Caracterização da amostra de Latossolo V (Juliagro). Uberlândia-MG

p,H	P me ^h -1	K ⁺	S-SO ₄	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺²	H+AL	SB	t	T
/H ₂ O(1:2,5)											
----- mg dm ³ -----			----- cmol dm ³ -----								
6,8	3,8	64	7	0,16	1,60	0,7	0,0	1,30	2,46	2,46	3,76
V	M		M.O.	C.O			B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----%-----		-----dag kg ⁻¹ -----		-----mg dm ³ -----							
65	0		1,4	0,8			0,27	0,4	15	2,7	0,8

P, K=(HCL 0.05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al= (Solução TampãoSMP a pH 7.5); SB= Soma de Bases; t= CTC efetiva; T= CTC a pH 7.0; V= Saturação por bases; m= Saturação por Alumínio (EMBRAPA,1997), M.O = Método Colorimétrico. B = (BaCl₂.2H₂O 0.0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn= (DTPA 0.005 mol L⁻¹ + TEA 0.1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0.01 mol L⁻¹ a pH 7.3).

O delineamento utilizado em ambos os experimentos foram blocos ao acaso com cinco repetições, cinco doses do fertilizante organomineral (40, 60, 80, 100 e 120%) da dose recomendada de P₂O₅ para o milho e um adicional com 100% da recomendação de P₂O₅ mineral via Super Fosfato Triplo (Tabela 3 e Tabela 4), totalizando seis tratamentos e 30 parcelas. A recomendação de adubação foi realizada de acordo com (ALVES et al., 1999) para produtividade acima de 8000 kg ha⁻¹ de grãos.

TABELA 3. Fontes e doses de organomineral com fósforo para adubação de semeadura no milho.

Fertilizante	Tratamento	Porcentagem (%)*	Juliagro kg ha ⁻¹	Syngenta kg ha ⁻¹
04-20-05	T-1 OM	40	48	32
04-20-05	T-2 OM	60	72	48
04-20-05	T-3 OM	80	96	64
04-20-05	T-4 OM	100	120	80
04-20-05	T-5 OM	120	144	96
SPT 45%	Adc T-6 M	100	120	80

*Porcentagem de fósforo em relação a (100%) da dose de 120 e 80 kg ha⁻¹ respectivamente nas áreas da Juliagro e Syngenta, de acordo com (ALVES et al., 1999). Adc = Adicional, M = Mineral, OM = Organomineral. Porcentagem (%) – porcentagem da dose recomendada para produção de 8.000 kg/ha.

Os nutrientes nitrogênio e potássio foram balanceados para fornecer a mesma quantidade, em cada tratamento, no ato da semeadura, utilizando a fonte organomineral nitrogenado 25% de N e potássico 30%.

A adubação de cobertura foi realizada nas duas áreas, 15 dias após a semeadura quando as plantas estavam no estágio V3. A fonte de nitrogênio e potássio de fonte mineral, ureia 45% e cloreto de potássio 60%, ambas mineral.

A parcela experimental foi constituída de seis linhas com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 5,0 metros de comprimento, totalizando 15 m². A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais descartando a colheita até um metro de cada extremidade, perfazendo-se uma área de 3,0 m².

Foram coletadas amostras de solo das duas áreas experimentais e realizadas análises. Os resultados demonstraram que não foram necessárias aplicações de corretivos, pois o pH está na faixa ideal para o cultivo da cultura do milho. A semeadura foi realizada na primeira quinzena de novembro de 2017, utilizando semente de milho híbrido Syngenta STATUS VIP3 objetivando população de 68.000 plantas ha⁻¹.

TABELA 4. Características químicas do fertilizante organomineral (base seca a 65° de umidade)

Fertilizante	N - P - K		
	04-20-05	Ureia 25-00-00	KCl 00-00-30
	-----dag/kg-----		
N	4	25	-
P ₂ O ₅	20	-	-
K ₂ O	5	-	30
Ca	3,20	3,80	4,10
Mg	0,72	0,85	0,93
S	1,15	1,37	1,48
B	0,009	0,010	0,011
Cu	0,013	0,015	0,016
Fe	0,501	0,597	0,648
Mn	0,180	0,214	0,233
Zn	0,020	0,023	0,025
M.O	18,91	22.535	24.49
C/N	2/1	2/1	2/1
CTC	200	238	259
pH	5,2	-	-

Os macronutrientes foram expressos em porcentagem e os micronutrientes em mg kg⁻¹. N - [N Total] = Digestão Sulfúrica. B = Incineração; Dt. Azometina. P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn = Digestão Nitro Perclórico; Absorção Atômica.

Foram feitos sulcos com espaçamento entre linha de 0,5 m e 0,1 m de profundidade. Os tratamentos foram implantados de forma manual em cada parcela experimental após a distribuição dos fertilizantes foi realizada a semeadura com auxílio de semeadora de arrasto com espaçamento entre linhas de 0,5 m tracionada por trator. Os tratos culturais foram conduzidos de maneira preventiva para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças com a utilização de produtos fitossanitários. Utilizou-se

herbicidas, inseticidas e fungicidas registrados e de acordo com a recomendação expressa na bula do fabricante.

2.2 As avaliações

As respostas foram avaliadas em seis plantas por parcela, quando atingiram o estágio de florescimento (VT), Foram analisadas as seguintes variáveis;

- Índice Spad medido através do aparelho (SPAD -502 Plus medidor de clorofila) utilizando a folha abaixo e oposta a espiga.
- Diâmetro do colmo (paquímetro digital).
- Altura de Planta (Trena).
- Área foliar foi mensurada pela formula $AF = C \times L \times 0,75$, também utilizada por (SANGOI et al. 2007), onde as letras C e L representam o comprimento e a largura, respectivamente, de todas as folhas.
- Inserção da altura de espigas (Trena).
- Análise foliar; foram coletadas folhas abaixo e oposta a espiga para a determinação dos teores de macro e micronutrientes. As folhas foram lavadas e colocadas para secar em estufa à 60 °C com ventilação forçada por 48 h, e moídas posteriormente.
- Massa Fresca e Massa seca a pesagem realizou com (Balança digital).
- Acúmulo de macronutrientes primários na planta inteira. As plantas foram coletadas e pesadas, trituradas com picador forrageiro (Traap-TRP40) e colocadas para secar em estufa à 60°C com ventilação forçada até peso constante, e moídas posteriormente.
- As análise vegetal de macro e micronutrientes foram realizadas de acordo com metodologia descrita por (SILVA, 2009).

No momento da colheita das espigas, analisou-se os seguintes parâmetros; comprimento da espiga, número de grãos por fileira e número de fileira por espiga, peso de 1000 grãos e produtividade total, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%.

As amostras de solo foram coletadas na área útil da parcela após a colheita dos experimentos, coletando seis sub amostras para formar uma amostra composta na camada 0-20 cm. Posteriormente foram levados para o laboratório de solos da Universidade Federal de Uberlândia onde foram secadas em estufa até peso constante e peneirados em seguida, conduzidos para as análises químicas dos nutrientes P, K, Ca, Mg, S e teores de matéria orgânica (M.O) e C.O (EMBRAPA, 1997).

2.3 Análise estatística

Foram realizados testes de pressuposições da ANOVA referente à normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e aditividade de blocos a 1% de probabilidade com o programa computacional IBM SPSS Statistics versão 20.0. (MARÔCO, 2011). Aceitas as pressuposições os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), realizada pelo teste F, a 5% de probabilidade. As doses do organomineral foram comparados com o mineral pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância com o programa computacional IBM SPSS Statistics versão 20.0. (MARÔCO, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de macronutrientes e micronutrientes foliar não foram influenciados pelas doses de fertilizante organomineral fosfatado quando comparado com o super fosfato triplo. Isso ocorreu nas duas texturas de solo (Tabela 5).

TABELA 5. Teores de macronutrientes e micronutriente foliares na cultura do milho em resposta a aplicação de fertilizante organomineral fosfatado e fertilizante mineral. Uberlândia-MG safra 2017/2018.

Organomineral (%)	Argilosa*									
	-----Macronutrientes (g kg ⁻¹)-----					----Micronutrientes (mg kg ⁻¹)----				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
40	25.3	1.74	30.5	2.22	1.48	1.10	8.48	111.7	30.1	16.22
60	24.8	1.60	29.2	2.08	1.36	0.88	9.06	103.0	31.9	15.49
80	24.8	1.62	30.2	2.02	1.50	0.86	11.87	129.7	30.9	16.56
100	25.2	1.62	30.1	1.84	1.42	0.80	10.59	139.1	27.3	17.71
120	25.3	1.50	29.7	2.16	1.54	0.84	8.16	112.6	29.5	14.71
Ad100(**)	25.6	1.36	30.0	2.20	1.54	0.88	9.50	89.2	24.6	15.06
C.V%	5.4	16.2	5.2	10.6	6.6	24.8	28.2	36.4	45.1	12.6
SW	0.034	0.050	0.194	0.854	0.439	0.050	0.004	0.310	0.565	0.784
LV	0.466	0.466	0.046	0.349	0.192	0.007	0.136	0.060	0.902	0.282
F'	0.689	0.346	0.271	0.918	0.533	0.144	0.533	0.087	0.530	0.755
Arenosa*										
40	21.42	1.40*	24.80	2.32	1.96	1.16	7.76	116.9	79.25	25.16
60	21.84	1.42*	24.50	2.66	2.16	1.06	8.06	122.2	64.37	25.79
80	21.56	1.22	23.00	2.56	1.96	1.14	8.40	150.4	63.44	23.24
100	21.56	1.14	23.30	2.96	2.40	1.12	7.55	122.9	82.56	22.30
120	20.86	1.30	24.50	2.80	2.20	1.08	7.93	125.6	65.35	26.44
Ad100(**)	20.72	1.16	23.40	2.52	2.18	1.18	8.50	92.6	71.47	25.16
CV %	4.66	10.54	5.69	15.09	11.92	11.91	19.08	31.58	18.30	18.22
SW	0.114	0.768	0.873	0.046	0.208	0.544	0.965	0.700	0.725	0.440
LV	0.333	0.418	0.640	0.13	0.720	0.310	0.683	0.579	0.789	0.246
F'	0.847	0.143	0.137	0.06	0.361	0.439	0.589	0.387	0.442	0.162

*Médias na coluna diferem da testemunha 100% mineral SPT pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. SW, F, F': pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos. **Adicional 100% da recomendação de P₂O₅ fonte mineral (SPT). CV = coeficiente de variação.

Para o teor de fósforo em solo de textura arenosa houve diferença entre as fontes organomineral e mineral. Os teores foliares nas doses de 40 e 60 % foram superiores ao mineral com valores 1.40 e 1.42 g kg⁻¹ respectivamente. Enquanto a testemunha mineral obteve 1.16 g kg⁻¹. Esses teores estão abaixo dos recomendados como ideal para a cultura do milho (MARTINEZ et al., 1999). As plantas de milho não demonstraram sinais visíveis de deficiência de macronutrientes e micronutrientes durante o ciclo. No entanto, Gondim et al. (2016) relatam que plantas de milho com deficiência de fósforo tiveram redução na

massa seca da parte aérea, altura, diâmetro do colmo e no número de folhas, esses fatos não condizem com os resultados obtidos neste estudo (Tabelas 8 e 10).

Tiritan et al. (2010) encontraram teores na parte aérea do milho $3,6 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo na matéria seca com presença do adubo orgânico, demonstrando que a utilização da matéria orgânica associada ao adubo mineral gerou benefício. Os autores demonstraram que o suprimento adequado de matéria orgânica possibilitou melhoria na eficiência da fertilização mineral. Os demais macros e micronutrientes estão dentro da faixa de suficiência para a cultura do milho (MARTINEZ et al., 1999; BULL, 1993). Dessa forma, ficou evidenciado que o fertilizante organomineral não alterou o teor de macronutrientes e micronutrientes na cultura do milho comparado com o mineral fosfatado. No entanto, Gondek e Filipek-Mazur (2005) constataram maior teor de fósforo no milho e girassol quando utilizou adubo organomineral comparado com o mineral.

O fósforo é o nutriente menos exigido em quantidade pela cultura do milho comparado ao nitrogênio e potássio (CASTRO et al., 2016). Por isso, o fósforo é indispensável na produção de grãos com aproximadamente 85% de seu total absorvido pelas plantas de milho são exportados para os grãos (RESENDE et al., 2006).

O acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas de milho e nos grãos não diferiu com o aumento das doses de organomineral fosfatado. Também não diferiram da aplicação do fósforo mineral, tanto na textura argilosa como na arenosa (Tabela 6). Os grãos, na textura argilosa, obtiveram maior acúmulo de fósforo em relação à arenosa, Esses resultados podem indicar que o acúmulo de fósforo ocorreu com a maior fertilidade do solo argiloso (Tabela 1).

Por meio da aplicação de doses de fósforo mineral e organomineral no milho, Ferreira (2014) observou um maior acúmulo de fósforo na planta com fertilizante mineral, enquanto o organomineral foi o que apresentou o menor teor acumulado na planta. Assim, concluiu que o maior acúmulo de fósforo está relacionado à maior disponibilidade do nutriente no solo, pois a solubilidade dos fertilizantes minerais é alta e o nutriente está prontamente disponível para as plantas, o que levou a um maior aumento do sistema radicular, induzindo uma maior eficiência das raízes na absorção do fósforo do solo.

Ainda que as vantagens dos fertilizantes organominerais sobre os passivos ambientais sejam relevantes, existem poucas publicações com avaliações por pares que discutem a interação dos fertilizantes orgânicos e inorgânicos e seus efeitos sobre a produção dos cultivos agrícolas (SAKURADA et al., 2016).

TABELA 6. Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em plantas no pré florescimento e grãos de milho em resposta a aplicação de fertilizante organomineral em solo argiloso e arenoso no município de Uberlândia-MG. Safra 2017/2018

Organominera I (%)	Argiloso*					
	Planta			Grãos		
	N	P	k	N	P	K
	----- kg ha ⁻¹ -----					
40	161.7	4.2	256.7	174.9	47.9	58.1
60	167.3	6.2	283.4	190.4	48.9	59.3
80	173.5	7.5	299.0	193.6	52.7	69.5
100	170.5	5.8	286.8	194.7	51.7	68.9
120	159.2	7.4	283.1	203.2	49.6	65.1
Ad100 (**)	172.6	5.8	278.6	208.4	49.6	68.7
C.V %	9.85	35.97	10.43	4.9	15.9	10.8
SW	0.499	0.097	0.513	0.262	0.653	0.786
LV	0.521	0.277	0.376	0.286	0.306	0.480
F [^]	0.780	0.321	0.544	0.631	0.313	0.734
	Arenoso*					
40	101.8	7.9	162.8	134.2	17.8	42.7
60	108.9	7.8	161.6	137.9	16.5	38.4
80	96.0	6.2	137.6	135.2	18.6	42.1
100	98.1	7.6	154.1	134.4	16.5	38.1
120	100.3	7.5	158.7	141.4	19.0	43.1
Ad100 (**)	96.4	6.6	151.4	126.5	15.7	37.6
C.V %	9.33	22.89	11.61	14.6	27.2	19.0
SW	0.740	0.725	0.821	0.742	0.193	0.138
LV	0.804	0.899	0.197	0.559	0.873	0.323
F [^]	0.317	0.931	0.878	0.259	0.245	0.259

*Médias na coluna diferem da testemunha 100% mineral SPT pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. SW, F, F[^]: pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos. **Adicional 100% da recomendação de P₂O₅ fonte mineral (SPT). CV = coeficiente de variação.

Com a aplicação de fertilizante organomineral fosfatado na cultura do milho, as variáveis spad, altura de planta e diâmetro do colmo, não foram influenciadas entre as doses de organomineral fosfatado quando aplicado no solo argiloso e arenoso, também não houve diferença com o adicional super triplo (Tabela 7). Provavelmente o que ocorreu, foi o teor de fósforo em ambos os solos somados a adubação de semeadura, ter sido suficiente para a cultivo do milho, fazendo com que as plantas de milho tivessem um consumo de luxo deste nutriente. Em relação às médias das variáveis no solo argiloso serem maior que no arenoso, esse fato está atrelado a maior fertilidade da área argilosa, onde os teores de nutrientes da análise de solo foram superiores à área arenosa (Tabela 1).

Estudando duas fontes de MAP na cultura do milho primeira e segunda safra Gazola et al. (2013) não obtiveram diferença para as variáveis spad, diâmetro do colmo e altura de planta com médias de 58,96, 21,07 e 2,64 respectivamente na primeira safra. Valores estes que são semelhantes às médias encontradas para spad, diâmetro do colmo

e altura de planta tanto para as doses de organomineral e a testemunha mineral nos dois tipos de solo (Tabela 7).

TABELA 7. Médias das variáveis SPAD, altura de planta (A.P) e diâmetro do colmo (D.C) no florescimento cultivado com fertilizante organomineral contendo fósforo e testemunha mineral super fosfato triplo (SPT) na adubação de semeadura em solo argiloso e arenoso no município de Uberlândia-MG. Safra 2017/2018

Argiloso *			
Organomineral (%)	SPAD	A.P. (m)	D.C. (mm)
40	57.2	2.63	22.9
60	56.6	2.62	22.4
80	57.8	2.64	23.6
100	56.0	2.64	22.9
120	57.0	2.65	22.3
Ad 100% (**)	55.9	2.58	23.6
CV %	2.76	2.85	5.61
SW	0.536	0.148	0.197
LV	0.683	0.345	0.085
F'	0.426	0.284	0.215
Arenoso*			
40	55.1	2.38	20.6
60	54.3	2.41	21.1
80	56.0	2.42	20.8
100	55.4	2.30	20.3
120	55.2	2.40	21.3
Ad 100% (**)	55.3	2.28	21.0
CV %	2.64	5.22	3.69
SW	0.011	0.574	0.898
LV	0.854	0.678	0.372
F'	0.066	0.676	0.594

*Médias na coluna diferem da testemunha 100% mineral SPT pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. SW, F, F': pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos. **Adicional 100% da recomendação de P₂O₅ fonte mineral (SPT). CV = coeficiente de variação.

Dessa maneira em termos práticos é necessário que o solo esteja suprido com fósforo para sustentar perfeitamente as necessidades da planta durante todo o ciclo. Nesse caso pode ter ocorrido um consumo de luxo de fósforo pelas plantas de milho, assim as elevações das doses não surtiram efeito nestas variáveis.

Novais et al. (2007) ressaltam que o solo poderá ser fonte de fósforo mesmo quando apresentar atributos nutricionais reservas favoráveis às plantas, mesmo sendo insatisfatórios o teor no solo. Assim, os fertilizantes utilizados nas adubações irão somar a estas reservas existentes no solo, evidenciando que as doses de fertilizante organomineral e a testemunha super triplo somada ao teor do solo supriu a demanda das plantas de milho fazendo com que não tivesse diferença entre os tratamentos para as variáveis spad, altura de planta e diâmetro do colmo.

Melhorar a eficiência na utilização do fósforo na agricultura brasileira é um fator a ser estudado com pesquisas de longa duração para melhor compreender o uso de altas taxas deste nutriente como também ter entendimento sobre as melhores práticas de manejo do solo, das culturas e dos fertilizantes, assim verifica-se que a dinâmica da disponibilidade do fósforo ao longo do tempo (ROWE et al., 2015).

O diâmetro e fileira por espiga na textura argilosa não houve diferença entre as doses de organomineral em relação à fonte mineral. Comprimento da espiga e número de grãos por fileira na dose de 40% foi inferior à testemunha mineral obtendo média 15.5 cm e 30.3 grãos por fileira. Enquanto a fonte mineral teve valores de 16.81 cm no comprimento da espiga e 33.2 grãos por fileira no solo argiloso (Tabela 8).

TABELA 8. Médias do diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), grãos por fileira (GF) e fileira por espiga (FE) submetido a doses de fertilizante organomineral contendo fósforo e testemunha com fertilizante mineral super fosfato triplo (SPT) em solo argiloso e arenoso no município de Uberlândia-MG. Safra 2017/2018.

Organomineral (%)	Argiloso*			
	DE (mm)	CE (cm)	GF	FE
40	51.3	15.5*	30.3*	16.6
60	51.9	15.8	31.3	17.1
80	52.2	16.0	32.3	16.8
100	52.4	15.9	31.6	16.7
120	52.1	16.1	32.6	16.6
Ad100 (**)	53.2	16.8	33.2	17.5
C.V %	1.74	4.07	5.13	3.30
KW	0.301	0.208	0.604	0.890
LV	0.226	0.035	0.092	0.757
F'	0.852	0.671	0.583	0.765
	Arenoso*			
40	47.1	15.0	28.7	17.0
60	47.5	15.3	29.6	17.1
80	48.1	15.4	30.8	16.8
100	47.3	15.0	29.5	16.8
120	48.6	15.3	30.2	17.0
Ad 100% (**)	49.6	15.8	30.5	16.9
CV %	3.44	4.90	5.09	3.92
SW	0.238	0.447	0.253	0.268
LV	0.215	0.045	0.065	0.288
F'	0.090	0.478	0.859	0.899

*Médias na coluna diferem da testemunha 100% mineral SPT pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. SW, F, F': pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos. **Adicional 100% da recomendação de P₂O₅ fonte mineral (SPT). CV = coeficiente de variação.

Em solo arenoso não houve diferença para diâmetro, comprimento da espiga, grãos por fileira e fileira por espiga em resposta a aplicação das doses de organomineral fosfatado comparado com fósforo mineral (Tabela 8). O organomineral exibiu eficiência

compatível com o super triplo, comprovando que em sistemas onde é introduzida matéria orgânica favorece a disponibilidade de fósforo ao sistema radicular das plantas.

Assim Nardi et al. (2002) ressaltam que a matéria orgânica quando aplicada no solo estimula o maior crescimento das raízes, Isso pode explicar a ausência de diferença entre as menores doses do organomineral fosfatado comparado com o mineral. Tiritan et al. (2010) relataram que o organomineral expressou-se como opção orgânica viável para substituição da adubação mineral.

Não houve diferença estatística significativa para área foliar, inserção da espiga, massa fresca, massa seca, peso de mil grãos e produtividade (Tabela 9). Na textura argilosa observou na inserção da espiga incremento na altura com as doses de 100 e 120% de organomineral onde obteve 1.48 e 1.47 m respectivamente enquanto a dose de 100% mineral atingiu 1.37 m. Castoldi et al. (2011) estudando três fertilizantes na cultura do milho encontraram valores de 1.002, 0.98 e 1.008 m para o fertilizante mineral, orgânico e organomineral respectivamente.

TABELA 9. Médias de área foliar (AF), inserção da espiga (IE), massa fresca (MF), massa seca (MS), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (Prod) de milho sob fertilizante organomineral e mineral em solo argiloso e arenoso na Safra 2017/2018 no município de Uberlândia-MG.

Organomineral (%)	Argiloso*					
	AF (cm ²)	IE (m)	MF (kg h ⁻¹)	M. S. (kg h ⁻¹)	PMG (g)	Prod. (Kg ha ⁻¹)
40	8445.2	1.43	61900.4	7660.0	334.6	12364.8*
60	8441.6	1.43	64906.0	8261.3	337.5	12949.4
80	8051.3	1.44	63019.0	8434.5	342.5	13061.8
100	8085.7	1.48*	65467.0	8608.6	349.6	13266.4
120	8205.7	1.47*	62713.0	8089.5	345.4	13559.7
Ad100 (**)	8258.0	1.37	62322.0	8111.2	343.6	14058.1
C.V %	4.0	3.4	7.4	9.4	3.9	5.36
SW	0.404	0.197	0.674	0.264	0.502	0.137
LV	0.298	0.504	0.002	0.025	0.703	0.605
F [†]	0.390	0.294	0.835	0.519	0.868	0.900
Arenoso*						
40	7296.5	1.32	45696.0	5786.0	280.1	10197.1
60	7024.8	1.31	46756.8	5882.4	276.7	9993.5
80	6845.2	1.28	45791.2	5337.3	276.8	9928.0
100	7294.3	1.34	46648.0	5717.6	285.9	9979.4
120	7502.7	1.30	49966.4	6294.4	288.7	10491.8
Ad100 (**)	7045.7	1.28	44458.4	5540.8	274.6	10032.5
C.V %	6.81	3.82	6.86	7.56	6.09	11.58
SW	0.211	0.951	0.625	0.360	0.569	0.162
LV	0.685	0.219	0.658	0.961	0.685	0.441
F [†]	0.503	0.444	0.918	0.151	0.285	0.744

*Médias na coluna diferem da testemunha 100% mineral SPT pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. SW, F, F[†]: pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos. **Adicional 100% da recomendação de P2O5 fonte mineral (SPT). CV = coeficiente de variação.

Resultados estes que foram inferiores aos encontrados neste trabalho tanto para o organomineral como para mineral. No entanto, Possamai et al. (2001) relatam vantagens sobre a altura da inserção da espiga, pois ocorrem menores perdas e melhora a pureza dos grãos na colheita mecanizada.

Para a produtividade, a dose de 40% organomineral foi inferior à testemunha mineral na textura argilosa (Tabela 9). O fósforo mineral com a recomendação de 100% foi mais eficiente na produtividade. Vale ressaltar que a dose de 40% do organomineral é 60% inferior a recomendação de P_2O_5 para a cultura do milho. Isso demonstra que apenas 40% do organomineral não produz a mesma quantidade de grãos de milho por hectare que a fonte mineral nas condições que foram submetidas esta pesquisa.

Porém, Lana et al. (2014) estudando duas fontes de fósforo organomineral e mineral encontraram médias de produtividade 11.610 e 11.850 $kg\ ha^{-1}$ respectivamente. A dose de 40% do organomineral fosfatado na textura argilosa produziu 12.364 $kg\ ha^{-1}$ valor este que está acima dos encontrados por Lana et al. (2014). Entretanto, 12.364 $kg\ ha^{-1}$ de grãos é superior à média nacional que é 5.533 $kg\ ha^{-1}$ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020). Os fertilizantes organominerais fosfatados geralmente demonstram ser mais eficientes que o fertilizante fosfatado mineral, uma vez que a presença de compostos pode minimizar a ligação do fósforo aos colóides do solo (GATIBONI et al., 2008; SANTOS et al., 2008).

Nos resultados deste trabalho não encontraram diferenças entre as doses do fertilizante organomineral fosfato e fonte mineral na maioria das variáveis analisadas. Portanto, o uso de organomineral fosfatado torna-se promissor na fertilização da cultura do milho.

Os teores de macronutrientes no solo encontram-se na Tabela 10. O fósforo, potássio, enxofre, cálcio, magnésio, matéria orgânica e carbono não diferiram entre os tratamentos, isso ocorreu em razão das doses de organomineral fosfatado em ambas as texturas de solo. Observa-se ainda que não houve diferença entre a fonte organomineral e a mineral para nenhum macronutriente, matéria orgânica e carbono no solo (Tabela 10).

Segundo Tiritan et al. (2010), quando utiliza-se fósforo mineral junto com uma fonte orgânica, ocorre uma redução na adsorção do fósforo pelos compostos minerais do solo, aumentando a disponibilidade do nutriente para as plantas, pois os carreadores orgânicos dispõem a capacidade de favorecer a solubilidade dos compostos de fósforo no solo proporcionados após a aplicação do adubo e conseqüentemente liberando

gradativamente o fósforo, quando comparado com aplicação sem a associação de matéria orgânica.

As diferentes porcentagens de organomineral e a fonte fosfatada mineral na adubação de semeadura do milho em solo argiloso e arenoso, promoveu incrementos do teor de fósforo no solo, na textura arenosa (Tabela 10). Nota-se que na textura argilosa os teores de fósforo no solo tiveram redução em relação ao teor inicial (Tabela 1). Uma das razões que explica esta redução é a quantidade de grãos produzida por hectare que foi elevada acima de 12000 kg ha⁻¹. Contudo, a produção de grãos de milho independente da dose de organomineral e o fertilizante mineral obtiveram produtividade acima de 9900 kg ha⁻¹ em textura arenosa e 12000 kg ha⁻¹ na argilosa (Tabela 9).

TABELA 10. Teor de macronutriente, matéria orgânica e carbono no solo fertilizado com organomineral fosfatado a fertilizante mineral no município de Uberlândia-MG. Safra 2017/2018

Organomineral (%)	Argiloso*						
	mg dm ³			cmolc dm ³		dag kg ⁻¹	
	P	k	S	Ca	Mg	M.O	C.O
40	21.3	340.00	8.45	1.64	0.40	1.76	1.02
60	17.8	329.60	6.20	1.56	0.40	1.70	0.98
80	30.5	332.40	6.60	1.64	0.40	1.66	0.96
100	25.3	375.60	6.20	1.66	0.44	1.72	1.00
120	25.8	331.60	6.60	1.68	0.44	1.60	0.93
Ad100(**)	30.02	414.00	5.80	2.02	0.48	1.76	1.02
CV %	33.3	22.00	33.01	16.74	18.41	6.45	6.45
SW	0.154	0.169	0.504	0.947	0.772	0.646	0.613
LV	0.386	0.003	0.030	0.714	0.168	0.688	0.591
F'	0.566	0.199	0.546	0.030	0.060	0.141	0.212
Arenoso*							
40	4.37	123.40	19.20	1.36	0.38	1.18	0.68
60	7.84	104.40	15.20	1.40	0.46	1.22	0.71
80	9.70	121.40	15.20	1.20	0.34	1.14	0.66
100	9.88	130.40	14.20	1.26	0.38	1.10	0.64
120	8.61	115.80	14.00	1.50	0.52	1.14	0.66
Ad100(**)	10.34	113.00	14.80	1.48	0.42	1.12	0.65
CV %	34.5	19.64	40.65	16.83	29.59	8.77	8.77
SW	0.200	0.960	0.420	0.241	0.357	0.421	0.316
LV	0.038	0.759	0.007	0.053	0.073	0.429	0.385
F'	0.868	0.635	0.451	0.079	0.028	0.621	0.630

*Médias na coluna diferem da testemunha 100% mineral SPT pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. SW, F, F': pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos. **Adicional 100% da recomendação de P₂O₅ fonte mineral (SPT). CV = coeficiente de variação.

A textura arenosa possui um baixo poder tamponante de nutrientes devido a baixa fertilidade da área. Fato esse que Clarholm e Skyllberg (2013); Jiang et al. (2016) relatam em seus trabalhos. Nesse sentido, ao aplicar determinado volume de fertilizantes no solo, rapidamente ocorrerão intensa disponibilização e absorção dos nutrientes pelas plantas. No entanto, a partir de uma carência nutricional no solo, as plantas serão afetadas no seu desenvolvimento, limitando seu crescimento (GHIBERTO et al., 2015).

A área de textura argilosa tem maior poder tamponante de nutriente. Dessa forma Goldemberg et al. (2008), ressaltam que maior fertilidade do solo é eficiente para assegurar adequadamente o desenvolvimento das plantas sem a necessidade de adição de fertilizantes. Na premissa de sempre garantir alto poder tamponante do solo, enfatiza a exigência sempre em repor o conteúdo nutricional do solo com o uso de fertilizante, sobretudo com adubações orgânicas e organominerais (KIRKELS et al., 2014).

Com a utilização do fertilizante organomineral, observa-se que os níveis utilizados na adubação entre 40 e 120% da recomendação de fósforo para o milho, as diferenças entre as duas texturas de solo para as variáveis avaliadas não foram detectadas. Ao que, aparenta, isso demonstra que houve o suprimento adequado de nutrientes às plantas, o mesmo foi observado com a adubação fosfatada mineral.

Os atributos de solubilidade entre as fontes de fósforo possuem grande relevância quanto sua eficiência. Os fertilizantes fosfatados com maior solubilidade possuem a premissa de serem mais prontamente disponíveis e assim favorecer a absorção e o aproveitamento do nutriente, essencialmente pelas plantas de ciclo curto. Ainda assim, a acelerada liberação do fósforo expõe-se ao favorecimento do processo de adsorção e precipitação das formas solúveis pelos componentes do solo, formando compostos fosfatados de baixa solubilidade e deixando o nutriente indisponível para as plantas, estando mais presente este fenômeno em solo onde o teor de argila seja maior. Desse modo, fertilizantes que possuem baixa reatividade, ao disponibilizarem mais lentamente o fósforo diminuem os processos de fixação e poderiam favorecer a melhor eficácia no aproveitamento do nutriente pelas plantas cultivadas (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Dentro desse contexto o fertilizante organomineral teve comportamento semelhante aos fertilizantes de baixa reatividade, disponibilizando o fósforo de forma gradual durante o ciclo do milho, não havendo nenhum tipo de limitação de fósforo para as plantas de milho. Segundo Silva e Lana (2018) as principais vantagens dos organominerais estão na menor taxa de lixiviação, liberação gradual dos nutrientes, menor fixação de fósforo com maior eficiência.

O uso de organomineral fosfatado mesmo nas menores doses foram suficientes para a cultura do milho alcançar altos índices de produtividade. No entanto, isso caracteriza que organomineral fosfatado teve eficiência em fornecer fósforo para as plantas. Assim, é aceitável inferir que a plasticidade do híbrido de milho em relação a fósforo, conectada à eficiência genotípica a fósforo, também coopera para o nivelamento das respostas obtidas com as doses de fósforo. Segundo Faria (2014) as técnicas do melhoramento genético de plantas estão dispondo de híbridos cada vez mais produtivos, assim, novos estudos sobre a eficiência do uso de fósforo por estes híbridos modernos devem ser realizados. Por isso, o fósforo é uns dos macronutrientes mais exigidos pela cultura do milho, pois é um componente fundamental de macromoléculas, como ácidos nucléicos e fosfolipídios, e da adenosina trifosfato (ATP) sendo elemento essencial de diversas vias metabólicas e reações bioquímicas (RESENDE et al., 2006; TIRITAN, et al., 2010). Dessa maneira verifica-se que a adubação organomineral demonstrou ser eficiente nas duas texturas de solo, independentemente do nível de fertilidade do solo de cada área.

A utilização de fertilizantes organominerais são significativos para o crescimento e desenvolvimento das culturas devido à grande quantidade de matéria orgânica e minerais presentes nesses adubos, com isso, são reduzidas as perdas dos nutrientes como nitrogênio, potássio, fósforo em relação quando se aplica os adubos químicos (SANTOS et al., 2013).

A partir do conhecimento do acúmulo, extração, teores de macro e micronutrientes no tecido vegetal e no solo. Ainda, as variáveis filotécnicas e a produtividade com o uso do fertilizante organomineral, torna-se possível implementar essa nova tecnologia no manejo da fertilidade do solo para alcançar ao sistema o máximo potencial produtivo da cultura. No final, também garantir e favorecer a sustentabilidade da cadeia produtiva das culturas.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de fertilizante organomineral na cultura do milho em duas texturas de solo não influenciou a maioria das variáveis analisadas com as seguintes exceções, do teor de fósforo foliar na textura arenosa que na dose de 40 e 60% foi superior a fonte mineral. Na textura argilosa o número de grãos por fileira onde a dose de 40 % foi inferior a fonte mineral.

A produtividade em solo agiloso é a mesma para a fonte mineral e nos percentuais de recomendação acima de 60% com a fonte organomineral. A produtividade em solo arenoso é a mesma para a fonte do fertilizante mineral e organomineral.

O teor de macronutrientes e micronutrientes, matéria orgânica e carbono no solo em ambas as texturas de solo não são influenciados pelos percentuais de recomendação do fertilizante organomineral e mineral.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES; A Syngenta site de Uberlândia-MG; Juliagro; VigorFert; e o Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. M. C.; CASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, C. A.; PITTA, G.V.; FRANÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 381-383.
- BENITES, V. M.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. *In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS*, 29., 2010, Guarapari. **Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: anais**. Viçosa: SBCS, 2010.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. *In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (ed.)* **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 63-145.
- CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 1, p. 139-146, 2011. DOI: 10.4025/actasciagron. v33 i1.766.
- CASTRO, L. R.; REIS, T. C.; FERNANDES JÚNIOR, O.; ALMEIDA, R. B. S.; ALVES, D. S. Doses e formas de aplicação de fósforo na cultura do milho. *Revista Agrarian*, Dourados, v. 9, n. 31, p. 4-54, 2016.
- CORREA, J. C.; GROHSCOPF, M. A.; NICOLOSO, R. S.; LOURENÇO, K. S.; MARTINI, R. Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 51, n. 8, p. 916-924, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X201600090000x.
- CLARHOLM, M.; SKYLLBERG, U. Translocation of metals by trees and fungi regulates pH, soil organic matter turnover and nitrogen availability in acidic soils. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 63, p. 142-153, 2013. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.03.019
- CRUZ, A. C.; PREIRA, F. S.; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos no agronegócio: Avaliação do potencial econômico brasileiro. Chemical industry. Banco nacional de desenvolvimento(BNDES). *Setorial*, v. 45, p.137-187. 2017.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212 p.
- FARIA, M. V. **Proteção e nutrição foliar na produção de massa seca, acúmulo, extração, exportação de macro e micronutrientes em híbridos de milho**. 2014. 96 f.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

FERREIRA, N. R. **Eficiência agronômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos em relação à disponibilidade de fósforo**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1753-1761, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000400040.

GONDEK, K.; FILIPEK-MAZUR, B. The effects of mineral treatment and the amendments by organic and organomineral fertilisers on the crop yield, plant nutrient status and soil properties. **Plant, Soil and Environment**, v. 51, p. 34–45, 2005.

GHIBERTO, P. J.; LIBARDI, P. L.; TRIVELIN, P. C. O. Nutrient leaching in an Ultisol cultivated with sugarcane. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 148, p. 141 - 149, 2015. DOI:10.1016/j.agwat.2014.09.027.

GONDIM, A. R. O.; PRADO, R. M.; FONSECA, I. M.; ALVES, A. U. Crescimento inicial do milho cultivar BRs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 5, p. 706-714, 2016. DOI: 10.1590/0034-737x201663050016.

GAZOLA, R. N.; BUZZETTI, S.; DINALLI, R. P.; TEIXEIRA FILHO M. C. M.; CELESTRINO, T. S. Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 876-884, 2013. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000600016.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1753-1761, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000400040.

GROHNSKOPF, M. A.; CASSOL, P. C.; CORRÊA, J. C.; GUIDONI, A. L.; COSTA, A. C. Absorção de macronutrientes em razão de fertilizantes fosfatados fluidos na forma mineral e organomineral. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: SBCS, 2011.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, Guildford, v. 36, p. 2086 - 2097, 2008. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.02.028.

JIANG, J.; WANG, Y. P.; YU, M.; LI, K.; SHAO, Y.; YAN, J. JIANG et al. Responses of soil buffering capacity to acid treatment in three typical. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 563–564, p. 1068–1077, 2016. DOI: 10.1016 / j.scitotenv.2016.04.198.

LANA, M. C.; RAMPIM, L.; VARGAS, G. Adubação fosfatada no milho com fertilizante organomineral em latossolo vermelho eutroférico. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 7, n. 1, p. 26 – 36, 2014.

LIANG, Q.; CHEN, H.; GONG, Y.; YANG, H.; FAN, M.; Y, KUZYAKOV. Effects of 15 years of manure and mineral fertilizers on enzyme activities in particle-size fractions in a North China Plain Soil. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 60, p. 112-119, 2014. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2013.11.009.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M.; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.

MARÔCO, J. **Análise estatística com o SPSS statistics**. 5. ed. Pêro Pinheiro: ReportNumber, 2011, 992 p.

MARTINS, D. C. **Adubação fosfatada organomineral no cultivo de grãos em solos de fertilidade construída**. 2018. 45 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

MORAIS, F. A.; GATIBONI, L. C. Phosphorus availability and microbial immobilization in a Nitisol with the application of mineral and organo-mineral fertilizers. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 87, p. 2289-2299, 2015. DOI: 10.1590/0001-3765201520140008.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

KULIKOWSKA, D.; GUSIATIN, Z. M. Sewage sludge composting in a two-stage system: Carbon and nitrogen transformations and potential ecological risk assessment. **Waste Management**, New York, v. 38, p. 312-320, 2015. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.12.019.

KIRKELS, F. M. S. A.; CAMMERAAT, L. H.; KUHN, N. J. The fate of soil organic carbon upon erosion, transport and deposition in agricultural landscapes - A review of different concepts. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 226, p. 94-105, 2014. DOI:10.1016 / j.scitotenv.2016.04.198.

OLIVEIRA NETO, A. A. (org.). **A cultura do milho: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2007 a 2017**. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, 2018. (Compêndio de Estudos Conab, v. 14). Disponível em: <http://www.conab.gov.br> – Acesso em: 15 abr. 2019.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da Região do cerrado, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 453- 466, 2006.

ROWE, H.; WITHERS, P. J. A.; BAAS, P.; CHAN, N. L.; DOODY, D.; HOLIMAN, J.; JACOBS, B.; LI, H.; GK, MACDONALD.; MCDOWELL, R.; SHARPLEY, A.; SHEN, J.; TAHERI, W.; WALLENSTEIN, M.; WEINTRAUB, M. N. Integrating

legacy soil phosphorus into sustainable nutrient management practices on farms. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 104, p. 393–412, 2015. DOI: 10.1007/s10705-015-9726-1.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 576-586, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000200049.

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

SANTOS, J. F.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUSA JÚNIOR, J. R. Produção de girassol submetido à adubação organomineral, **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 9, n. 3, p. 38-44, 2013.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C.G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de planta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, p. 263-271, 2007.

SAKURADA, R.; BATISTA, M.A.; INOUE, T.T.; MUNIZ, A.S.; PAGLIARI, P.H. Organomineral phosphate fertilizers: agronomic efficiency and residual effect on initial corn development. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 5, p. 2050–2059, 2016. DOI: 10.2134/agronj2015.0543.

SCHMIDT-FILHO, E.; GONÇALVES, J. C.; SILVA, M. T.; MATOS, N. C. S.; AZEVEDO, R. E. C. Redução dos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro com a utilização da torta de filtro na adubação do solo. **Revista Uningá**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 05 – 09, 2016.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

TEIXEIRA, W. G.; SOUZA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Response of sugarcane to doses of phosphorus provided by organomineral fertilizer. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, 2014.

TEIXEIRA, W. G. **Biodisponibilidade de fósforo e potássio de fertilizantes mineral e organomineral**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; HENRIQUE, H. M.; KORNDORFER, G. H. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de nutrientes em plantas de milho submetidas à adubação mineral e organomineral. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Market and trade data: custom query**. 2020. Disponível em: <apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 15 abr. 2020.

CAPÍTULO 3

Fertilizante organomineral e mineral nitrogenado em cobertura e duas texturas de solo na cultura do milho

RESUMO

SILVA, R. C. D. Capítulo 3 - Fertilizante organomineral e mineral nitrogenado em cobertura e duas texturas de solo na cultura do milho. *In*: SILVA, R.C.D. **Fertilização Organomineral no milho em condições de Cerrado**. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia- MG, p. 53-77, 2020.¹

O uso de fertilizante organomineral pode melhorar a eficiência do aproveitamento dos nutrientes, principalmente de nitrogênio e, portanto, reduzir os custos com as aplicações. A aplicação de organomineral além de fornecer nutrientes melhora a fertilidade do solo. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do fertilizante organomineral nitrogenado e mineral, em diferentes texturas de solo, na cultura do milho. Foram conduzidos dois experimentos no município de Uberlândia-MG: um localizado nas proximidades da rodovia BR 452, km 141, na coordenada 18°55'28''S 48°09'36'' W, solo argiloso. O outro, no km 640 da BR 365, na coordenada 18° 54'05''S 48°25'20'' W, solo arenoso. O delineamento experimental foi em esquema fatorial 2 x 5 + 2 em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo duas épocas de aplicação, cinco doses do fertilizante organomineral nitrogenado peletizado (40, 60, 80, 100 e 120% da dose recomendada de nitrogênio para o milho) e dois adicionais com 100% da recomendação de nitrogênio mineral. Em relação à época de aplicação, o parcelamento da aplicação no estádio V2 (50%) + V4 (50%) apresentou os melhores incrementos para diâmetro do colmo e da espiga, comprimento da espiga e número de grãos por fileira. Assim, demonstrou-se que exceto para o teor foliar de nitrogênio, potássio e massa seca na textura arenosa e o diâmetro de espiga na textura argilosa, não houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre as doses de organomineral nitrogenado, como também estes não diferiram do adicional mineral. Desse modo, concluiu-se que o fertilizante organomineral nitrogenado é tão eficiente na cultura do milho quanto à fonte de nitrogênio mineral.

Palavras-chaves: Adubação, orgânico, *Zea mays*, nitrogênio, arenoso, argiloso

¹Orientadora: Regina Maria Quintão Lana - UFU

¹Co-orientador: José Geraldo Mageste da Silva - UFU

ABSTRACT

SILVA, R. C. D. Chapter 3 - Organomineral fertilizer and nitrogen mineral in cover and two soil textures in the corn crop. *In*: SILVA, R. C. D. **Organomineral fertilization in corn under Cerrado conditions**. Thesis (Doctoral in Agronomy) Federal University of Uberlândia- MG, p. 53-77, 2020.¹

The use of organomineral fertilizer can improve the efficiency of the use of nutrients, mainly nitrogen and therefore reduce the costs with applications. The application of organomineral in addition to providing nutrients improves soil fertility. This study aimed to evaluate the effects of nitrogenous and mineral organomineral fertilizer, in different soil textures, on corn culture. Two experiments were conducted in the city of Uberlândia-MG: one located near the BR 452 highway, km 141, at coordinate 18°55'28''S 48°09'36''W, clay soil. The other, at km 640 of BR 365, at coordinate 18°54'05''S 48°25'20''W, sandy soil. The experimental design was in 2 x 5 + 2 factorial scheme in randomized blocks, with four replications, being two application times, five doses of pelleted nitrogen organomineral fertilizer (40, 60, 80, 100 and 120% of the recommended dose of nitrogen for corn) and two additional with 100% of the mineral nitrogen recommendation. Regarding the time of application, the installment of the application in stage V2 (50%) + V4 (50%) presented the best increments for thatch and cob diameter, ear length and number of grains per row. Thus, it was demonstrated that except for the nitrogen, potassium and dry matter leaf content in the sandy texture and the cob diameter in the clay texture, there was no statistical difference ($P < 0.05$) between the doses of nitrogenous organomineral, as well as these did not differ from the mineral supplement. Thus, it was concluded that the nitrogenous organomineral fertilizer is as efficient in the corn culture as the source of mineral nitrogen..

Keywords: Fertilization, organic, *Zea mays*, nitrogen, sandy, clayey

¹Advisor: Regina Maria Quintão Lana - UFU

¹Co-advisor: José Geraldo Mageste da Silva - UFU

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de milho estimada para a safra 2018/2019 foi superior a 100 milhões de toneladas. O Brasil é reconhecido como terceiro maior produtor e segundo maior exportador de grãos de milho do mundo. O milho é o segundo cereal mais produzido no país e sua utilização vai desde o consumo humano, animal, utilização na indústria de bioenergia e *commodity* de exportação (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2019). Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), no período acumulado do ano de 2018, o Brasil utilizou 35 milhões de toneladas de fertilizantes NPK, sendo 80% proveniente de importação. Ao longo da última década os três macronutrientes proporcionaram significativo aumento no consumo de fertilizantes. No período de 2010 a 2018, o volume de nitrogênio usado pelos agricultores foi elevado em 86% (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS, 2019).

Dessa forma Cruz et al. (2017) ressaltam que uma provável solução para diminuição da dependência de nutrientes externos, é a utilização de fertilizantes organominerais. A fabricação de fertilizantes organominerais peletizados é feita a partir de técnicas padronizadas em equipamentos desenvolvidos para este fim, fazendo um produto com elevado padrão de uniformidade dos pellets, com grau de dureza de 8 kgf cm⁻², respeitando a legislação vigente sobre organomineral (MOREIRA, 2018; SILVA e LANA, 2018).

Entre os macronutrientes primários encontra-se o nitrogênio que tem papel fundamental na alta produtividade das culturas, sendo um nutriente de destaque na nutrição de plantas. Sabe-se que a eficiência do uso do nitrogênio pelas plantas é baixa, causando perdas deste para o ambiente. Tais perdas geralmente estão relacionadas à volatilização da amônia (NH₃), à lixiviação de nitrato (NO₃⁻) e a emissão de óxido nitroso (N₂O) (VIEIRA, 2017).

Uma possível forma de reduzir essas perdas é a utilização de fertilizantes organominerais, visto que o fornecimento da matéria orgânica ao solo melhora suas condições físicas, químicas e biológicas. Assim, melhora a estrutura, aeração e retenção de água, que, conseqüentemente, mantém ou eleva a fertilidade desse solo. Em relação à questão ambiental e desenvolvimento sustentável, torna-se viável e eficaz a utilização de resíduos e rejeitos orgânicos que também contribuiriam para redução do uso de fertilizantes minerais (MALAQUIAS e SANTOS, 2017). Estratégias eletivas tornam

necessárias para que a agricultura brasileira assegure no futuro uma produção agrícola sustentável (WITHERS et al., 2018).

A utilização desse tipo de fertilizantes é, sem sombra de dúvidas, viável para culturas da soja, do trigo e do milho, tanto em termos agronômicos como econômicos (ULSENHEIMER et al., 2016). Os híbridos de milho tiveram, nas últimas décadas, consideráveis modificações transformações advindas do desenvolvimento tecnológico. Através do melhoramento genético esses se tornaram mais precoces e produtivos. Para este sucesso, houve acréscimo na dose de fertilizante nitrogenado fornecido para a cultura do milho, surgindo à necessidade do parcelamento da fertilização do nitrogênio (SANGOI et al., 2016).

Na composição da fração orgânica dos organominerais são utilizadas várias matérias primas como torta de filtro, cama de aviário, esterco bovino, restos culturais, resíduos de indústrias, lodo de esgoto entre outros. Dentre esses resíduos, a torta de filtro é um composto da mistura do bagaço moído e o lodo de decantação do processo de clareamento do açúcar. Nolla et al. (2015) relatam que esse resíduo possui nutrientes como nitrogênio, cálcio, fósforo e potássio, ocorrendo liberação de fósforo e nitrogênio de forma gradativa através da mineralização e por ação de microrganismos existente no solo (SANTOS et al., 2011). No entanto, o uso deste composto como matéria-prima para fabricação de fertilizante organomineral peletizado torna-se de elevado interesse pela indústria por ser de ótima qualidade para compor a parte orgânica deste fertilizante.

Dessa forma, percebe-se que a utilização de fertilizantes organominerais é extremamente vantajosa sob vários pontos de vista, além de propiciar um melhor desempenho agronômico, reduz também os custos na produção. Nesse sentido, surge a necessidade de avaliar a resposta de fertilizantes organominerais peletizados formulados com torta de filtro na cultura do milho como fonte alternativa de fertilizante.

Portanto, objetivou-se avaliar a eficiência do fertilizante organomineral nitrogenado peletizado comparado ao mineral em diferentes texturas de solo na cultura do milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimentos

Foram conduzidos dois experimentos no município de Uberlândia-MG: na estação experimental da Syngenta, localizada na rodovia BR 452, km 141, nas coordenadas geográfica 18°55'26''S e 48°09'36''W. O solo deste local é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SANTOS et al., 2018), de textura argilosa, com a seguinte composição: areia grossa 23,7%, areia fina 24,1%, silte 19,1% e 33,1 % argila. O outro experimento foi conduzido na estação experimental Juliagro, situada na BR 365, km 640, nas coordenadas geográfica 18°54'05''S e 48°25'20'' W. Neste local, o solo é classificado Latossolo Vermelho Distrófico, textura arenosa (SANTOS et al., 2018), com a seguinte composição: 27,7% de areia grossa, 52,5% de areia fina, 7,6% de silte e 12,2% de argila. Foram coletadas amostras de 0-20 cm de profundidade para análise química antes da instalação dos experimentos. Os resultados são apresentados na Tabela 11 a seguir:

TABELA 11. Caracterização química dos solos das áreas experimentais.

Textura	pH /H ₂ O(1:2,5)	P me ^{h-1}	K ⁺	S-SO ₄	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺²	H+AL	SB	t	T
		-----mg dm ³ -----				-----cmol dm ³ -----						
Arenosa	6,8	3,8	64	7	0,16	1,60	0,7	0,0	1,30	2,46	2,46	3,76
Argilosa	5,8	29,1	148	14	0,38	3,0	1,3	0,0	3,10	4,68	4,68	7,78
		V	M	M.O.	C.O			B	Cu	Fe	Mn	Zn
		-----%-----		-----dag kg ⁻¹ ----		-----mg dm ³ -----						
Arenosa	65	0	1,4	0,8			0,27	0,4	15	2,7	0,8	
Argilosa	60	0	2,2	1,3			0,17	0,8	24	1,9	4,1	

P, K=(HCL 0.05 mol L⁻¹+ H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al= (Solução Tampão SMP a pH 7.5); SB= Soma de Bases; t= CTC efetiva; T= CTC a pH 7.0; V= Saturação por bases; m= Saturação por Alumínio (EMBRAPA,1997), M.O= Método Colorimétrico. B = (BaCl₂.2H₂O 0.0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn= (DTPA 0.005 mol L⁻¹+ TEA 0.1 mol L⁻¹+ CaCl₂ 0.01 mol L⁻¹ a pH 7.3).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições em esquema fatorial 2 x 5 + 2, correspondendo a duas épocas de aplicação em cobertura no estágio de desenvolvimento do milho (V₂) e (V₂ + V₄). Aplicando-se 100% em (V₂) e 50% em (V₂) e 50% em (V₄), cinco doses do fertilizante organomineral contendo nitrogênio (formulação 25-00-00), proporcional a 40, 60, 80, 100 e 120 % da indicação convencional da adubação mineral de cobertura de nitrogênio. Foram incluídos dois tratamentos adicionais com a dose recomendada de 140 kg ha⁻¹, sendo o primeiro adicional 100 % aplicado no (V₂) e o segundo adicional 50% (V₂) e 50% em (V₄), utilizando-se ureia convencional 45% conforme indicado na Tabela 12. A recomendação de adubação foi realizada de acordo com (ALVES et al., 1999) para produtividade acima

de 8000 kg ha⁻¹ de grãos, sendo 140 kg ha⁻¹ de N. Na semeadura foram distribuídos 500 kg ha⁻¹ da fórmula 04-20-05 (NPK) organomineral.

TABELA 12. Doses de nitrogênio organomineral para adubação de cobertura na cultura do milho, nos diferentes tratamentos.

Fertilizante	Tratamentos	Porcentagem (%) [*]	kg ha ⁻¹ N [*]
Estádio V ₂ 100%			
46-00-00	V ₂ M (100%)	100	140
25-00-00	V ₂	40	56
25-00-00	V ₂	60	84
25-00-00	V ₂	80	112
25-00-00	V ₂	100	140
25-00-00	V ₂	120	168
Estádios (V ₂ 50%) + (V ₄ 50%)			
46-00-00	V ₂ + V ₄ M (100%)	100	140
25-00-00	V ₂ + V ₄	40	56
25-00-00	V ₂ + V ₄	60	84
25-00-00	V ₂ + V ₄	80	112
25-00-00	V ₂ + V ₄	100	140
25-00-00	V ₂ + V ₄	120	168

^{*}Porcentagens de nitrogênio em relação a (100%) da dose de 140 kg ha⁻¹ de acordo com (ALVES et al., 1999). Adc = Adicional, M = Mineral, OM = Organomineral.

A parcela experimental foi constituída de seis linhas com espaçamento 0,5 m entre linhas e 5,0 metros de comprimento, totalizando 15 m². A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais descartando um metro de cada extremidade perfazendo 3,0 m².

As variações de pluviosidade foram registradas na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET - Uberlândia – MG, Figura 2, a seguir:

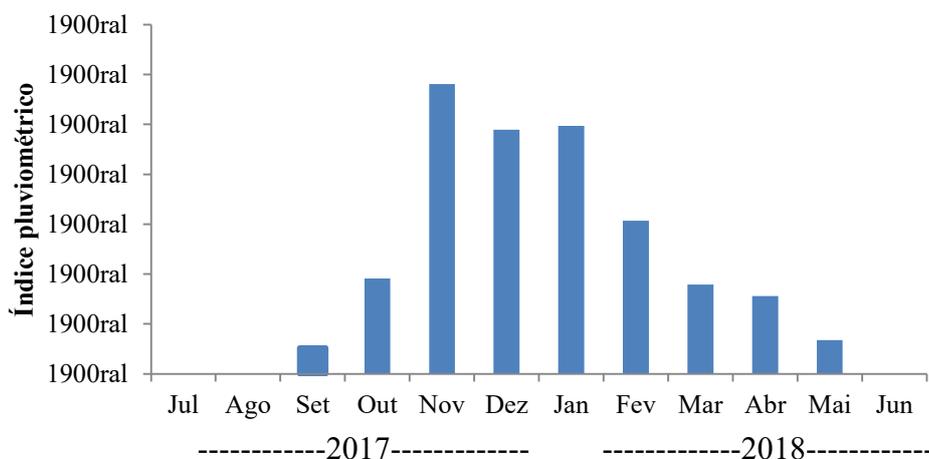


FIGURA 2. Média da precipitação (mm) mensal na área experimental durante o ciclo da cultura do milho, na safra 2017/2018.

Fonte: (O autor, 2019).

A semeadura foi realizada na primeira quinzena de novembro de 2017, utilizando sementes de milho híbrido Syngenta STATUS VIP3, para uma população de 68.000 plantas ha⁻¹. Foi utilizada semeadora adubadora de arrasto tracionada por trator com espaçamento entre linha de 0,5 cm e profundidade de corte do solo 0,1 m de profundidade. Os tratos culturais foram conduzidos de maneira preventiva para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças com a utilização de produtos fitossanitários. Foram utilizados herbicidas, inseticidas e fungicidas registrados e de acordo com a recomendação expressa na bula do fabricante.

A composição do fertilizante organomineral está apresentado na Tabela 13 a seguir:

TABELA 13. Composição química do fertilizante organomineral na base seca a 65°

Fertilizante	N - P - K	Ureia	KCl
	04-20-05	25-00-00	00-00-30
	-----dag kg ⁻¹ -----		
N	4	25	-
P ₂ O ₅	20	-	-
K ₂ O	5	-	30
Ca	3,20	3,80	4,10
Mg	0,72	0,85	0,93
S	1,15	1,37	1,48
B	0,009	0,010	0,011
Cu	0,013	0,015	0,016
Fe	0,501	0,597	0,648
Mn	0,180	0,214	0,233
Zn	0,020	0,023	0,025
M.O	18,91	22.535	24.49
C/N	2/1	2/1	2/1
CTC	200	238	259
pH	5,2	-	-

Os macronutrientes foram expressos em porcentagem e os micronutrientes em mg kg⁻¹. N - [N Total] = Digestão Sulfúrica. B = Incineração; Dt. Azometina. P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn = Digestão Nitro Perclórico; Absorção Atômica.

2.5 Avaliações

As variáveis respostas foram feitas em seis plantas por parcela dentro da área útil, no estágio de florescimento (VT). Foram avaliados: Índice Spad na folha abaixo e oposta à espiga; diâmetro do colmo; altura de planta; área foliar sugerida por Sangoi et al. (2007), altura da inserção das espigas.

Para a análise foliar foram coletadas folhas abaixo e oposta à espiga para a determinação dos teores de macro e micronutrientes e massa fresca e massa seca. O acúmulo de macronutrientes primários na planta inteira e a determinação de macro e micronutrientes foi realizada de acordo com metodologia descrita por Silva (2009).

Posteriormente foram avaliados: comprimento de espiga, número de grãos por fileira e número de fileira por espiga, peso de 1000 grãos e produtividade total, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%.

2.6 Análises estatísticas

Preliminarmente foram realizados testes de pressuposições da ANOVA referente à normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e aditividade de blocos a 1% de probabilidade com o programa computacional SPSS 20.0. (MARÔCO, 2011). Aceitas as pressuposições os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), realizada pelo teste F, a 5% de probabilidade. As doses do organomineral foram comparadas com o mineral pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância com o programa computacional ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes (Tabela 14) mostraram que as doses de fertilizante organomineral nitrogenado aplicado em cobertura no solo de textura arenosa, independente da época de aplicação e não diferiu do adicional mineral. Apenas os adicionais diferiram entre si para o teor foliar de nitrogênio obtendo valores de 22.2 g kg⁻¹ na aplicação de 100% no estágio V₂ e 18.9 g kg⁻¹ quando aplicado 50%V₂ e 50%V₄. No entanto, para o solo de textura argilosa o fertilizante organomineral obteve teores mais elevados de macro e micronutrientes; fato este que pode estar refletindo a maior fertilidade natural da área experimental (Tabela 11). Segundo os teores propostos por Martinez et al. (1999) e Oliveira (2004) para o milho os teores de nitrogênio, enxofre e zinco estão abaixo da faixa de suficiência nas duas texturas de solo, fósforo e cobre estão com níveis abaixo apenas na textura arenosa. Potássio, cálcio, magnésio, ferro e manganês estão dentro da faixa de suficiência nas duas texturas de solo (MARTINEZ et al., 1999; OLIVEIRA, 2004). Durante a condução dos experimentos apesar do teor de alguns nutrientes não estarem em conformidade aqueles apresentados na literatura, não foram detectados sintomas visíveis de deficiência.

As duas fontes de fertilizante nitrogenado organomineral e mineral não destacaram para o acréscimo do teor foliar para macro e micronutrientes, evidenciando que o uso de organomineral peletizado em cobertura exibe desempenho similar à fonte mineral na absorção de macro e micronutriente. Tiritan e Santos (2012) também observaram respostas semelhantes entre a fertilização organomineral e mineral no cultivo do milho.

TABELA 14. Teor de macronutrientes e micronutrientes foliar na cultura do milho no pré-florescimento em resposta a aplicação de fertilizante organomineral nitrogenado, comparado com diferentes épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) na safra 2017/2018. Uberlândia-MG, 2020.

Estádio	%	----- Arenosa -----									
		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
V2		20.7	1.47	22.1	3.25	1.77	0.76	5.55	68.3	44.3	6.98
V2+V4		21.1	1.41	22.1	2.98	1.71	0.83	4.89	70.5	48.0	7.48
V2	40	19.9	1.57	20.6	3.08	1.72	0.85	4.26	57.5	26.9	4.91
	60	20.0	1.33	20.4	3.08	1.63	0.70	3.28	63.1	51.1	5.91
	80	21.0	1.50	22.5	3.43	1.98	0.75	6.52	87.6	43.5	7.33
	100	21.9	1.58	23.4	3.10	1.82	0.77	6.97	69.9	50.8	9.53
	120	20.8	1.35	23.4	3.60	1.68	0.75	6.74	63.5	49.2	7.23
V2+4	40	20.8	1.50	23.1	3.37	1.80	0.83	5.59	51.5	47.0	7.59
	60	21.5	1.30	21.5	2.65	1.72	0.80	3.22	83.4	47.4	7.43
	80	20.5	1.45	20.8	2.85	1.55	0.82	5.03	76.6	37.4	6.45
	100	20.8	1.47	23.4	3.13	1.90	0.85	4.83	69.2	58.3	7.39
	120	21.7	1.35	21.8	2.90	1.58	0.87	5.79	71.8	49.8	8.54
Ad 100(+)		22.2*	1.43	22.6	2.92	1.85	0.76	0.83	78.1	44.7	5.67
Ad50+50(*)		18.9+	1.38	22.5	3.32	1.40	0.65	0.83	94.1	31.5	7.44
CV %		7.7	13.1	11.0	21.7	17.6	17.1	35.4	30.8	34.9	39.1
SW		0.093	0.159	0.095	0.091	0.086	0.683	0.844	0.607	0.652	0.015
LV		0.524	0.067	0.389	0.405	0.003	0.081	0.968	0.259	0.074	0.030
F'		0.306	0.387	0.284	0.142	0.027	0.064	0.372	0.982	0.133	0.002
----- Argilosa -----											
V2		24.3	1.75	24.3	3.15	1.76	0.83	7.39	89.2	56.6	16.32
V2+V4		24.4	1.86	25.2	3.29	1.75	0.87	8.13	64.6	65.3	18.63
V2	40	24.5	1.80	24.3	3.05	1.70	0.83	7.54	70.4	60.1	12.74
	60	24.0	1.85	24.6	3.30	1.78	0.82	7.72	130.2	58.1	16.20
	80	24.2	1.70	25.1	3.22	1.88	0.82	7.88	105.7	49.9	11.54
	100	24.2	1.65	24.4	3.12	1.82	0.80	5.22	70.0	63.4	16.79
	120	24.7	1.77	23.1	3.07	1.63	0.90	8.61	69.7	51.5	19.32
V2+4	40	24.7	1.85	25.0	3.37	1.85	0.87	8.10	84.2	67.8	16.87
	60	23.6	1.80	25.6	3.13	1.68	0.83	7.52	86.2	68.8	18.22
	80	24.9	1.90	25.8	3.35	1.78	0.92	7.59	75.9	60.6	20.87
	100	24.1	1.82	24.5	3.28	1.68	0.90	8.12	65.7	63.6	18.60
	120	24.8	1.95	25.1	3.35	1.75	0.85	9.29	90.8	65.4	18.60
Ad 100(+)		24.3	1.82	24.9	3.07	1.75	0.88	7.64	133.5	77.2	16.54
Ad50+50(*)		25.0	1.80	23.8	3.15	1.70	0.82	8.04	82.1	61.5	18.91
CV %		4.56	8.44	4.83	8.33	9.73	11.08	29.52	47.23	29.48	23.24
SW		0.096	0.027	0.347	0.527	0.989	0.550	0.040	0.014	0.481	0.311
LV		0.043	0.554	0.409	0.309	0.037	0.887	0.183	0.264	0.583	0.029
F'		0.806	0.891	0.886	0.933	0.913	0.847	0.046	0.373	0.035	0.006

* + Médias na coluna diferem dos Adicionais mineral Ureia pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. As medias na coluna dos estádios diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SW, LV, F': pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos.

O acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas independente da época de aplicação. Além disso, não apresenta diferenças com o aumento das doses de organomineral no solo de textura argilosa. Porém, para uma textura arenosa observou-se diferença significativa no acúmulo de nitrogênio com a dose de 40% na aplicação em V2 e de potássio nas doses de 100 e 120% de organomineral que apresentaram teores na planta inferiores aos dos adicionais minerais quando aplicado nos estágios V2 e V4 (Tabela 15). Em relação ao acúmulo dos nutrientes nos grãos não houve diferença significativa nas duas texturas.

TABELA 15. Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em plantas no pré florescimento e grãos de milho em resposta a aplicação de fertilizante organomineral nitrogenado em solos arenoso e argiloso, comparado com diferentes épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) na safra 2017/2018. Uberlândia-MG, 2020.

Estádio	%	----- Arenosa -----					
		Planta kg ha ⁻¹			Grãos kg ha ⁻¹		
		N	P	K	N	P	K
V2		110.7	8.2	146.2	119.5	15.3	34.7
V2+V4		113.7	9.2	140.7	121.8	16.3	36.6
V2	40	95.0+	7.3	137.4	100.4	12.4	33.0
	60	113.6	7.9	140.5	123.9	16.3	34.0
	80	118.5	9.0	135.4	126.3	17.7	40.0
	100	117.7	9.0	152.1	124.4	15.5	34.2
	120	108.6	8.0	165.5	122.3	14.5	32.5
V2+V4	40	106.1	10.0	131.6*	115.9	14.4	33.0
	60	115.5	9.8	149.0	127.2	15.9	39.0
	80	113.1	9.1	147.4	120.1	17.8	40.7
	100	123.7	10.7	163.2	124.8	16.8	34.7
	120	110.2	6.4	112.3*	121.0	16.5	35.5
Ad 100(+)		124.1	9.2	141.1	114.9	14.5	37.9
Ad50+50(*)		110.1	11.4	191.0	124.1	15.2	35.9
CV %		12.4	26.8	19.2	14.8	24.0	19.9
SW		0.442	0.171	0.104	0.724	0.132	0.442
LV		0.218	0.001	0.053	0.270	0.393	0.345
F ¹		0.442	0.960	0.720	0.356	0.544	0.866
----- Argilosa -----							
V2		132.5	11.6	225.9	178.5	58.9	58.8
V2+V4		134.0	11.9	227.3	183.8	59.3	57.6
V2	40	136.2	13.7	247.7	175.5	61.7	60.2
	60	130.6	11.6	219.5	182.5	63.1	62.9
	80	131.6	10.9	217.1	177.3	58.3	59.1
	100	131.2	10.4	225.2	175.3	56.7	57.5
	120	132.6	11.2	219.8	181.8	54.9	54.5
V2+V4	40	128.5	11.6	214.2	186.0	53.5	52.7
	60	135.3	11.1	234.1	181.5	58.3	54.9
	80	129.5	12.6	218.6	178.4	58.9	58.2
	100	138.3	12.2	228.0	192.8	65.5	61.8
	120	138.2	11.9	241.7	180.5	60.5	60.6
Ad 100(+)		123.5	12.2	209.6	195.2	71.2	67.5
Ad50+50(*)		133.9	12.4	231.6	194.3	71.8	65.2
CV %		9.0	13.1	9.1	7.9	17.7	13.2
SW		0.499	0.097	0.530	0.202	0.420	0.720
LV		0.521	0.277	0.376	0.306	0.523	0.492
F ¹		0.381	0.428	0.579	0.274	0.045	0.011

* + Médias na coluna diferem dos Adicionais mineral Ureia pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. As medias na coluna dos estádios diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SW, LV, F¹: pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos.

Magela et al. (2019a), observaram que doses iguais ou inferiores à recomendação de fertilização para o cultivo de milho foram menos eficientes na disponibilidade de potássio. Isso corrobora com os dados que enfatizam que a adubação organomineral nas diferentes doses proporcionaram teores de potássio inferiores à mineral, fato que pode ter ocorrido devido à mineralização parcial.

O nitrogênio é o nutriente responsável pelo crescimento e desenvolvimento de plantas e, conseqüentemente, o aumento na produtividade. O nutriente está presente em proteínas e é componente da molécula da clorofila que se associa diretamente à atividade fotossintética e à taxa de translocação de assimilados (BÜLL, 1993). Com destaque à cultura do milho, a maior parte do nitrogênio usado para sintetizar proteína no grão é absorvida até a floração, assim, a quantidade de nitrogênio armazenado nos tecidos da planta no momento da floração é que define a quantidade de nitrogênio disponível para sintetizar todos os compostos nitrogenados na planta (MENDES et al., 2012). Nesse contexto, Santos e Pereira (1994), constataram que plantas com maior acúmulo de nitrogênio obtêm maior crescimento e desenvolvimento e, conseqüentemente maior síntese de carboidratos. Desse modo, a planta torna-se mais apta para alocar carboidratos para o sistema radicular, tornando-o mais abrangente e capaz de melhor aproveitar o nitrogênio disponível, seja aquele proveniente do solo ou do fertilizante.

Neste sentido, Dias et al. (2020) comparando a utilização de organomineral e fontes minerais de nitrogênio observaram que para qualquer das fontes aplicadas haverá sempre um acréscimo do nitrogênio foliar com o aumento da dose, apontando a equivalência entre as fontes minerais e organominerais. Esses resultados indicam que fertilizantes organominerais apresentam potencialidades e que podem ser utilizados em cobertura no milho com equivalência aos resultados obtidos com os fertilizantes minerais como descrito por Barcelos et al. (2019), que obtiveram bons resultados na produção de sorgo com a utilização de fontes organominerais na fertilização.

Com a aplicação de organomineral nitrogenado na cultura do milho, as variáveis Spad e altura de planta não foram influenciadas pelas doses de organomineral que apresentaram resultados semelhantes quando aplicado no solo argiloso e arenoso nas duas épocas de aplicação. Além disso, não houve diferença entre a aplicação do organomineral e o adicional mineral. No entanto, para a variável diâmetro de colmo, houve diferença apenas entre os estádios de aplicação na textura arenosa (Tabela 16). O bom desenvolvimento do colmo constitui um importante aspecto fisiológico, uma vez que o colmo também funciona como estrutura de armazenamento de carboidratos que serão

posteriormente utilizados na produção dos grãos. A diferença evidenciada entre os estádios de aplicação demonstra a importância do parcelamento da aplicação para a melhoria da absorção e aumento do desenvolvimento vegetativo da planta (CARMO et al., 2012).

TABELA 16. Índice Spad, altura de planta e diâmetro do colmo em plantas de milho no pré-florescimento, cultivado com fertilizante organomineral nitrogenado em solos arenoso e argiloso, comparado com diferentes épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) na safra 2017/2018. Uberlândia-MG, 2020.

Textura		Arenosa			Argilosa		
Estádio	%	Spad	Altura (m)	Colmo (mm)	Spad	Altura (m)	Colmo (mm)
V2		53.9	2.46	20.8 b	55.3	2.54	22.2
V2+V4		54.8	2.49	21.5 a	55.4	2.57	22.6
V2	40	50.7	2.44	55.2	55.2	2.59	22.4
	60	53.5	2.40	55.0	55.0	2.47	22.0
	80	53.4	2.45	55.5	55.5	2.54	22.2
	100	55.3	2.47	54.8	54.8	2.53	22.4
	120	56.9	2.55	55.8	55.8	2.58	22.2
V2+V4	40	51.9	2.51	56.1	56.1	2.58	22.2
	60	55.1	2.48	56.1	56.1	2.58	23.1
	80	54.9	2.45	55.2	55.2	2.53	22.4
	100	55.7	2.50	54.5	54.5	2.59	22.2
	120	56.2	2.50	55.2	55.2	2.58	23.1
Ad 100(+)		55.3	2.42	22.0	55.6	2.59	21.4
Ad50+50(*)		56.5	2.51	22.0	56.8	2.49	23.1
CV %		4.43	4.20	4.85	2.81	3.59	4.10
SW		0.563	0.023	0.060	0.563	0.023	0.060
LV		0.854	0.104	0.276	0.854	0.104	0.276
F'		0.127	0.005	0.287	0.127	0.05	0.287

* + Médias na coluna diferem dos Adicionais mineral Ureia pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. As medias na coluna dos estádios diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SW, LV, F': pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos.

Em relação às outras variáveis relacionadas ao crescimento os resultados corroboram com o obtido por Silva et al. (2020), que ao avaliarem fonte organomineral em contraste com fonte mineral não obtiveram diferenças significativas entre as fontes para as variáveis de crescimento na cultura do milho. Adicionalmente, corroboram com o estudo realizado por Santos et al. (2011), que enfatizam que as fontes organominerais podem elevar a absorção do nitrogênio requerido pelas plantas, alterando significativamente os atributos químicos do solo, a disponibilidade desse nutriente, além de cálcio, fósforo e os teores de carbono orgânico, o que acarreta e demonstra a sua equivalência a fontes minerais de fertilizantes.

Magela et al. (2019b) avaliando os efeitos de fertilização organomineral x mineral constataram que os adubos organomineral com biossólidos e torta de filtro proporcionou

altura da planta e diâmetro do caule, a 35 DAS, mais alto do que os fornecidos por fertilizantes minerais, constatando a eficiência deste grupo de fertilizantes como o obtido no presente estudo. Esses resultados promissores podem ser atribuídos à liberação gradual dos nutrientes, que é uma das principais vantagens do uso do material organomineral (KOMINKO et al., 2017).

Em solo arenoso houve diferença para as variáveis diâmetro, comprimento da espiga, grãos por fileira e fileira por espiga, apenas entre os estádios de aplicação. Ainda não apresenta diferenças entre as doses organomineral nitrogenado, quando comparado com nitrogênio mineral (Tabela 17).

Em relação ao diâmetro da espiga na textura argilosa, houve diferença entre as doses de organomineral em relação à fonte mineral. No estágio de aplicação V2+V4 as doses 60% e 80%, apresentaram-se inferiores em relação a fonte mineral. Em relação à variável, comprimento da espiga a dose de 60% no estágio V2 foi inferior à fonte mineral obtendo média 15.6 cm, enquanto a fonte mineral teve valores de 16.9 cm no comprimento da espiga no solo argiloso (Tabela 17).

Segundo Duete et al. (2009) a cultura do milho apresenta maiores níveis de demanda por nitrogênio a partir do estágio em que as plantas apresentam de quatro a cinco folhas expandidas. Em contraponto, estudos conduzidos por Bender et al. (2013a) mostraram que entre os estádios V10 e V14 do milho ocorre a maior taxa de absorção de nitrogênio, fato que comprova que se deve garantir à cultura a disponibilidade do nutriente por um período mais longo através parcelamento das doses. No entanto, é preciso enfatizar que as perdas de nitrogênio que ocorrem devido à volatilização podem reduzir a eficiência da adubação nitrogenada consideravelmente. Este fato é mais importante quando a fonte de nitrogênio é a ureia. Para essa, a perda pode ser maior que outras fontes nitrogenadas, principalmente em épocas de precipitação irregular (FREIRE et al, 2010). Dessa maneira, a não suficiência desse nutriente, nessa fase de crescimento pode influenciar negativamente a produção final desta cultura (SOUZA e SORATTO, 2006).

TABELA 17. Médias do diâmetro da espiga (D.E), comprimento da espiga (C.E), número de grãos por fileira (G.F.) e número de fileiras por espiga (F.E) de plantas submetidas à

doses de fertilizante organomineral nitrogenado, comparadas à épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) em solo argiloso e arenoso na safra 2017/2018. Uberlândia-MG, 2020.

Textura		Arenosa				Argilosa			
Estádio	%	D.E (mm)	C.E (cm)	G.F	F.E	D.E (mm)	C.E (cm)	G.F	F.E
V2		48.2b	15.0b	29.6b	16.7	53.1	16.0	17.1	31.6
V2+V4		49.7a	15.5a	30.6a	17.1	54.3	16.4	17.1	32.5
V2	40	46.4	13.5	26.8	16.8	53.1	16.0	17.1	31.9
	60	46.6	14.7	28.5	16.4	53.0	15.6 +	17.3	30.5
	80	49.4	16.1	32.3	16.5	53.3	15.9	17.3	31.9
	100	49.0	15.4	30.1	16.8	53.0	16.5	16.8	32.4
	120	49.5	15.4	30.5	17.1	53.2	16.1	17.1	31.3
V2+4	40	49.4	15.5	30.5	16.8	53.8	15.9	17.3	31.8
	60	49.3	16.0	31.5	17.0	52.3 +	16.0	17.4	32.3
	80	49.6	15.7	31.1	17.3	52.5 +	15.9	17.2	31.6
	100	50.5	15.3	30.2	17.1	54.4	17.2	17.3	34.3
	120	49.7	15.0	29.9	17.1	53.7	16.5	17.7	31.7
Ad 100(+)		48.5	15.0	29.8	17.3	54.7	16.9	17.5	33.3
Ad50+50(*)		49.2	15.8	31.9	16.7	54.3	16.4	17.1	32.5
CV %		2.95	4.55	5.12	3.60	1.58	3.51	2.81	4.01
SW		0.037	0.190	0.354	0.646	0.037	0.190	0.354	0.646
LV		0.113	0.011	0.317	0.022	0.113	0.011	0.317	0.022
F'		0.065	0.257	0.169	0.573	0.065	0.257	0.169	0.573

* + Médias na coluna diferem dos Adicionais mineral Ureia pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. As médias na coluna dos estádios diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SW, LV, F': pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos.

A possível ocorrência deste fato pode justificar os resultados obtidos principalmente para D.E, C.E e G.F que apresentaram médias superiores em solo arenoso quando as doses foram aplicadas parceladas nos estádios V₂ e V₄. Assim, o nutriente tornou-se disponível por estádios mais longos para a planta, isso pode ser entendido atentando-se para o fato de que a textura arenosa possui um baixo poder tamponante de nutrientes devido à baixa fertilidade (SILVA et al., 2020). Logo, as reações de disponibilização e absorção dos nutrientes pelas plantas são mais intensas e ocorrem rapidamente, principalmente de fontes minerais. De acordo com Duete et al. (2009) para que se tenha uma melhor eficiência da aplicação de nitrogênio, é indicado o parcelamento do fornecimento de fonte nitrogenada. Com isso, pode-se minimizar as perdas por lixiviação, sendo que menor quantidade de nitrogênio ficará sujeita a lixiviação, o que evita perdas.

Ao comparar os fertilizantes organominerais com as fontes solúveis minerais é evidente que o primeiro possui pronta disponibilidade dos nutrientes relativamente menor (MAGELA et al., 2019b). Contudo, pode-se afirmar que a fonte organomineral parcelada demonstrou-se mais eficiente, isso pode ter ocorrido por conta da solubilização progressiva no decorrer do período de desenvolvimento da cultura (KIEHL, 2008; SOSA-

RODRIGUES e GARCÍA-VIVAS, 2018). A explicação está no fato de que estes produtos organominerais possuem propriedades de liberação lenta dos nutrientes no sistema e melhoram a condição estrutural e biológica do solo, o que facilita a absorção dos nutrientes pela planta e que permite a disponibilidade de nitrogênio durante os estádios de desenvolvimento, principalmente na floração (SOSA-RODRIGUES e GARCÍA-VIVAS, 2018). De maneira semelhante, Pérez et al. (2008) encontraram que a incorporação de fontes orgânicas provém diferentes impactos benéficos para as propriedades do solo, de acordo com as matérias primas utilizadas em sua elaboração. Dentre esses benefícios podemos citar que as fontes orgânicas de nitrogênio desempenham um papel importante no solo como a ciclagem de nitrogênio com benefícios adicionais na qualidade do solo, ou seja, aumento de matéria orgânica, atividade enzimática, porosidade do solo e retenção de água (FERRAZ-ALMEIDA et al., 2020).

Não houve diferença estatística para época de aplicação dos fertilizantes nas variáveis área foliar, inserção da espiga, massa fresca, massa seca, peso de mil grãos e produtividade nas duas texturas de solo (Tabela 18). Em relação as doses de organomineral no solo de textura arenosa observou-se a diminuição na massa seca nas doses de 40% e 60% quando comparados aos adicionais, que diferiram entre si para a massa seca obtendo valores de 6194 kg ha⁻¹ na aplicação de 100% no estádio V₂ e 7452 kg ha⁻¹ quando aplicado 50%V₂ e 50%V₄. Já em solo argiloso não houve diferença estatística entre as doses de organomineral (Tabela 18). Na textura argilosa os dois tipos de fertilizante tiveram o mesmo comportamento nas variáveis avaliadas demonstrando que o organomineral supriu a demanda da planta. Evento esse que pode ser explicado devido à adubação organomineral ser uma notável fonte de nutrientes, sobretudo de nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes, sendo esta a única forma de conservação de nitrogênio que não volatiliza no solo (PIRES e JUNQUEIRA, 2001). Assim, as plantas absorvem de acordo com suas necessidades durante o ciclo produtivo.

TABELA 18. Médias de Área foliar (A.F), massa fresca (M.F), massa seca (M.S), peso de mil grãos (PMS) e produtividade (Prod) de plantas submetidas à doses de fertilizante organomineral nitrogenado, comparadas à épocas de aplicação e fertilizante mineral (ureia) em solo argiloso e arenoso na safra 2017/2018. Uberlândia-MG, 2020.

Textura		Arenosa					Argilosa				
Estádio	%	A.F cm ²	M.F kg ha ⁻¹	M.S kg ha ⁻¹	P.M.S g	PROD. kg ha ⁻¹	A.F cm ²	M.F kg ha ⁻¹	M.S kg ha ⁻¹	P.M.S g	PROD. kg ha ⁻¹
V2		7292	44977	6453	294	10376	7632	59663	7464	343	13396
V2+V4		7462	46227	6533	294	10566	7501	60314	7451	341	13362
V2	40	6975	41501	5865*	276	8924	7666	61179	7716	343	13003
	60	7288	44008	6105*	290	10119	7364	58813	7251	331	12268
	80	7397	45708	6774	289	11383	7618	61053	7604	338	12857
	100	7121	43328	6326	302	10450	7878	58415	7319	351	13559
	120	7680	50341	7194	312	11001	7635	58855	7433	341	12823
V2+V4	40	7029	44348.8	6215	290	10526	7236	55819	6931.7	337	12809
	60	7811	45836.3	6565	294	10690	7693	61074	7428.4	334	12947
	80	7310	46070.0	6639	289	10558	7828	60015	7335.1	342	12905
	100	7686	49130.0	7015	289	10592	7449	61305	7600.8	348	13756
	120	7472	45751.3	6232	311	10463	7297	63356	7962.4	354	13053
Ad 100(+)		7432	44348	6194*	300	9727	7563	55756	6829	353	13094
Ad50+50(*)		7871	50596	7452	292	10420	8014	60739	7632	343	12902
CV %		5.62	9.95	9.75	6.72	10.54	6.07	6.82	7.77	4.17	6.54
SW		0.576	0.334	0.999	0.454	0.036	0.576	0.999	0.334	0.591	0.942
LV		0.031	0.221	0.162	0.093	0.394	0.031	0.162	0.221	0.409	0.744
F'		0.220	0.647	0.645	0.650	0.805	0.220	0.645	0.647	0.142	0.280

* + Médias na coluna diferem dos Adicionais mineral Ureia pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. As médias na coluna dos estágios diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SW, LV, F': pressuposições dos testes Shapiro-Wilk, Levene e Aditividade de Blocos; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e efeitos aditivos.

Magela (2019b) enfatiza que, na colheita de milho, o uso de fertilizante à base de biossólidos levou ao aumento da massa verde de partes aéreas usando a fonte com torta de filtro, independentemente da dose usada. Em relação a massa da matéria seca, diversos autores afirmam que o aumento da produção desta é proporcional à dose de nitrogênio, corroborando com os resultados deste estudo (FERNANDES e LIBARDI, 2012; RIMSKI-KORSAKOV; RUBIO e LAVADO, 2012). Os resultados demonstrando incremento e acúmulo de massa da matéria seca das plantas é enfatizado por Faria (2014) como um importante fator no ciclo produtivo, sendo extremamente ligada ao manejo e conservação do solo. De fato, após a colheita dos grãos, os restos culturais quase sempre ficam na área de produção e promovem a proteção do solo, diminuindo a erosão e evaporação da água, aumentando o teor de água disponível, favorecendo o crescimento da microbiota do solo, a reciclagem e a difusão dos nutrientes, principalmente os imóveis no solo como P e Zn.

Para a variável produtividade, observou-se que a adubação organomineral não apresentou diferença significativa comparado à adubação mineral. O uso do fertilizante organomineral nitrogenado, mesmo nas menores doses, foi suficiente para a cultura do milho alcançar bons índices de produtividade. Isso indica que a fonte organomineral nitrogenada teve eficiência satisfatória em fornecer nitrogênio para as plantas. Entretanto, é aceitável inferir que a plasticidade do híbrido de milho usado e a maior eficiência genotípica na absorção do nutriente, também cooperaram para o nivelamento das respostas obtidas com as doses de nitrogênio conforme salientado por (SILVA et al., 2020).

Demonstrando similaridade com os resultados, Silva et al. (2019) analisando em conjunto as variáveis relacionadas à produção da cultura do feijão (número de vagens, número de grãos, número de peso de mil grãos) constaram a melhor eficiência no uso de fertilizante organomineral à base de biossólidos, verificando-se que mesmo não apresentando diferenças estatísticas esses fatores foram superiores ao fertilizante mineral.

Porém, Possamai (2016) relata que a adubação organomineral não traz resultados superiores à adubação mineral quando utilizadas formulações que se dizem equivalentes na cultura do milho. Dessa forma as plantas com adubação química obtiveram maior estatura que os demais tratamentos e produziram em média 1368 kg ha⁻¹ a mais que a adubação organomineral, mostrando desta forma que a adubação química foi mais vantajosa.

Contudo, para analisar a ação de fertilizantes organominerais é necessário avaliar sua utilização como condicionante de solo por diversos anos por apresentar disponibilização dos nutrientes lenta. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com Galvão (1998), num experimento conduzido por vários anos na cultura do milho, onde o rendimento com adubação organomineral foi 24,61% superior à adubação mineral, comprovando que o uso contínuo de composto orgânico melhorou a fertilidade do solo ao longo dos anos. Assim como Silva et al. (2007) que também verificaram que o uso contínuo de adubação organomineral na cultura do milho por vários anos provocou aumentos significativos na produção de grãos.

4 CONCLUSÕES

A aplicação parcelada do fertilizante organomineral nitrogenado na cultura do milho, não sofreu influência da textura de solo. Esse parcelamento não influenciou o Índice Spad, número de fileiras por espiga, altura da planta, diâmetro do colmo, área foliar, massa fresca, massa seca, peso de mil grãos e produtividade.

A aplicação em V2 (50%) + V4 (50%) apresenta melhores incrementos para diâmetro do colmo e da espiga, comprimento da espiga e número de grãos por fileira, mas não refletiu na produtividade.

Com a exceção do teor foliar de nitrogênio e de potássio, como também a quantidade de massa seca, no cultivo em solo de textura arenosa e o diâmetro de espiga na textura argilosa, não houve diferença estatística significativa entre as doses de organomineral nitrogenado. Esses tratamentos também não diferiram do adicional mineral.

O organomineral nitrogenado foi tão eficiente quanto à fonte nitrogenada mineral.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES; A Syngenta = site de Uberlândia-MG; A Organização Juliagro, VigorFert e o Instituto de Ciências Agrárias ICIAG- Universidade Federal de Uberlândia.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. M. C.; CASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, C. A.; PITTA, G.V.; FRANÇA, G. E.; FILHO, A. R.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais CFSEMG, 1999. p. 381-383.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Pesquisa setorial**. 2019. Disponível em: www.anda.org.br. Acesso em: 4 mar. 2020.
- BARCELOS, M. N.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; AMARAL, U.; ARAUJO, L. C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; NOGUEIRA, T. A. R. Use of Organo-Mineral Fertilizers in Grain Sorghum as Reverse Logistics of Organic Residues. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 2, p. 435-444, 2019. DOI: 10.5539/jas.v11n2p435.
- 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. DOI: 10.2134/agronj2012.0352.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 63-145.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: décimo segundo levantamento, setembro 2019: safra 2018/2019**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 04 mar. 2020.
- CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho doce (*Zea mays* convar. *Saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 223-231, 2012. Suplemento 1.
- CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: Avaliação do potencial econômico brasileiro. **Indústria química – BNDS Setorial**, v. 45, p. 137 – 187, 2017.
- DIAS, M. A. R.; LANA, R. M. Q.; MAGESTE, J. G.; MARQUES, O. J.; SILVA, A. DE A.; LEMES, E. M.; SILVA, D. M.; ALVES, J. M. O. Mineral and organomineral sources of nitrogen to maize agronomic performance. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 36, n. 5, p. 1-8, 2020.
- DUETE, R. R. C.; RUI, R.; TAKASHI, M.; SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E. J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N)

pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000100016.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

FARIA, M. V. **Proteção e nutrição foliar na produção de massa seca, acúmulo, extração e exportação de macro e micronutrientes em híbridos de milho**. 2014. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L. Distribuição do Nitrogênio do Sulfato de Amônio (15N) no sistema solo-planta, em uma sucessão de culturas, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 885–894, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000300019.

FERRAZ-ALMEIDA, R.; SILVA, N. L.; WENDLING, B. How Does N Mineral Fertilizer Influence the Crop Residue N Credit?. **Nitrogen**, v. 1, n. 1, p. 99-110, 2020.

FREIRE, F. M.; VIANA, M. C. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; PEDROSA, M. W.; COELHO, A. M.; ANDRADE, C. L. T. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 213-222, 2010. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v9n3p213-222.

GALVÃO, J. C. C. Adubação orgânica na cultura do milho. *In*: ENCONTRO MINEIRO SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE HORTALIÇAS, 1., 1998, Viçosa. **Anais**. Viçosa: UFV, 1998. p 36-37.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. 2. ed. Piracicaba, Degaspari, 2008. 160 p.

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. **Waste and Biomass Valorization**, Dordrecht, v. 8, n. 5, p. 1781-1791, 2017. DOI: 10.1007/s12649-016-9805-9.

MAGELA, M. L. M.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; MIRANDA, M. C. C. Application of organomineral fertilizers sourced from filter cake and sewage sludge can affect nutrients and heavy metals in soil during early development of maize. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v.13, n.6, p. 863-873, 2019a. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.06.p1538.

MAGELA, M. L. M.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; MIRANDA, M. C. C.; MOTA, R. P. Efficacy of organomineral fertilizers derived from biosolid or filter cake on early maize development. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 13, n. 5, p. 662-670, 2019b. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.05.p1132.

MALAQUIAS, C. A. A.; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista PUBVET**, Maringá, v. 11, n. 5, p. 501-512, 2017. DOI: 10.22256/pubvet.v11n5.501-512.

MARÔCO, J. **Análise estatística com o SPSS statistics**. 5. ed. Pêro Pinheiro: ReportNumber, 2011. 992 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: UFV, 1999. p. 143-168.

MENDES, M. C., ROSÁRIO, J. G., FARIA, M. V., ZOCHE, J. C. & WALTER, A. L. B. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 4, n. 3, p.95-102, 2012. DOI: 10.5777/paet.v4i3.1394.

MOREIRA, J. G. **Solubilidade de fertilizantes organominerais peletizados a base de biossólido e torta de filtro**. 2018. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

NOLLA, A.; VILA, E. J. P.; SILVA, W.; BERTICELLI, C. L.; CARNEIRO, A. R. Atributos e estratégias de utilização da torta de filtro como fertilizante para a cana-de-açúcar. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 4, p. 121-135, 2015. Número especial.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 245-255, 2004.

PÉREZ, A.; CESPEDES, C.; NUNEZ, P. Caracterización Física-Química y Biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**, Santiago, v. 8, n. 3, p. 10-29, 2008. DOI: 10.4067/S0718-27912008000300002.

PIRES, J. F.; JUNQUEIRA, A. M. R. Impacto da adubação orgânica na produtividade e qualidade das hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 2, p. 195, 2001.

POSSAMAI, L. Resposta da cultura do milho à adubação organomineral e adubação química. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 25, n. 1, p. 71-78, 2016. DOI: 10.32929/2446-8355.2016v25n1p71-78.

RIMSKI-KORSAKOV, H.; RUBIO, G.; LAVADO, R. S. Fate of the nitrogen from fertilizers in field-grown maize. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 93, n. 3, p. 253–263, 2012. DOI: 10.1007/s10705-012-9513-1.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de planta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, p. 263-271, 2007. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v6n3p263-271.

- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; PAGLIARINI, N. H. F. **Estratégias de manejo da adubação nitrogenada em milho na região sul do Brasil**. Lages: Graphel, 2016. 122 p.
- SANTOS, D. H.; SILVA, M. DE A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 443-449, 2011. DOI: 10.1590/S1415-43662011000500002.
- SANTOS, H. P.; PEREIRA, L. R. Efeito de sistemas de sucessão de cultura de inverno sobre algumas características agrônômicas de milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1691-1694, 1994.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, **Anais** [...], Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- SILVA, H. C.; LIMA, L. C.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; LEMES, E. M.; CARDOSO, A. F. Effects of organomineral fertilizers formulated with biosolids and filter cake on common bean yield crop (*Phaseolus vulgaris* L.) **Australian Journal Crop Science**, Lismore, v. 13, n. 10, p. 1566-1571, 2019. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.10.p1316.
- SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SILVA, D. G.; ARNHOLD, E. Produtividade de milho em diferentes sistemas produtivos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 136-141, 2007.
- SILVA, R. C. D., LANA, R. M. Q. Fertilizantes organominerais alternativa para a adubação em cobertura no milho. **Campo & Negócios**, Uberlândia, v. 178, p. 36-38, 2018.
- SILVA, R. C. D.; LANA, R. M. Q.; MAGESTE, J. G.; OLIVEIRA, G. N.; MAGELA, M. L. M. Phosphate Organomineral Fertilizer Usage Compared to Mineral Phosphate in Corn Cultivation. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 12, n. 7, p. 92-104, 2020. DOI: 10.5539/jas.v12n7p92.
- SOSA-RODRIGUES, B. A.; GARCÍA-VIVAS, Y. S. Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. **Agronomía Mesoamericana**, Alajuela, v. 29, n. 1, p. 207-219, 2018. DOI: 10.15517/ma.v29i1.27127.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 387-397, 2006. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v5n3p395-405.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Resposta do milho safrinha a adubação organomineral no município de Maracaju-MS. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 8, 2012. Número especial.

ULSENHEIMER, A. M.; SORDI, A.; CERICATO, A.; LAJÚS, C. Formulação de fertilizantes organominerais e ensaio de produtividade. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 7, n. 2, p. 195-202. 2016.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Brasília, DF: Embrapa Meio Ambiente, 2017. 163 p.

WITHERS, P. J. A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T. S.; GUILHERME, L. R. G.; BENITES, V. M.; GATIBONI, L. C.; SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transições para o manejo sustentável do fósforo na agricultura brasileira. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 2537, 2018.