

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**GUSTAVO CARVALHO GARCIA**

**PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO DE SEGUNDA SAFRA CONSORCIADO COM  
Urochloa spp. EM FUNÇÃO DE PROFUNDIDADES DE CORREÇÃO DO SOLO E  
PALHADAS RESIDUAIS EM REGIÃO DE CERRADO**

**Ilha Solteira**

**2022**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**GUSTAVO CARVALHO GARCIA**

**PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO DE SEGUNDA SAFRA CONSORCIADO COM  
Urochloa spp. EM FUNÇÃO DE PROFUNDIDADES DE CORREÇÃO DO SOLO E  
PALHADAS RESIDUAIS EM REGIÃO DE CERRADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Edson Lazarini  
**Orientador**

**Ilha Solteira**

**2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G216p Garcia, Gustavo Carvalho.  
Produtividade de soja e milho de segunda safra consorciado com Urochloa spp. em função de profundidades de correção do solo e palhadas residuais em região de cerrado / Gustavo Carvalho Garcia. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022  
71 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Edson Lazarini

Inclui bibliografia

1. Acidez do solo. 2. Palhada. 3. Consórcio.

  
Raiane da Silva Santos

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

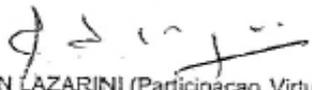
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUTIVIDADE DE SOJA E MILHO DE SEGUNDA SAFRA CONSCRICADO COM *Urochloa* spp. EM FUNÇÃO DE PROFUNDIDADES DE CORREÇÃO DO SOLO E PALHADAS RESIDUAIS EM REGIÃO DE CERRADO.

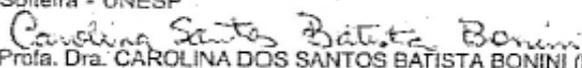
AUTOR: GUSTAVO CARVALHO GARCIA

ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

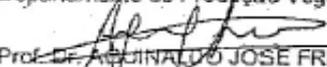
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. EDSON LAZARINI (Participação Virtual)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

  
Profa. Dra. CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI (Participação Virtual)

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

  
Prof. Dr. ADINALDO JOSÉ FREITAS LEAL (Participação Virtual)

Curso de Agronomia-UFTM / Iturama/MG

Ilha Solteira, 20 de abril de 2022

## Dedicatória

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus que iluminou o meu caminho durante esta jornada. Aos meus pais, irmão, avós, família e aos amigos que fizeram parte dessa formação e que vão continuar presentes em minha vida.

Muito obrigado!!!

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me iluminado e abençoado em todos os momentos da minha vida e nesta trajetória. Aos meus pais, avós, irmão, e demais familiares, pelo incentivo e apoio incondicional.

A Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

Aos professores, pelo apoio, amizade e pelos valiosos ensinamentos prestados durante essa jornada. Ao professor Dr. Edson Lazarini pelo valioso e imprescindível acompanhamento e orientação oferecida ao longo desse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Aos funcionários de campo da Universidade que colaboraram para que o experimento fosse concluído.

A Priscila Fernanda, Izabela Sanches e Fagner Angelo pelo enorme apoio na condução do experimento, processamento de dados e auxílio na dissertação.

A professora Dra. Carolina dos Santos Batista Bonini e ao Professor Dr. Aginaldo José Freitas Leal pelo apoio e pela disponibilidade de participarem da banca de avaliação.

Aos meus amigos Leonardo Froio, Fernando Buzo, Elder e demais pela companhia durante a pós graduação, por todo apoio, pelos bons momentos vividos, e pela grande amizade compartilhada durante esta jornada acadêmica.

## RESUMO

A calagem e a gessagem são práticas mais comuns para restaurar a capacidade de produção do solo e promover melhor desenvolvimento das plantas, garantindo o potencial produtivo agrícola. Neste sentido, objetivou-se avaliar o desempenho agronômico das culturas de soja e milho segundo cultivo, consorciado ou não com braquiária, em função de diferentes estratégias de melhoria do perfil químico do solo, sob condição de sequeiro e irrigação suplementar via pivô central em LATOSSOLO VERMELHO distrófico. O experimento foi conduzido na área experimental da UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, MS, Brasil, na segunda safra/19 e safra/20. O delineamento do experimento foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos de condicionamento e correção do solo foram dispostos nas parcelas: controle, gesso, calcário (0 - 0,2 m); calcário + gesso (0 - 0,2 m); calcário (0 - 0,4 m); calcário + gesso (0 - 0,4 m), e nas subparcelas a soja foi semeada sob palhada de milho solteiro, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou com *U. brizantha* cv Piatã. Após a colheita da soja, o milho foi plantado em monocultivo e/ou consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou com *U. brizantha* cv Piatã. De forma geral, observou-se a influência da palhada sobre o teor foliar de fósforo. O teor de manganês foliar foi menor quando a profundidade de incorporação dos corretivos foi maior. A produtividade de grãos aumentou com a utilização de calcário + gesso (0-0,2m), no sequeiro e na área irrigada. Para o cultivo do milho, tanto a correção de solo quanto a modalidade consórcio não influenciaram na produtividade de grãos, porém o estado nutricional foi afetado ora pelos corretivos e/ou ora pela modalidade consórcio, e *U. brizantha* cv Piatã produziu maior quantidade de massa seca. O gesso, calcário (0 - 0,2 m) e calcário + gesso (0 - 0,4 m) possibilitaram um incremento da massa seca em relação e testemunha. Observou-se que a correção do solo atingiu apenas as camadas superficiais, sugerindo então a necessidade de dar continuidade ao tratamento do solo.

**Palavras-chave:** acidez do solo; palhada; consórcio.

## ABSTRACT

Liming and gypsum are the most common practices to restore the soil's production capacity and promote better plant development, guaranteeing agricultural productive potential. In this sense, the objective was to evaluate the agronomic performance of soybean and corn second crops, intercropped or not with *Brachiaria*, according to different strategies to improve the chemical profile of the soil, under rainfed conditions and supplementary irrigation via central pivot in LATOSOLO dystrophic RED. The experiment was carried out in the experimental area of UNESP - Campus of Ilha Solteira, located in Selvíria, MS, Brazil, in the second harvest/19 and harvest/20. The experiment was designed in randomized blocks with split plots and three replications. Soil conditioning and correction treatments were arranged in the plots: control, gypsum, limestone (0 - 0.2 m); limestone + gypsum (0 - 0.2 m); limestone (0 - 0.4 m); limestone + gypsum (0 - 0.4 m), and in the subplots the soybean was sown under single corn straw, corn intercropped with *Urochloa ruziziensis* or with *U. brizantha* cv Piatã. In general, the influence of straw on the foliar phosphorus content was observed. Leaf manganese content was lower when the corrective incorporation depth was greater. Grain yield increased with the use of limestone + gypsum (0-0.2m), in the rainfed and irrigated areas. For corn cultivation, both soil correction and the intercropping modality did not influence grain yield, but the nutritional status was affected either by the correctives and/or by the intercropping modality, and *U. brizantha* cv Piatã produced a greater amount of mass dry. Gypsum, limestone (0 - 0.2 m) and limestone + gypsum (0 - 0.4 m) allowed an increase in dry mass in relation to control. It was observed that the soil correction reached only the superficial layers, suggesting the necessity of continuing the soil treatment.

**Keywords:** soil acidity; straw; intercrop.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1-</b> Variação diária de precipitação pluvial e temperatura do ar durante o período de condução do experimento. Selviria (MS), 2019/2020..... | 24 |
|--|----|

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1-</b> Caracterização química do solo das áreas experimentais onde a soja foi cultivada em sequeiro e irrigado. ....   | 25 |
| <b>Tabela 2-</b> Valores de F e médias para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura da soja cultivada sobre diferentes palhadas de cultivo em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.....          | 30 |
| <b>Tabela 3-</b> Valores de F e médias para os teores de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura da soja cultivada sobre diferentes palhadas de cultivo em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019/2020...31                                     | 31 |
| <b>Tabela 4-</b> Teste F e médias obtidas para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), número de vagens (NV), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos de soja (PROD) nas diferentes palhadas e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019/2020.....          | 32 |
| <b>Tabela 5-</b> Valores de F e médias para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura da soja sobre diferentes palhadas de cultivo em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação via pivô central. Selvíria (MS), 2020. .... | 34 |
| <b>Tabela 6-</b> Valores de F e médias para os teores de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura da soja cultivada sobre diferentes palhadas de cultivo em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação via pivô central. Selvíria (MS), 2020.....                        | 35 |
| <b>Tabela 7-</b> Teste F e médias obtidas para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), número de vagens (NV), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos de soja (PROD) nas diferentes palhadas e residual de correção química do solo sob irrigação via pivô central. Selvíria (MS), 2020. ....        | 36 |
| <b>Tabela 8-</b> Valores de F e médias para os teores foliares de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura do milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020. ....                      | 38 |
| <b>Tabela 9-</b> Valores de F e médias para os teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura do milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.....   | 40 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 10-</b> Teste F e médias obtidas para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), altura de inserção da espiga (AE), comprimento da espiga (CE) e diâmetro (DE) de espigas de milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020..... | 41 |
| <b>Tabela 11-</b> Teste F e médias obtidas número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), massa de cem grãos (M100) e produtividade (PROD) de milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), /2020. ....                                     | 42 |
| <b>Tabela 12-</b> Valores de F e médias para os teores foliares de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura do milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), /2020. ....                          | 43 |
| <b>Tabela 13-</b> Valores de F e médias para os teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura do milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.....  | 44 |
| <b>Tabela 14-</b> Teste F e médias obtidas para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), altura de inserção da espiga (AE), comprimento (CE) e diâmetro (DE) de espigas de milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.....          | 45 |
| <b>Tabela 15-</b> Teste F e médias obtidas número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), massa de cem grãos (M100) e produtividade (PROD) de milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020. ....                                     | 46 |
| <b>Tabela 16-</b> Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.....  | 48 |
| <b>Tabela 17-</b> Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.....  | 49 |
| <b>Tabela 18-</b> Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.....  | 51 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 19-</b> Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.....  | 52 |
| <b>Tabela 20-</b> Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.....   | 53 |
| <b>Tabela 21-</b> Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.....   | 54 |
| <b>Tabela 22-</b> Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020..... | 55 |
| <b>Tabela 23-</b> Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020..... | 56 |
| <b>Tabela 24-</b> Teste F e média da massa seca de forrageiras (MSF) em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.....                      | 57 |
| <b>Tabela 25-</b> Teste F e média da massa seca de forrageiras (MSF) em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.....                     | 58 |

## SUMÁRIO

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 1     | INTRODUÇÃO .....   | 12        |
| 2     | REVISÃO DE LITERATURA .....  | 15        |
| 2.1   | Acidez do solo .....   | 15        |
| 2.2   | Calagem.....   | 16        |
| 2.3   | Gessagem.....  | 17        |
| 2.4   | Calagem associada à gessagem .....   | 20        |
| 2.5   | Soja em sucessão ao consórcio.....   | 21        |
| 2.6   | Consórcio de milho com forrageiras.....  | 21        |
| 3     | OBJETIVOS.....   | 23        |
| 3.1   | Objetivo geral.....  | 23        |
| 3.2   | Objetivos específicos .....  | 23        |
| 4     | MATERIAL E MÉTODOS .....   | 24        |
| 4.1   | Amostragem e análises na cultura da soja .....   | 27        |
| 4.2   | Amostragem e análises na cultura do milho.....   | 28        |
| 4.3   | Atributos do solo.....   | 28        |
| 4.4   | Amostragem e análise das forrageiras.....  | 28        |
| 4.5   | Análise estatística .....  | 29        |
| 5     | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 29        |
| 5.1   | Estado nutricional, população de plantas, características agronômicas e produtividade de grãos da cultura da soja em área de sequeiro.....   | 29        |
| 5.2   | Estado nutricional, população de plantas, características agronômicas e produtividade de grãos da cultura da soja em área irrigada.....      | 33        |
| 5.3   | Estado nutricional, população de plantas, características agronômicas e produtividade de grãos da cultura do milho em área de sequeiro ..... | 37        |
| 5.4   | Estado nutricional, população de plantas, características agronômicas e produtividade de grãos da cultura do milho em área irrigada .....    | 42        |
| 5.5   | Análise dos atributos do solo .....  | 47        |
| 5.5.1 | <i>Atributos do solo (0-20 cm) em condição de sequeiro .....</i>   | <i>47</i> |
| 5.5.2 | <i>Atributos do solo (20-40 cm) em condição de sequeiro .....</i>  | <i>50</i> |
| 5.5.3 | <i>Atributos do solo (0-20 cm) área irrigada .....</i>   | <i>52</i> |
| 5.5.4 | <i>Atributos do solo (20-40 cm) área irrigada .....</i>  | <i>54</i> |
| 5.6   | Análise das forrageiras.....   | 56        |
| 6     | CONCLUSÕES.....  | 59        |
|       | REFERÊNCIAS .....  | 61        |

## 1 INTRODUÇÃO

A produtividade agrícola é influenciada pelos fatores ligados à acidez do solo (pH, saturação por bases, acidez potencial e disponibilidade de nutrientes) de forma que a correção dos solos para a produção agrícola em áreas intemperizadas torna-se uma prática obrigatória. O intuito dessa prática é diminuir os efeitos nocivos da acidez e promover melhor desenvolvimento e produtividade das plantas, garantindo o potencial produtivo agrícola destas regiões (CAIRES *et al.*, 2005).

A calagem é a prática mais comum para neutralizar a acidez do solo e restaurar a capacidade de produção, elevar a disponibilidade de nutrientes ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) e os valores de soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) e reduzir os teores de elementos tóxicos, tais como o alumínio (CAIRES *et al.*, 2005; NATALE *et al.*, 2007). No sistema convencional de preparo de solo, o calcário é incorporado nesse mecanicamente, por meio da aração e gradagem. Essa prática desestrutura os agregados do solo, expõe o solo e aumenta a suscetibilidade à erosão. Portanto, o interesse da aplicação superficial de calcário para controle da acidez do solo tem por objetivo, principalmente, preservar as propriedades físicas do solo, além de mantê-lo em condições viáveis para o sistema de plantio direto (COSTA; ROSOLEM, 2007).

Contudo, em curto prazo, os efeitos da calagem superficial ficam restritos às camadas superficiais do solo, pois, sem a incorporação, há menor contato entre as partículas do calcário e os coloides do solo. Além disso, a movimentação do calcário em profundidade varia em função da época, da dose, do modo e da frequência de aplicação, do tipo de solo, do clima, das propriedades físicas do solo e do sistema de produção (RAMPIM *et al.*, 2011).

O aumento e/ou estabilidade de produtividade das culturas está correlacionado a melhoria das condições do solo abaixo das camadas superficiais (COSTA, 2015). Os danos causados pelo estresse hídrico podem ser evitados com o crescimento radicular para camadas mais profundas do solo, no entanto desordens químicas como toxicidade do alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e baixa saturação por bases são os principais fatores que restringem o crescimento de raízes em solos ácidos tropicais (FAGERIA; MOREIRA, 2011). Portanto, a disponibilização de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e a redução da forma livre de  $\text{Al}^{3+}$  nas camadas do subsolo representa um papel importante no aumento da produtividade das culturas em áreas afetadas pela acidez e períodos secos comuns em regiões de Cerrado (COSTA *et al.*, 2018).

Outro insumo agrícola importante no manejo da fertilidade de solos intemperizados é o gesso agrícola que é um produto mais solúvel do que o calcário, composto principalmente de sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). No entanto, sua adição no solo não altera o pH. O gesso aplicado na superfície do solo movimenta-se ao longo do perfil sob a influência da percolação da água. Como consequência obtém-se aumento no suprimento de cálcio e redução na toxicidade de alumínio no subsolo. Trata-se, portanto, de uma alternativa para melhorar o ambiente radicular no subsolo, e pode ser usado em solos ácidos como um complemento a calagem (SORATTO; CRUSCIOL, 2008; MASCHIETTO, 2009).

Outra alternativa associada ao aumento da produtividade agrícola é o consórcio de plantas produtoras de grãos com espécies forrageiras tropicais, visando aumento da cobertura do solo. A presença de palhada na superfície do solo gera benefícios ambientais, pois eleva os teores de matéria orgânica e a atividade biológica do solo, diminui as oscilações de temperatura do solo, reduz a erosão, atua na redução da densidade populacional de plantas daninhas, promove ciclagem de nutrientes e proporciona maior conservação da umidade do solo, levando a um sistema de produção sustentável (KLIEMANN *et al.*, 2006; MAULI *et al.*, 2011; NASCENTE *et al.*, 2011).

Essas forrageiras, além da alta produção de matéria seca, propiciam um grande potencial na manutenção da palha sobre o solo devido a sua elevada relação C:N, o que retarda sua decomposição e aumenta a possibilidade de utilização em regiões mais quentes, onde a decomposição é acelerada (TIMOSSI *et al.*, 2007). Além disso, as braquiárias ruziziensis e brizantha tem se destacado como excelente opção para cultivo consorciado com espécies graníferas (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2003; PORTES *et al.*, 2000), principalmente com a cultura de soja, por promover melhor ocupação do solo, produzindo biomassa de qualidade, sem afetar a produção de grãos de soja (JAKELAITIS *et al.*, 2005).

A fitomassa produzida pelo milho em consórcio com a braquiária são mais indicadas para cobertura do solo que o milho em cultivo solteiro, pois além de proporcionar proteção do solo por mais tempo também atuam na ciclagem de nutrientes (CALONEGO *et al.*, 2012). O milho tem sido a cultura adequada para a consorciação devido à sua tradição de cultivo, aos vários híbridos adaptados a diferentes regiões e à sua adequação em consórcio (JAKELAITIS, 2005). O milho possui exigências nutricionais superiores às das forrageiras, e requerem adubações, cujos efeitos residuais poderão proporcionar maior produtividade de massa seca da forrageira. Embora tolerante à acidez do solo, a braquiária pode responder positivamente à

calagem e a aplicação de gesso melhora a resposta da forrageira à calagem (PASSOS *et al.*, 1997).

Áreas previamente cobertas por forrageiras, que podem ser provenientes de consórcio, favorecem o bom desempenho da cultura em sucessão, como no caso da soja que vem sendo beneficiada quando semeada em rotação com o consórcio de milho com braquiária (CORREIA, LEITE; FUZITA 2013; CHIODEROLI, 2012).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Acidez do solo

Os solos das regiões tropicas e subtropicais do planeta são considerados ácidos, refletindo de forma direta na produção agrícola. Por exemplo, 70% do território brasileiro é composto por solos ácidos e sabe-se que 40% do potencial produtivo pode ser afetado nessas regiões de alta concentração hidrogeniônica (QUAGGIO, 2000). De maneira geral, um solo é considerado ácido quando o seu valor de pH (potencial hidrogeniônico) em água é menor que 7,0. Porém, o desenvolvimento das culturas pode ou não ser afetado em determinados valores de pH. Deste modo, são adotadas diferentes terminologias para descrever o nível de acidez do solo conforme o valor de pH: (i) pH < 4,5 – extremamente ácido; (ii) pH 4,6-5,5 – muito ácido a fortemente ácido; (iii) pH 5,6-6,0 - moderadamente ácido; (iv) pH 6,1-7,3 fracamente ácido a neutro; (v) pH 7,4-7,8 – fracamente alcalino (SPARKS, 2003).

A acidificação do solo ocorre devido alguns fatores, como o próprio material de origem, ou seja, rochas que possuem baixos teores de bases ou até mesmo da intensa ação oriunda do processo de intemperismo, que promove a remoção de cátions de caráter básico ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) do complexo de troca, com consequente acúmulo de cátions ácidos ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^{+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ) (MEURER *et al.*, 2012). Ações antropogênicas, como a utilização em excesso de fertilizantes nitrogenados acidificantes (contendo amônio) e outras formas de manejo inadequado do solo também resultam na elevação do pH (FAGERIA; ZIMMERMANN, 1998). A desprotonação de grupos carboxílicos, fenólicos e alcoólicos da matéria orgânica também é uma fonte natural importante para a acidificação do solo (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

O cerrado é a principal região produtora de grãos do país, onde grande parte dos solos são compostos por Latossolos (46%), Neossolos (15%) e Argissolos (15%). As classes Latossolos e Argissolos são solos profundos, altamente intemperizados e com baixa fertilidade natural, interferindo diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas se desenvolverem (BOTTEGA *et al.*, 2012). Em condições de acidez elevada, há redução da produtividade das plantas cultivadas, pois, há limitações químicas para crescimento radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes pelas plantas, além de alterar seu balanço hormonal (MEURER *et al.*, 2012).

Os primeiros efeitos da acidez ocorrem sobre o sistema radicular das plantas, especialmente em condições de déficit hídrico. Nestas condições, a acidez do solo reduz o

comprimento radicular de trigo (CAIRES *et al.*, 2008), soja e milho (JORIS *et al.*, 2013). A limitação da acidez do solo no crescimento radicular está relacionada, entre outras, com a fitotoxidez por  $\text{Al}^{3+}$  (DELHAIZE; RYAN, 1995). De acordo com Mattiello *et al.* (2010), a fitotoxidez por  $\text{Al}^{3+}$  tem influência no crescimento radicular devido a diferentes mecanismos, entre eles: (i) mudança no número e posicionamento das células; (ii) inibição da progressão do ciclo celular e da diferencial celular; (iii) rompimento da homeostase de  $\text{Ca}^{2+}$ ; (iv) aumento na produção de etileno pela maior atividade da enzima AAC oxidase.

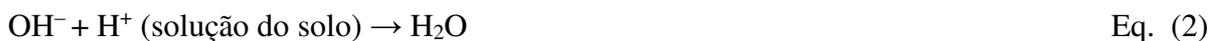
Os minerais coloidais encontrados na fração argila destes solos são responsáveis por importantes reações físicas e químicas que acontece no solo, entre elas está o processo de adsorção de íons da solução do solo. Neste contexto, o fósforo (P) tem sido objeto de estudo, por ser o macronutriente que mais eleva os custos de produção e por ser limitante na produção de biomassa em solos tropicais devido sua indisponibilidade em solos intemperizados (ROLIM NETO *et al.*, 2004). Para que ocorra adequada absorção de P, crescimento e produtividade das culturas devem haver a minimização da exposição do P ao fenômeno da fixação promovido por óxidos e hidróxidos de Fe e Al (SOUZA *et al.*, 2011). Sendo assim, a prática da calagem torna-se extremamente importante no manejo da fertilidade do solo.

Além da classificação em relação ao nível de acidez do solo mencionado anteriormente, outra classificação é atribuída em relação aos três componentes básicos da acidez passíveis de serem determinados, sendo eles: a) acidez ativa que corresponde à atividade dos íons hidrogênio em solução, determinada através de um potenciômetro ou medidor de pH; b) acidez trocável que corresponde, normalmente, à quantidade de  $\text{Al}^{3+}$  adsorvido aos coloides do solo; e c) acidez potencial, correspondente à soma da acidez trocável com os íons hidrogênio adsorvidos na superfície dos coloides, podendo ser determinado utilizando uma solução-tampão. Com base nesses conceitos, então, desenvolveram-se critérios para recomendação de calagem para neutralização da acidez do solo. A maioria dos Estados brasileiros adota o critério do alumínio trocável, geralmente associado à necessidade de elevar  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (COSCIONE *et al.*, 2001).

## **2.2 Calagem**

O calcário é o corretivo mais utilizado para a correção da acidez do solo, sua obtenção é dada a partir da moagem de rocha calcária, cujos constituintes majoritários são o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e o carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ). No entanto, os teores de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  oscilam entre os calcários agrícolas disponíveis no mercado devido a origem geológica e mineralógica da rocha calcária utilizada (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2004).

O mecanismo de reação que ocorre após a utilização do calcário em solos ácidos é dado através de quatro etapas ou reações. Primeiramente os carbonatos  $[\text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3]$  são solubilizados, levando a formação de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e a liberação de hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) no solo, as quais inicialmente neutralizam o  $\text{H}^+$  em solução, posteriormente, podem atuar precipitando o  $\text{Al}^{3+}$  na forma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , conforme as seguintes reações representadas pelas equações (Eq.) de 1 a 4 (SPARKS, 2003; SPOSITO, 2008):



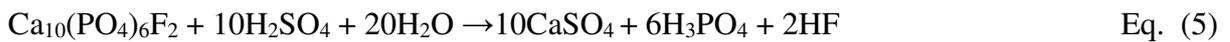
Para que o corretivo funcione de forma eficaz ou produza o efeito desejado, os fatores como dose do produto a ser aplicada, composição química e perfeita distribuição do mesmo sobre o solo devem ser levados em consideração (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2004). De forma que, torna-se imprescindível a realização de análises prévias do solo antes da aplicação qualquer corretivo agrícola, pois de acordo com Ramalho *et al.* (2000) a aplicação de insumos em excesso pode degradar o solo por acumular elementos tóxicos indesejáveis. Nesta análise, o tipo de acidez e os valores de pH deste solo, CTC (Capacidade de Troca Catiônica) e V% (Porcentagem de Saturação por bases), além dos níveis das bases como Ca, Mg, e K devem ser verificados para avaliar a necessidade de correção e para a elaboração da dose apropriada.

A aplicação de calcário na superfície do solo garante a rápida alteração da acidez nos primeiros centímetros (RHEINHEIMER *et al.*, 2018), formando uma frente alcalina que migra gradualmente no perfil do solo. A rapidez com que o calcário e seus produtos solúveis descem no solo depende da taxa de calcário utilizada, da acidez da camada superficial do solo, do tempo de reação, da textura e estrutura do solo e da precipitação (EDMEADES; RIDLEY, 2003). No entanto, geralmente o calcário leva mais tempo para atingir as camadas mais profundas dos solos (abaixo de 10 cm) (RODRIGHERO *et al.*, 2015; VARGAS *et al.*, 2019).

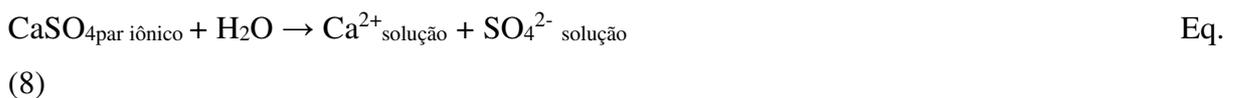
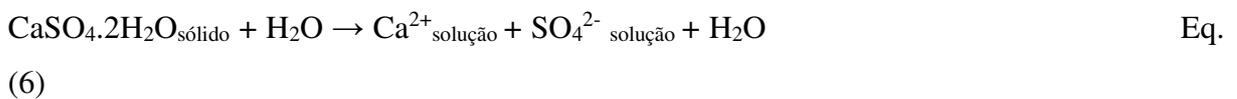
### 2.3 Gessagem

O gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é frequentemente utilizado em sistemas de produção agrícola no Cerrado como fonte de Ca e enxofre (S). O gesso possui alta solubilidade em água e é

extremamente dissociável, gerando instantaneamente íons  $\text{Ca}^{2+}$  e sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), além de vários pares iônicos, favorecendo sua migração no perfil do solo. O gesso agrícola é um subproduto da acidulação, com ácido sulfúrico, de rochas fosfatadas para a produção de ácido fosfórico, conforme observa-se na equação 5. Genericamente, estima-se que para a produção de um Mg de ácido fosfórico sejam subproduzidas aproximadamente 10 Mg de gesso agrícola (CAIRES *et al.*, 2003; RAIJ *et al.*, 2013).



Em subsuperfície, o gesso agrícola atua aumentando o suprimento de  $\text{Ca}^{2+}$  e reduzindo a fitotoxidez do  $\text{Al}^{3+}$  (SUMNER, 1995). Shainberg *et al.* (1989) descrevem brevemente que a melhoria do subsolo pelo gesso agrícola deve-se pela dissolução do par iônico  $\text{CaSO}_4$ , com conseqüente liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  em solução, o qual participa na formação de espécies menos tóxicas de  $\text{Al}^{3+}$  ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , conforme expressas nas equações de 6 a 9 abaixo:



Tiecher *et al.* (2018), em uma meta-análise baseada em dados publicados no Brasil, avaliaram quatro cenários, combinando a presença ou ausência de acidez subsuperficial em solos com deficiência hídrica. Os autores observaram que, independentemente da deficiência hídrica, a aplicação de gesso em solos com alta acidez subsuperficial aumentou a produtividade média do milho em 14% (85% dos casos estudados), enquanto a soja respondeu positivamente ao gesso somente quando a alta acidez subsuperficial do solo e a deficiência de água ocorreram simultaneamente (aumento médio do rendimento de 23% em 100% dos casos).

Pias *et al.* (2019), relataram que o aumento da produtividade da soja (média de 16%) ocorreu apenas em 7 das 20 safras devido à adubação com gesso, enquanto o milho respondeu positivamente (aumento de 19% na produtividade) em 6 das 13 safras. Solos tropicais com ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) disponível abaixo do nível crítico ( $\sim 10 \text{ mg kg}^{-1}$  na camada de 0–20 cm) com potencial ocorrência de estresse hídrico são mais propensos a responder à aplicação de gesso. Além disso, os novos híbridos de milho e as cultivares de soja têm alto potencial produtivo e necessitam de uma maior quantidade de S, aumentando a probabilidade de uma resposta positiva de produtividade em relação a adubação com S (MENDES *et al.*, 2018; RHEINHEIMER *et al.*, 2005; SUTAR *et al.*, 2017).

Através da análise de solos nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m para as culturas anuais e de 0,60-0,80 para as culturas perenes determina-se a necessidade de aplicação do gesso, em função do método de recomendação (VITTI; PRIORI, 2009). Os principais critérios de recomendação utilizados são baseados na textura do solo (% de argila), na saturação por bases (V%) e CTC das camadas subsuperficiais em função do teor de argila das amostras de solo (ZAMBROSI *et al.*, 2007; VITTI *et al.*, 2008), de acordo com as equações 10 e 11 (VITTI *et al.*, 2008):

$$\text{NG} = 50 \times \text{Argila (\%)} \text{ ou } \text{NG} = 5,0 \times \text{Argila (g.kg}^{-1}\text{)} \quad \text{Eq. (10)}$$

Ou se for calculado em função da saturação por bases (V%) e da CTC:

$$\text{NG} = \frac{(\text{V2} \times \text{V1}) \text{ T}}{500} \quad \text{Eq. (11)}$$

onde: NG= necessidade de gesso ( $\text{Mg ha}^{-1}$ );

V2= saturação por bases esperada (50%);

V1= saturação por bases atual no solo na camada de 0,20-0,40 m ou 0,25-0,50 m (%);

T= capacidade de troca catiônica na camada de 0,20-0,40 m ou 0,25-0,50 m ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

## 2.4 Calagem associada à gessagem

Em associação a calagem, Caires, Feldhaus e Blum (2001) destacam que a calagem superficial, com calcário, e a aplicação de gesso agrícola no solo que atua em profundidade levam a modificações químicas no perfil que podem influenciar o crescimento de raízes das culturas anuais. Contudo, Caires *et al.* (2004) observaram que a aplicação de gesso agrícola em combinação com a calagem com calcário de rocha moída ocasionou acréscimos na produção de milho da ordem de 17 %, embora este aumento não tenha sido ocasionado por alterações no crescimento do sistema radicular da cultura, mas sim pelo aumento da saturação por Ca nas camadas superficiais do solo.

Pauletti *et al.* (2014) relataram que a aplicação combinada de gesso e calcário em solos brasileiros de textura grossa contendo apenas 16% de argila e uma alta acidez subsuperficial (saturação de Al > 70%) aumentou os rendimentos de milho e soja. No entanto, houve efeito negativo da aplicação de altas doses de gesso na produtividade da soja, por provável indução de deficiência de Mg. É provável que altas taxas de gesso podem causar lixiviação de cátions básicos em solos de baixa CTC, acarretando na diminuição da produtividade. Por outro lado, a aplicação conjunta de calcário e gesso reduziria a lixiviação de cátions aumentando a CTC dependente do pH, retendo assim os cátions básicos e aumentando o rendimento de grãos.

Efeitos das aplicações de gesso sobre atributos do solo e produtividade das culturas têm sido estudados isoladamente (RAMPIM *et al.*, 2011; NAVA *et al.*, 2012) ou em combinação com aplicações de calcário (CAIRES *et al.*, 2003; CAIRES *et al.*, 2004; SORATTO; CRUSCIOL, 2008; BOSSOLANI *et al.*, 2018). De forma que, a aplicação de calcário combinado com gesso se torna uma prática mais eficiente para potencialização do gesso, este fato se deve porque as reações desencadeadas pelo calcário na solução do solo elevam o pH facilitando o carreamento dos cátions  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  pelo sulfato proveniente do gesso (RAMPIM, 2011).

Rosa Junior *et al.* (2006) ainda acrescentam que nas condições edafoclimáticas dos cerrados brasileiros, a calagem e a gessagem tornam-se práticas comuns, sendo que a calagem afeta o condicionamento físico do solo e pode causar a dispersão química dos agregados. Enquanto que, o gesso promove a reagregação de parte das partículas de argila dispersas em água, refletindo diretamente em sua estabilidade.

## 2.5 Soja em sucessão ao consórcio

A soja é a mais importante oleaginosa sob cultivo extensivo no Brasil, e a região do Cerrado assume importância estratégica para o seu desenvolvimento (LANA *et al.*, 2007). Segundo Coronel (2008), o elevado teor proteico dos grãos, faz com que essa cultura se torne uma importante fonte de alimento para humanos e animais, direcionando ao aumento do consumo e da exportação deste produto *in natura* e de seus derivados. A soja tem garantido posição de destaque, na agricultura brasileira, com produtividade média de grãos em torno de 3.200 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019).

Uma problemática surge no cultivo da soja destinado a grãos relacionado a cobertura vegetal, pois a mesma é insuficiente para dar continuidade sistema de plantio direto (SPD), devido ao porte pequeno da cultura e a rápida decomposição do material vegetal deixado no solo (CORREIA; LEITE; FUZITA, 2013; CHIODEROLI *et al.*, 2012). Assim, torna-se comum o cultivo da soja no SPD sob a palhada remanescente do cultivo anterior, o qual foi consorciado com espécies forrageiras, pois uma vez que a forrageira consiga se estabelecer e, após a colheita da safra, ela irá se desenvolver sem competição e formar palha para o plantio direto da safra seguinte.

A palhada constitui reserva de nutrientes, com disponibilização mais rápida ou lenta e gradual, dependendo da interação entre a espécie utilizada, do manejo da fitomassa, do clima, da atividade de macro e microorganismos, da composição química da palha e do tempo de permanência dos resíduos vegetais sobre o solo (ROSOLEM *et al.*, 2003). Kluthcouski, Stone e Aidar (2003) em condições de cerrado consideraram que as principais vantagens da palhada para o SPD foram a maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em maior conservação de água e menor variação na temperatura do solo; maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; controle das doenças, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos; e maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo tornar desnecessário o uso de herbicidas pós emergentes.

## 2.6 Consórcio de milho com forrageiras

A produção de milho safrinha (implantado no período de janeiro a março) tem-se mostrado de grande importância econômica sendo cultivado predominantemente na região Centro Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (DUARTE, 2004). A cultura do milho

possui características favoráveis para o cultivo consorciado, como alto porte das plantas e altura de inserção das espigas, permitindo que a colheita ocorra sem interferências das plantas forrageiras (ALVARENGA *et al.*, 2006). Além disso, o sistema de produção de consórcio com a cultura do milho, em geral, reduz a infestação e suprime o acúmulo de matéria seca de plantas daninhas (SEVERINO; CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2006).

De acordo com Pereira *et al.*, (2014), diversas espécies forrageiras se destacam na consorciação com o milho, porém a *Brachiaria brizantha*, *B. ruzizienses*, *Panicum maximum cv. Tanzânia* e *P. maximum cv. Mombaça*, tem se destacado entre as pesquisas relatadas na literatura, pois, fornecem grande quantidade de massa (matéria seca), sendo uma das premissas fundamentais em sistema plantio direto, apresentando alta relação C/N, que diminui a velocidade de decomposição da palha e por consequência protegendo o solo por mais tempo contra erosão, radiação solar e cria microclimas favoráveis a biota do solo.

Siedel *et al.* (2014) destacam outro benefício da associação do milho a espécies forrageiras, sendo este o sistema radicular das forragens que favorece a descompactação do solo e melhora a estrutura do mesmo, permitindo maior infiltração de água e ar, além de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, a porosidade do solo é aumentada, por meio do aumento da estabilidade dos agregados, resultando em aumento da macroporosidade do solo.

O consórcio em regiões com restrição hídrica e inverno seco é a forma de manejo mais eficiente quando comparada ao sistema de cultivo solteiro (LARA-CABEZAS, 2011). Em condições de milho safrinha, a irrigação em caráter complementar é uma alternativa para evitar os riscos de deficiência hídrica, mas nem sempre o uso desta prática se traduz em maior renda líquida (PEGORARE *et al.*, 2009). Este sistema proporciona efeitos positivos tanto para a soja quanto para o milho segunda safra, cultivados em sucessão (CECCON *et al.*, 2013).

De forma geral, a correção química do solo pela adição de corretivos e o incremento de palhada no sistema, pela adição de plantas de cobertura consorciadas com o milho, deverão proporcionar melhores condições no ambiente para a cultura da soja, em sucessão, durante todo o ciclo de desenvolvimento, podendo até mesmo aumentar sua produtividade.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Avaliar as alterações nas características químicas do solo em função de profundidade de correção com calcário, na presença e ausência de gesso, devido os resultados da análise de solo, e seus reflexos na cultura da soja e do milho safrinha em sucessão, cultivado em sistema solteiro ou em consórcio com espécies de *Urochloa ruziziensis* e *brizantha* cv piatã, em condição de sequeiro e irrigado.

#### 3.2 Objetivos específicos

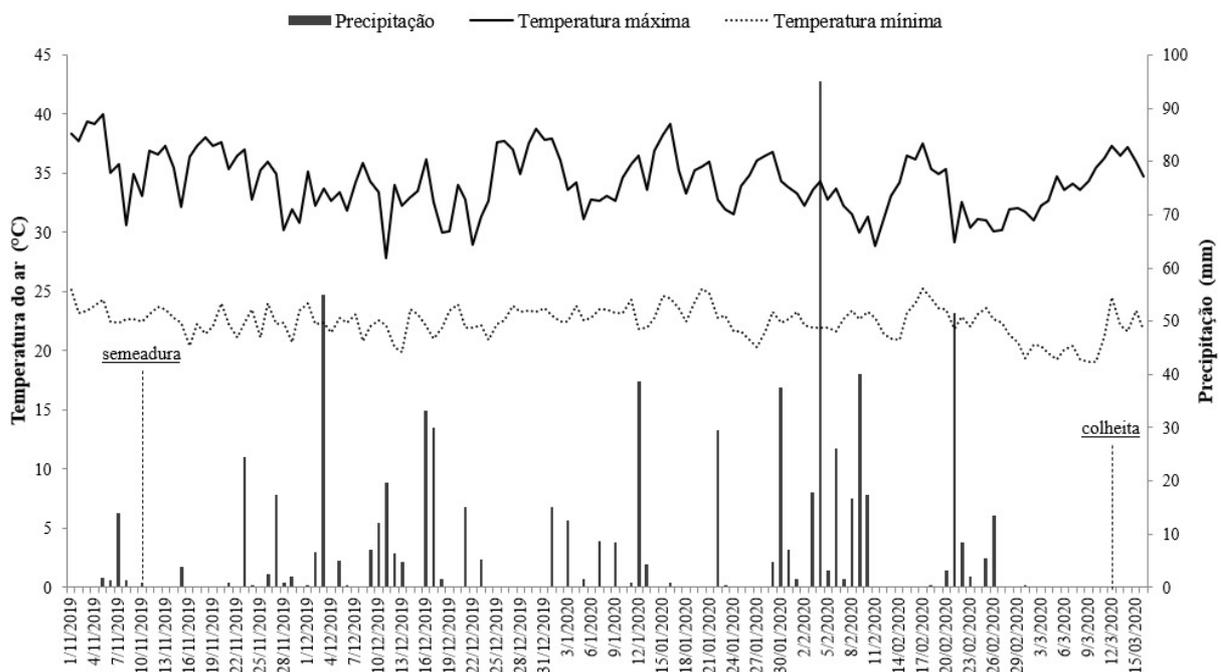
1. Investigar os possíveis efeitos da instalação do experimento na condição de sequeiro e na condição de suplementação hídrica por aspersão;
2. Avaliar os atributos da soja, tais como, teores de macro e micro nutrientes, população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), número de vagens (NV), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos de soja (PROD) nas condições de sequeiro e irrigado;
3. Avaliar os atributos do milho, tais como, teores de macro e micro nutrientes, população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), altura de inserção da espiga (AE), comprimento (CE) e diâmetro (DE) de espigas, número de fileiras (NF), número de grãos por fileira, massa de cem grãos (M100) e produtividade de milho nas condições de sequeiro e irrigado;
4. Avaliar os atributos do solo nas diferentes profundidades de correção (0-20; 20-40 cm), com calcário como corretivo e gesso como condicionador de solo, nas diferentes modalidades, consorciado ou cultivo solteiro;
5. Avaliar a matéria seca da braquiária em função da aplicação de calcário, na presença ou ausência de gesso, e das diferentes modalidades, nas condições de sequeiro e irrigado.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em área experimental pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, situada a 20°20'53" de Latitude Sul e 51°24'02" de Longitude Oeste, com a altitude de 335m, aproximadamente.

O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura e precipitação média anual de 25 °C e 1.313 mm, respectivamente (PORTUGAL *et al.*, 2015). Na Figura 1 encontram-se os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima diárias, ocorridos na área experimental, durante a condução do experimento em relação a soja.

**Figura 1-** Variação diária de precipitação pluvial e temperatura do ar durante o período de condução do experimento. Selvíria (MS), 2019/2020.



Nota: Dados do Canal Clima da Unesp de Ilha Solteira – Área Hidráulica e Irrigação.

Fonte: Unesp (2020).

A área designada do experimento tem como histórico o cultivo da soja, na primavera/verão, nos 3 últimos anos agrícolas antecessores ao projeto, onde o preparo de solo estava sendo realizado de maneira convencional. O solo da área experimental de acordo com a

nomenclatura é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso (LVd) (SANTOS *et al.*, 2018) correspondente ao Typic Haplorthox, segundo a classificação internacional (USDA, 2014).

Antecedendo a instalação do experimento foi realizada a amostragem química do solo de 0-0,2 e 0,2-0,4 m, segundo metodologia proposta por Raij *et al.* (2001), objetivando a caracterização do perfil para correção de acordo com os tratamentos determinados e posteriormente comparação de resultados. Para o cálculo da dose de calcário, buscou-se elevar a saturação por bases a 70 % e a 90%.

A quantidade de calcário utilizada foi proporcional a camada de solo a ser corrigida com base em análise. O experimento foi dividido em dois subprojetos, onde um foi disposto sob condição de sequeiro e outro com suplementação hídrica via aspersão por pivô central. As subparcelas continham 07 linhas com 8,0 m de comprimento

Antecedendo a instalação do experimento realizou-se a amostragem química do solo de 0-0,2 e 0,2-0,4 m (Tabela 1).

**Tabela 1-** Caracterização química do solo das áreas experimentais onde a soja foi cultivada em sequeiro e irrigado.

| Profundidade<br>(m) | P <sub>resina</sub><br>mg dm <sup>-3</sup> | M.O.<br>g dm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | S-SO <sub>4</sub><br>mg<br>dm <sup>-3</sup> | Ca | Mg | K   | H+Al<br>mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | SB   | CTC  | V<br>% |
|---------------------|--|----------------------------|-------------------------|---|----|----|-----|--|------|------|--------|
|                     |  |                            |                         |   |    |    |     |  |      |      |        |
| <b>sequeiro</b>     |  |                            |                         |   |    |    |     |  |      |      |        |
| 0 – 0,20            | 19   | 21                         | 5,2                     | 7   | 18 | 13 | 2,4 | 31   | 33,4 | 64,4 | 52     |
| 0,20 – 0,40         | 11   | 17                         | 5,2                     | 38  | 16 | 10 | 1,7 | 28   | 27,7 | 55,7 | 50     |
| <b>irrigado</b>     |  |                            |                         |   |    |    |     |  |      |      |        |
| 0 – 0,20            | 17   | 26                         | 4,9                     | 13  | 15 | 11 | 3,0 | 40   | 29   | 69,0 | 42     |
| 0,20 – 0,40         | 6  | 20                         | 5,1                     | 46  | 12 | 8  | 1,8 | 31   | 21,8 | 52,8 | 41     |

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O experimento foi instalado no delineamento de parcelas subdivididas, com 3 repetições. Os tratamentos visando elevar a saturação por bases a 70% foram dispostos nas parcelas, com os tratamentos variantes de correção do perfil do solo dispostos na subparcela (testemunha, gesso, 0-0,2 m com calcário; 0-0,2 m com calcário e gesso; 0-0,4m com calcário; 0-0,4 m com calcário e gesso), e por último, as subsubparcelas foram ocupadas com cultivo de soja e posteriormente foram ocupadas com cultivo de milho solteiro ou consorciado com *U. ruziziensis* ou *U. brizantha* cv Piatã.

Foram realizados dois experimentos, um estava sob condição de sequeiro e outro com suplementação hídrica via aspersão. As parcelas continham 21 linhas com 48m de comprimento, as subparcelas 21 linhas com 7 m de comprimento, havendo um espaçamento de 1 metro entre subparcelas, e por último as subsubparcelas com 7 linhas de 7 metros.

O calcário foi aplicado primeiramente nos tratamentos com correção da camada 0,2-0,4 m, visando corrigir o V = 70% (sequeiro - 2,6 t ha<sup>-1</sup> e irrigado - 3,0 t ha<sup>-1</sup>). Em seguida, realizou-se uma aração com arado de aiveca, em toda área experimental, para a incorporação do calcário em profundidade. Na sequência, realizou-se uma gradagem de nivelamento para nivelar a área experimental. Demarcou-se novamente as parcelas e aplicou-se as doses de calcário para a correção da camada de 0-,0,2 m com correção para (sequeiro - 2,9 t ha<sup>-1</sup> e irrigado - 3,8 t ha<sup>-1</sup>).

A aplicação do gesso foi feita de forma superficial e a dose utilizada foi 2,2 ha<sup>-1</sup>, utilizando-se como referência a metodologia proposta por Souza *et al.* (2006) considerando o solo como argiloso. Após a aplicação do gesso, toda área experimental foi gradeada com grade semi-pesada e depois com grade niveladora, para incorporação do calcário e do gesso conforme os tratamentos supracitados. A área com irrigação suplementar era irrigada uma vez por semana via pivô central com uma lâmina de aproximadamente 10 mm. Após estas operações, foi realizada a semeadura do milho com ou sem as espécies de braquiárias em consórcio e posteriormente a colheita.

Aproximadamente 30 dias antes da instalação da soja, a área foi manejada quimicamente pela utilização do herbicida Glyphosate + Cletodin (1,8 kg ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.) + 240 g ha (ia)) visando à formação de palhada para início do SPD e posterior manejo com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton). A soja foi semeada sobre a palhada remanescente dos consórcios, a fim de se estudar o efeito residual dos tratamentos antecedentes. A semeadura da soja foi realizada no dia 10/11/19, utilizando-se o cultivar TMG 7063IPRO, indicada para a região agroclimática em questão. Foi utilizada uma semeadora-adubadora com disco de corte de palhada para SPD com espaçamento de 0,45 m entre linhas. Utilizou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 00-20-20. Momentos antes da semeadura da cultura, as sementes foram inoculadas com o *Bradyrhizobium spp* como bactéria fixadora. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com as necessidades da cultura. A colheita foi realizada no dia 13/03/2020.

Após a colheita da soja, foi semeada a cultura do milho safrinha. O híbrido de milho utilizado foi o indicado para a região agroclimática em questão, AG (agroseres) 8088

VTPRO2. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 m, com uma população esperada de 68.800 plantas por hectare (3,1 sementes  $m^{-1}$ ). A adubação de sementeira foi de 130 kg  $ha^{-1}$  da fórmula 08-28-16. A sementeira da *Urochloa ruziziensis* e *U. brizantha* cv piatã utilizadas nos consórcios ocorreu simultaneamente à do milho, com utilização da terceira caixa da sementeira, específica para tal finalidade. Desta forma, as sementes foram aplicadas a lanço, junto ao disco de corte da palha e incorporadas pela movimentação do solo na linha de sementeira, efetuado pelos mecanismos de corte da palha, deposição do adubo e das sementes do conjunto sementeira-adubadora. A sementeira do milho foi realizada no dia 05/04/2020 e a colheita em 05/08/2020.

A adubação nitrogenada do milho foi realizada 38 dias após a sementeira com aplicação de 100 kg  $ha^{-1}$  de ureia com base nas recomendações propostas por Rajj *et al.* (2001). A adubação foi realizada manualmente e após aplicação do adubo foi realizada uma irrigação aplicando-se uma lâmina de água com aproximadamente 10 mm, para diminuir as perdas por volatilização. O manejo fitossanitário, quando necessário, foi realizado de acordo com as necessidades da cultura. Após a colheita do milho, as espécies forrageiras provenientes do consórcio permaneceram na área para a avaliação da produção de matéria seca.

#### **4.1 Amostragem e análises na cultura da soja**

Por ocasião do florescimento da cultura da soja (R1), foi realizada a coleta da folha diagnose da cultura para avaliação do estado nutricional da cultura. O terceiro trifólio a partir do ápice foi coletado e devidamente identificado, em seguida levado à estufa de circulação de ar forçado. O material foi moído e acondicionado em sacos plásticos que depois de fechados e identificados foram levados para determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A colheita foi realizada no dia 13/03/2020, na qual avaliou-se também a população de plantas, e altura de planta, (foi mensurada utilizando uma régua graduada em centímetros, medindo do colo da planta até o ápice da haste principal), número de vagens por planta, produtividade de grãos e massa de 100 grãos (corrigidos para 13% de umidade - base úmida).

## 4.2 Amostragem e análises na cultura do milho

O estado nutricional das plantas de milho foi avaliado mediante diversos tratamentos, as quais, as folhas foram coletadas quando 50% ou mais das plantas estavam pendoadas. O terço médio da folha da base da espiga foi coletado e devidamente identificado, em seguida levado à estufa de circulação de ar forçado. O material seco foi moído e acondicionado em sacos plásticos que depois de fechados e identificados foram levados para determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Na ocasião da colheita, para a determinação da produtividade de grãos, as espigas das plantas da área útil de cada subparcela foram colhidas manualmente e, posteriormente, trilhadas mecanicamente, sendo os grãos obtidos pesados em balança, e a umidade, corrigida para 13% (base úmida). Avaliou-se também a população de plantas por hectare, altura de planta e de inserção da primeira espiga, (mensurados utilizando uma régua graduada em centímetros, medindo do colo da planta até a inserção da folha “bandeira”, e do colo da planta até a inserção da espiga mais alta, respectivamente), comprimento e diâmetro das espigas, número de fileiras e de grãos por fileira da espiga e massa de 100 grãos.

## 4.3 Atributos do solo

Realizou-se a determinação química do solo, através de amostragem nas parcelas, nas camadas de 0-0,2 e de 0,2-0,4 m, que posteriormente foram enviadas ao laboratório para análise e determinação dos seguintes atributos químicos, M.O, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al e também CTC, V%, m%, S, Cu, Mn, Zn, C.O

## 4.4 Amostragem e análise das forrageiras

O quociente massa de matéria seca da parte aérea da *Urochloa ruziziensis* e *brizantha* cv piatã foi calculado após a colheita do milho onde foi coletada a parte aérea das plantas de cobertura, utilizando-se um quadrado de 1,0 x 0,5 m. As plantas foram cortadas rente ao solo, e as mesmas foram acondicionadas em sacos de juta e colocadas em estufa a 65-70°C, por 72 horas. Os dados foram utilizados para a determinação da massa de matéria seca produzida convertendo os valores para kg ha<sup>-1</sup>.

#### 4.5 Análise estatística

Os resultados foram analisados pela análise de variância (teste F). Constatada a significância, os tratamentos foram comparados pelo teste LSD a 5% utilizando o programa estatístico Agroestat®.

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Estado nutricional, população de plantas, características agrônômicas e produtividade de grãos da cultura da soja em área de sequeiro

Os teores de macronutrientes foliar da soja na condição de sequeiro foram reportados na

*Tabela 2.* Observou-se o efeito significativo para os cultivos consorciados com a palhada sobre os teores de P foliar, a presença de plantas forrageira em consorcio com o milho antecedendo o cultivo de soja possibilitou menor teor desse nutriente. O maior teor foliar de fosforo foi obtido quando a calagem objetivou a correção da camada de 0 - 0,4 m, apesar de não significativo. Possivelmente, a elevação do pH permitiu uma maior disponibilidade de P oriundo dos fosfatos solúveis, tornando o P mais disponível para as plantas nesta dada condição (DIAS *et al.*, 2015).

Os demais macronutrientes como N, K, Ca, Mg e S não foram influenciadas pelos tratamentos.

Quanto aos teores foliares dos macronutrientes obtidos na cultura da soja em condição de sequeiro, os valores obtidos para P, Ca, Mg e S encontram-se dentro dos valores adequados para soja segundo Malavolta *et al.* (1997), os quais são: 2,6-5,0; 3,6-20,0; 2,6-10,0 e 2,1-4,0, respectivamente. Em relação ao K, a média do macronutriente foi de 15,74 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que os teores adequados devem encontrar-se entre 17,0 e 25,0 g kg<sup>-1</sup>, de forma similar, o teor de N encontrou-se abaixo da média, o qual deveria estar entre 44,0-55,0 g kg<sup>-1</sup>.

A ausência de resposta da correção química do solo quanto aos teores foliares de macronutrientes em condição de sequeiro, é justificada pela deficiência hídrica durante o período de condução do experimento, pois a reatividade de um corretivo depende da sua natureza química, granulometria, e das condições de clima e solo (ARAÚJO *et al.*, 2009).

**Tabela 2-** Valores de F e médias para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura da soja cultivada sobre diferentes palhadas de cultivo em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | N                                 | P                    | K                    | Ca                   | Mg                   | S                    |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | ----- (g kg <sup>-1</sup> ) ----- |                      |                      |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 37,10                             | 2,87                 | 16,41                | 9,07                 | 4,80                 | 2,34                 |
| Gesso                         | 37,84                             | 2,69                 | 15,15                | 9,52                 | 4,67                 | 2,29                 |
| Calcário (0-0,2)              | 37,77                             | 2,93                 | 15,89                | 9,59                 | 4,94                 | 2,26                 |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 37,80                             | 2,92                 | 15,54                | 9,48                 | 4,73                 | 1,97                 |
| Calcário (0-0,4)              | 37,28                             | 2,97                 | 15,56                | 8,54                 | 4,68                 | 2,31                 |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 37,31                             | 2,88                 | 15,86                | 9,93                 | 4,86                 | 2,20                 |
| LSD                           | 2,80                              | 0,35                 | 1,40                 | 1,50                 | 0,61                 | 0,31                 |
| <b>Palhada (P)</b>            |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 37,88                             | 3,29 a               | 15,52                | 9,55                 | 4,76                 | 2,27                 |
| Milho + Piatã                 | 37,02                             | 2,48 c               | 15,17                | 9,52                 | 4,73                 | 2,27                 |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 37,66                             | 2,85 b               | 16,52                | 8,99                 | 4,86                 | 2,15                 |
| LSD                           | 1,43                              | 0,36                 | 1,43                 | 1,10                 | 0,41                 | 0,29                 |
| <b>Teste F</b>                |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,9816 <sup>ns</sup>              | 0,5999 <sup>ns</sup> | 0,5084 <sup>ns</sup> | 0,4563 <sup>ns</sup> | 0,8999 <sup>ns</sup> | 0,2010 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (P)            | 0,4501 <sup>ns</sup>              | 0,0004 <sup>**</sup> | 0,1541 <sup>ns</sup> | 0,5146 <sup>ns</sup> | 0,7832 <sup>ns</sup> | 0,6354 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x P)        | 0,4487 <sup>ns</sup>              | 0,8355 <sup>ns</sup> | 0,9876 <sup>ns</sup> | 0,4589 <sup>ns</sup> | 0,6273 <sup>ns</sup> | 0,9732 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 37,52                             | 2,88                 | 15,74                | 9,35                 | 4,78                 | 2,23                 |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 5,54                              | 18,04                | 13,29                | 17,13                | 12,34                | 18,96                |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores de micronutrientes nas folhas de soja, em área de sequeiro, estão reportados na Tabela 3. A concentração média Ferro (Fe) e Manganês (Mn) na cultura da soja estão dentro dos padrões preestabelecidos para a cultura, sendo estes, 51,0-350,0 mg kg<sup>-1</sup> para Fe e 21,0-100,0 mg kg<sup>-1</sup> para Mn. Em relação ao teor foliar médio de Zn, este se encontra acima da faixa adequada para a cultura (21,0-50,0 mg kg<sup>-1</sup>) e o teor de Cobre (Cu) ficou abaixo do adequado, (10,0-30,0 mg kg<sup>-1</sup>), segundo Malavolta *et al.* (1997).

Para o micronutriente Mn, observou-se um efeito significativo entre os tratamentos de correção. Comparando as combinações entre gesso e calcário e suas formas isoladas de aplicação, o tratamento que proporcionou o maior acúmulo de manganês em comparação com a testemunha foi o tratamento de gessagem, apresentado 88,11 mg kg<sup>-1</sup>. Em relação à

modalidade de cultivo, de maneira geral, não observou-se diferença entre os tratamentos com as palhadas.

Embora os sistemas de correção do solo tenham causado menor teor foliar de Mn, estes teores ainda se encontram dentro dos padrões preestabelecidos. A calagem entra como uma alternativa para redução deste elemento em teores tóxicos. Porém, os sintomas de toxidez de Mn são amplamente relatados na literatura em diversas espécies vegetais, e as variações das concentrações de Mn nas plantas têm sido atribuídas às diferenças inter e intra-específicas, além das condições edafoclimáticas (FAGERIA, 2001; MORONI *et al.*, 2003).

**Tabela 3-** Valores de F e médias para os teores de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura da soja cultivada sobre diferentes palhadas de cultivo em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019/2020.

| TRATAMENTOS                   | Cu                                 | Fe                   | Mn                   | Zn                   |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | ----- (mg kg <sup>-1</sup> ) ----- |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                    |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 7,33                               | 92,77                | 96,77 a              | 87,00                |
| Gesso                         | 7,11                               | 111,66               | 88,11 ab             | 85,88                |
| Calcário (0-0,2)              | 7,33                               | 96,33                | 73,77 bc             | 84,66                |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 6,88                               | 96,00                | 74,22 bc             | 81,88                |
| Calcário (0-0,4)              | 6,66                               | 79,77                | 72,77 bc             | 81,88                |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 8,88                               | 89,88                | 71,33 c              | 85,77                |
| LSD                           | 3,73                               | 38,64                | 16,11                | 9,58                 |
| <b>Palhada (P)</b>            |                                    |                      |                      |                      |
| Milho                         | 8,38                               | 89,27                | 78,11                | 86,94                |
| Milho + Piatã                 | 6,94                               | 99,00                | 80,61                | 82,05                |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 6,77                               | 94,94                | 79,77                | 84,55                |
| LSD                           | 1,94                               | 26,46                | 8,85                 | 5,74                 |
| <b>Teste F</b>                |                                    |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,8094 <sup>ns</sup>               | 0,6234 <sup>ns</sup> | 0,0263 *             | 0,7651 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (P)            | 0,1925 <sup>ns</sup>               | 0,7509 <sup>ns</sup> | 0,8397 <sup>ns</sup> | 0,2339 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x P)        | 0,3130 <sup>ns</sup>               | 0,7233 <sup>ns</sup> | 0,9086 <sup>ns</sup> | 0,5559 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 7,37                               | 94,40                | 79,50                | 84,51                |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 38,37                              | 40,75                | 16,19                | 9,87                 |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em área de sequeiro, a produtividade de grãos e o número de vagens foram influenciadas apenas pelo efeito residual da correção química do solo (Tabela 4). De modo que, obteve-se o maior número de vagens nos tratamentos com calagem simultaneamente a gessagem (0 – 0,2 m) e calagem até 0,4 m.

As maiores produtividade de grãos foram obtidas nos tratamentos com calagem mais a gessagem e também com a calagem com incorporação até 0,2 m. Este fato se deve a melhora na fertilidade do solo, o que permitiu melhor desenvolvimento da cultura da soja nestas condições. De maneira geral, a correção com calcário associado ao gesso visando correção até 0,4 m foi o tratamento que proporcionou um equilíbrio na maioria dos resultados obtidos. Além disso, a correção realizada até 0,4 m permite um preparo do perfil do solo para a nova safra, visando o sistema como um todo, onde as culturas das safras subsequentes se aproveitarão dos benefícios da correção realizada até essa camada.

**Tabela 4-** Teste F e médias obtidas para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), número de vagens (NV), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos de soja (PROD) nas diferentes palhadas e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019/2020.

| TRATAMENTOS                   | POP<br>(pl.ha <sup>-1</sup> ) | ALT<br>(cm)          | NV                   | M100<br>(g)          | PROD<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                               |                      |                      |                      |                                |
| Testemunha                    | 169547                        | 94,0                 | 55,8 c               | 16,4                 | 2995 c                         |
| Gesso                         | 170370                        | 94,4                 | 66,8 bc              | 16,4                 | 2952 c                         |
| Calcário (0-0,2)              | 163786                        | 98,5                 | 64,5 bc              | 17,3                 | 3218 abc                       |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 175308                        | 95,6                 | 70,0 ab              | 17,4                 | 3539 a                         |
| Calcário (0-0,4)              | 159670                        | 93,2                 | 79,4 a               | 17,6                 | 3140 bc                        |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 158024                        | 96,2                 | 65,6 bc              | 17,4                 | 3370 ab                        |
| LSD                           | 44466                         | 8,0                  | 12,1                 | 1,1                  | 373,9                          |
| <b>PALHADA (P)</b>            |                               |                      |                      |                      |                                |
| Milho                         | 158847                        | 97,1                 | 74,9                 | 16,9                 | 3201                           |
| Milho + Piatã                 | 168312                        | 94,2                 | 65,8                 | 17,3                 | 3112                           |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 171193                        | 94,6                 | 60,4                 | 17,0                 | 3294                           |
| LSD                           | 17815                         | 5,4                  | 13,3                 | 0,6                  | 309,2                          |
| <b>Teste F</b>                |                               |                      |                      |                      |                                |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,9419 <sup>ns</sup>          | 0,7265 <sup>ns</sup> | 0,0307 *             | 0,0919 <sup>ns</sup> | 0,0410 *                       |
| <i>p</i> valor (P)            | 0,3428 <sup>ns</sup>          | 0,4894 <sup>ns</sup> | 0,0979 <sup>ns</sup> | 0,3809 <sup>ns</sup> | 0,4892 <sup>ns</sup>           |
| <i>p</i> valor (C x P)        | 0,4446 <sup>ns</sup>          | 0,8019 <sup>ns</sup> | 0,8889 <sup>ns</sup> | 0,6475 <sup>ns</sup> | 0,5847 <sup>ns</sup>           |
| <b>Média Geral</b>            | 166117                        | 95,3                 | 67,0                 | 17,1                 | 3202,8                         |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 15,58                         | 8,19                 | 28,95                | 5,16                 | 14,03                          |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

A soja cultivada em área de sequeiro, apresentou média de 3203 kg ha<sup>-1</sup> a qual se encontra na média de produtividade nacional (3200 kg ha<sup>-1</sup>) e acima da média do estado (2900

kg ha<sup>-1</sup>) para a safra 19/20 (CONAB, 2020). Vale ressaltar que o solo onde o experimento foi instalado apresentava boa fertilidade inicial, o que fez com que o tratamento testemunha, o qual não recebeu corretivo, tenha apresentado resultados de produção próximo a média nacional, porém com a adição dos corretivos, houve incremento de na produção de grãos. Para a modalidade da palhada, não observou-se nenhuma diferença significativa na produtividade de grãos obtida entre o cultivo na palhada de milho solteiro e no milho consorciado com Piatã ou *U. ruziziensis*.

## **5.2 Estado nutricional, população de plantas, características agronômicas e produtividade de grãos da cultura da soja em área irrigada**

Os teores de macronutrientes na condição irrigada foram reportados na Tabela 5. A soja quando cultivada sobre palhada remanescente do consorcio de milho com o Piatã apresentou maior teor de fosforo nas folhas, seguido pelo consorcio de milho *U. ruziziensis*. Porém não se observou efeito para os tratamentos de correção de solo para esse nutriente. Os demais macronutrientes (N, K, Ca, Mg e S) não foram influenciadas pela modalidade de cultivo em palhada ou pelas estratégias de correção de solo efetuadas.

Assim como na área de sequeiro, o estado nutricional de K para a área irrigada encontra-se abaixo da faixa indicada como adequada para a cultura da soja em área irrigada, além do de teor de N, que também ficou abaixo do teor adequado. O teor foliar dos demais macronutrientes apresenta-se dentro da faixa considerada adequada para um bom desenvolvimento da cultura, segundo Malavolta *et al.* (1997). Ainda que, a correção química não tenha sido significativa, o maior teor obtido de P ocorreu quando houve a calagem e gessagem até 0,4 m, pelo fato de que a correção da acidez liberar parte do fósforo que se encontra adsorvido, ou seja, preso no solo, aumentando o aproveitamento do fósforo natural e também aumentando a eficiência dos fertilizantes fosfatados solúveis aplicados (DIAS *et al.*, 2015).

**Tabela 5-** Valores de F e médias para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura da soja sobre diferentes palhadas de cultivo em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação via pivô central. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | N                                 | P                    | K                    | Ca                   | Mg                   | S                    |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | ----- (g kg <sup>-1</sup> ) ----- |                      |                      |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 36,01                             | 2,82                 | 15,84                | 9,39                 | 4,73                 | 2,25                 |
| Gesso                         | 38,12                             | 3,13                 | 15,88                | 10,08                | 4,72                 | 2,45                 |
| Calcário (0-0,2)              | 37,27                             | 3,00                 | 15,83                | 9,14                 | 4,70                 | 2,18                 |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 37,97                             | 2,93                 | 15,10                | 9,37                 | 4,45                 | 2,49                 |
| Calcário (0-0,4)              | 37,75                             | 2,88                 | 15,18                | 9,69                 | 4,67                 | 2,28                 |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 39,45                             | 3,07                 | 16,06                | 9,90                 | 4,92                 | 2,63                 |
| LSD                           | 2,74                              | 0,45                 | 1,51                 | 0,78                 | 0,41                 | 0,38                 |
| <b>PALHADA (P)</b>            |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 38,43                             | 2,76 b               | 15,28                | 9,66                 | 4,68                 | 2,38                 |
| Milho + Piatã                 | 38,39                             | 3,16 a               | 15,92                | 9,86                 | 4,82                 | 2,46                 |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 36,47                             | 2,99 ab              | 15,75                | 9,26                 | 4,59                 | 2,30                 |
| LSD                           | 2,12                              | 0,25                 | 1,24                 | 0,72                 | 0,38                 | 0,26                 |
| <b>Teste F</b>                |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,2294 <sup>ns</sup>              | 0,6781 <sup>ns</sup> | 0,6363 <sup>ns</sup> | 0,1572 <sup>ns</sup> | 0,3390 <sup>ns</sup> | 0,1818 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (P)            | 0,1140 <sup>ns</sup>              | 0,0108 <sup>*</sup>  | 0,5526 <sup>ns</sup> | 0,2433 <sup>ns</sup> | 0,4668 <sup>ns</sup> | 0,5038 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x P)        | 0,9842 <sup>ns</sup>              | 0,2806 <sup>ns</sup> | 0,5980 <sup>ns</sup> | 0,3586 <sup>ns</sup> | 0,3388 <sup>ns</sup> | 0,3823 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 37,76                             | 2,97                 | 15,65                | 9,59                 | 4,70                 | 2,38                 |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 8,17                              | 12,37                | 11,55                | 10,95                | 11,74                | 16,41                |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores de micronutrientes obtidos no tecido foliar de soja, em área irrigada encontram-se na Tabela 6. Os teores de Ferro (Fe) e Manganês (Mn) estão dentro da faixa de suficiência para a cultura, sendo estas de 51,0-350,0 mg kg<sup>-1</sup> para Fe e 21,0-100,0 mg kg<sup>-1</sup> para Mn. De forma similar a condição de sequeiro, o teor de Zn encontra-se acima dos padrões preestabelecidos por Malavolta *et al.* (1997) para a cultura da soja e o teor de Cu ficou abaixo da média.

Os teores foliares de Mn em soja foram influenciados apenas pela correção química do solo, apresentando maior teor na correção com gesso (aspecto similar a condição de sequeiro), visto que a gessagem não altera o pH. Para os demais corretivos observou-se uma diminuição desse micronutriente catiônico em comparação a testemunha. Ainda que a adição de corretivos ao solo, a priori, podem promover uma frente de correção agressiva, fazendo com que o pH do solo na camada mais superficial se eleve acima da faixa considerada ótima, promovendo diminuição da concentração de micronutrientes biodisponíveis na solução do

solo, neste caso, o período decorrido da aplicação dos corretivos até a coleta foliar pode ter sido curto, não refletindo nos teores foliares de micronutrientes da soja em área irrigada (HARMSSEN; VLEK, 1985; CAIRES *et al.*, 2006).

O maior teor de zinco foi constatado quando a soja foi cultivada em palhada de milho consorciada com Piatã, aspecto similar com o macronutriente P. Bogiani e Ferreira (2017) observaram um efeito similar, para o Zn no cultivo de soja em palhada de milho consorciada com Piatã. Os autores afirmam que a rotação ou sucessão de culturas possibilita o aproveitamento de nutrientes residuais da cultura antecessora e as plantas de cobertura podem desempenhar um papel importante na reciclagem nos nutrientes importantes para as plantas.

**Tabela 6-** Valores de F e médias para os teores de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura da soja cultivada sobre diferentes palhadas de cultivo em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação via pivô central. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | Cu                                 | Fe                   | Mn                   | Zn                   |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | ----- (mg kg <sup>-1</sup> ) ----- |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                    |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 7,22                               | 67,77                | 71,44 a              | 71,11                |
| Gesso                         | 7,55                               | 86,33                | 72,88 a              | 65,88                |
| Calcário (0-0,2)              | 7,11                               | 72,22                | 64,00 b              | 66,55                |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 7,66                               | 69,66                | 63,66 b              | 65,33                |
| Calcário (0-0,4)              | 7,22                               | 66,11                | 62,77 b              | 68,11                |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 7,33                               | 79,00                | 62,33 b              | 64,77                |
| LSD                           | 1,68                               | 30,44                | 6,38                 | 10,33                |
| <b>Palhada (P)</b>            |                                    |                      |                      |                      |
| Milho                         | 6,66                               | 78,77                | 66,05                | 57,77 b              |
| Milho + Piatã                 | 7,50                               | 68,72                | 69,66                | 76,77 a              |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 7,88                               | 73,05                | 62,83                | 66,33 ab             |
| LSD                           | 1,09                               | 13,54                | 6,83                 | 12,61                |
| <b>Teste F</b>                |                                    |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,9708 <sup>ns</sup>               | 0,6753 <sup>ns</sup> | 0,0118*              | 0,7653 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (P)            | 0,0816 <sup>ns</sup>               | 0,3239 <sup>ns</sup> | 0,1405 <sup>ns</sup> | 0,0171*              |
| <i>p</i> valor (C x P)        | 0,6289 <sup>ns</sup>               | 0,9152 <sup>ns</sup> | 0,8618 <sup>ns</sup> | 0,7450 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 7,35                               | 73,51                | 66,18                | 66,96                |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 21,58                              | 26,77                | 15,00                | 27,38                |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Na área irrigada, a massa de cem grãos (M100) foi influenciada pelos fatores de correção de solo e palhada residual (Tabela 7). De modo que, quando realizada a calagem atingido 0,2 e 0,4 m e calagem+gessagem atingindo 0,2 e 0,4 m, os resultados em relação ao

M100 foram semelhantes, diferindo-se apenas da testemunha e da aplicação do gesso. Para a modalidade palhada, o maior M100 obtido foi para o milho consorciado com *U. ruziziensis*.

A produtividade de grãos foi influenciada apenas pelos corretivos de solo, em que, os corretivos de calcário 0,2 e 0,4 m e calagem +gessagem 0,2 m apresentaram melhores resultados em kg ha<sup>-1</sup>, seguido da calagem +gessagem 0,4 m, de forma que também evidenciou-se um aumento proporcional na massa de 100 grãos em relação aos corretivos supracitados.

**Tabela 7-** Teste F e médias obtidas para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), número de vagens (NV), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos de soja (PROD) nas diferentes palhadas e residual de correção química do solo sob irrigação via pivô central. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | POP<br>(pl.ha <sup>-1</sup> ) | ALT<br>(cm)          | NV                   | M100<br>(g)          | PROD<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                               |                      |                      |                      |                                |
| Testemunha                    | 158024                        | 106,5                | 88,8                 | 15,8 b               | 3286 bc                        |
| Gesso                         | 149794                        | 108,0                | 89,1                 | 16,0 b               | 3121 c                         |
| Calcário (0-0,2)              | 149794                        | 101,8                | 90,4                 | 17,3 a               | 4053 a                         |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 145679                        | 107,6                | 91,1                 | 17,8 a               | 4091 a                         |
| Calcário (0-0,4)              | 139917                        | 99,2                 | 86,2                 | 18,0 a               | 3877 a                         |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 157201                        | 105,4                | 84,0                 | 17,9 a               | 3705 ab                        |
| LSD                           | 15639                         | 6,5                  | 26,1                 | 0,8                  | 478,2                          |
| <b>PALHADA (P)</b>            |                               |                      |                      |                      |                                |
| Milho                         | 136625                        | 103,5                | 79,50                | 16,99 b              | 3664                           |
| Milho + Piatã                 | 159259                        | 103,4                | 91,94                | 16,97 b              | 3644                           |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 154320                        | 107,3                | 93,44                | 17,51 a              | 3758                           |
| LSD                           | 27817                         | 5,1                  | 19,90                | 0,44                 | 376,53                         |
| <b>Teste F</b>                |                               |                      |                      |                      |                                |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,1775 <sup>ns</sup>          | 0,0752 <sup>ns</sup> | 0,9885 <sup>ns</sup> | 0,0003 <sup>**</sup> | 0,0045 <sup>**</sup>           |
| <i>p</i> valor (P)            | 0,2308 <sup>ns</sup>          | 0,2197 <sup>ns</sup> | 0,3017 <sup>ns</sup> | 0,0295 <sup>*</sup>  | 0,8015 <sup>ns</sup>           |
| <i>p</i> valor (C x P)        | 0,7969 <sup>ns</sup>          | 0,9526 <sup>ns</sup> | 0,9825 <sup>ns</sup> | 0,4789 <sup>ns</sup> | 0,9743 <sup>ns</sup>           |
| <b>Média Geral</b>            | 150068                        | 104,7                | 88,2                 | 17,1                 | 3689                           |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 26,94                         | 7,15                 | 32,76                | 3,76                 | 14,83                          |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

A umidade do solo, proveniente da irrigação complementar da área, permitiu que houvesse reatividade dos corretivos no solo. O aumento de produtividade exercido pela combinação do calcário e do gesso deve-se ao fato da maior disponibilidade de

macronutrientes pelo perfil do solo, como P, Ca, Mg e S e pela possível redução nos teores de  $Al^{3+}$ , tornando as condições químicas mais favoráveis ao desenvolvimento radicular, absorção de água e nutrientes (ZANDONÁ *et al.*, 2015).

A soja cultivada em área irrigada apresentou média de produção de 3689 kg ha<sup>-1</sup> a qual se encontra acima da média de produtividade nacional (3200 kg ha<sup>-1</sup>) e acima da média do estado (2900 kg ha<sup>-1</sup>) para a safra 19/20 (CONAB, 2020). Comparando a média obtida nesta área com a média de produtividade da área de sequeiro (3203 kg ha<sup>-1</sup>), observa-se maior produtividade, inferindo sobre a importância da disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura. Em virtude das mudanças climáticas que o planeta tem apresentado nos últimos anos, os períodos de chuva têm se tornado mais irregulares e também mal distribuídas, fato evidenciado pela Figura 1. Embora que demanda de água requerida pela cultura de soja para completar seu estado fisiológico tenha sido atendida, em torno de 650 a 700 mm (FARIAS *et al.*, 2010), as fases que há maior demanda de água (florescimento e enchimento de grãos), entre os dias 45 e 110 após a semeadura, as chuvas nesse período foram escassas e irregulares, influenciando diretamente na produção de grãos.

A água é fundamental para que a planta expresse seu potencial de resposta a toda e qualquer tecnologia empregada, pois, segundo Ruviaro *et al.* (2011), o uso da irrigação está diretamente relacionado à resposta do potencial da cultura, de modo que até mesmo a testemunha apresentou resultados de produtividade dentro média nacional. Esta necessidade e/ou limitação ocorre porque a água está envolvida na maioria dos processos bioquímicos e fisiológicos da planta (KING *et al.*, 2014; DU *et al.*, 2015; FERRARI *et al.*, 2015). Além disso, o aumento da produtividade de grãos, em consequência da irrigação, pode estar relacionado à maior nodulação das plantas, pois a nodulação é um fator determinante no rendimento de grãos e está correlacionada a 40% da produtividade (BRANDELERO *et al.*, 2009).

### **5.3 Estado nutricional, população de plantas, características agronômicas e produtividade de grãos da cultura do milho em área de sequeiro**

Observa-se que, em condição de sequeiro, a Modalidade de Cultivo (M) apenas teve efeito positivo quanto ao teor P para o milho consorciado com Piatã. Os teores de K, Mg e S não foram influenciadas pelos consórcios (Tabela 8). Para o cultivo consorciado com *U. ruziziensis*, os teores de N, P e Ca foram influenciados negativamente, sendo suas médias inferiores quando comparados ao cultivo de milho solteiro.

**Tabela 8-** Valores de F e médias para os teores foliares de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura do milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | N                                 | P                    | K                    | Ca                   | Mg                   | S                    |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | ----- (g kg <sup>-1</sup> ) ----- |                      |                      |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 15,73                             | 1,02                 | 9,06                 | 3,74                 | 5,73                 | 1,00                 |
| Gesso                         | 15,98                             | 1,02                 | 9,43                 | 3,86                 | 5,86                 | 1,17                 |
| Calcário (0-0,2)              | 15,28                             | 0,80                 | 9,10                 | 3,61                 | 5,58                 | 1,22                 |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 15,17                             | 0,97                 | 10,54                | 4,16                 | 6,00                 | 1,55                 |
| Calcário (0-0,4)              | 16,01                             | 0,89                 | 10,04                | 3,89                 | 5,98                 | 1,35                 |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 15,16                             | 0,97                 | 9,56                 | 3,63                 | 5,75                 | 1,27                 |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 16,58 a                           | 0,92 b               | 10,33                | 4,12 a               | 5,77                 | 1,29                 |
| Milho + Piatã                 | 16,02 a                           | 1,20 a               | 9,42                 | 3,86 ab              | 5,96                 | 1,32                 |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 14,07 b                           | 0,71 c               | 9,12                 | 3,46 b               | 5,72                 | 1,17                 |
| <b>Teste F</b>                |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,3878 <sup>ns</sup>              | 0,2053 <sup>ns</sup> | 0,6893 <sup>ns</sup> | 0,1029 <sup>ns</sup> | 0,0697 <sup>ns</sup> | 0,0685 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | <0,0001**                         | 0,0002**             | 0,2255 <sup>ns</sup> | 0,0323*              | 0,2825 <sup>ns</sup> | 0,5589 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,5067 <sup>ns</sup>              | 0,9620 <sup>ns</sup> | 0,8206 <sup>ns</sup> | 0,8364 <sup>ns</sup> | 0,9248 <sup>ns</sup> | 0,8528 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 15,59                             | 0,94                 | 9,62                 | 3,81                 | 5,82                 | 1,26                 |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 7,73                              | 27,25                | 22,10                | 18,4                 | 7,86                 | 32,21                |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \* significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores obtidos de N, K, P e S foliar encontram-se abaixo da faixa considerada de suficiência para a cultura do milho. Em relação ao N, a média do macronutriente foi de 15,59 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que os teores adequados devem encontrar-se entre 27,5 e 32,5 g kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA *et al.*, 1997). A sucessão soja-milho extrai grande quantidade de nitrogênio e a liberação deste dos restos culturais da soja não é suficiente para atender à demanda desse nutriente pela cultura do milho, havendo a necessidade de suprimento via adubação, justificando então o resultado aqui obtido para o teor de N. Assim a adubação feita no momento da semeadura não foi suficiente para atender a demanda da cultura (DUARTE; CANTARELLA, 2007).

Para K, os teores desejáveis devem estar entre 17,5 e 22,5 g kg<sup>-1</sup>, no entanto, a média obtida foi de 9,62 g kg<sup>-1</sup>. Para os macronutrientes P e S os valores encontrados foram de 0,94 e 1,26 g kg<sup>-1</sup>, os quais os mesmos deveriam estar entre 2,5 e 3,5; 1,5 e e 2,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Enquanto que o teor foliar de Mg está elevado, com valor de 5,82 g kg<sup>-1</sup>, sendo que valores ideais são na faixa de 2,5 e 4,0 g kg<sup>-1</sup>. Apenas o Ca encontra-se dentro da

faixa adequada que permite bom desenvolvimento da cultura (2,5 e 4,0 g kg<sup>-1</sup>) de acordo com os valores estabelecidos como adequado por Malavolta *et al.* (1997).

A ausência de resposta da correção química do solo quanto aos teores foliares de macronutrientes no milho em condição de sequeiro, pode ser justificada pela ausência de chuvas durante o período de condução do experimento, pois sabe-se que a reatividade de um corretivo depende da sua natureza química, granulometria, e das condições de clima e solo (ARAÚJO *et al.*, 2009).

Os teores de micronutrientes nas folhas de milho, em área de sequeiro, estão reportados na

**Tabela 9.** Os teores de Cu e Mn estão dentro dos padrões preestabelecidos para a cultura, sendo estes entre 6,0 e 20,0 e de 50,0 a 150,0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. No entanto, os teores de Zn (74,11 mg kg<sup>-1</sup>) e Fe (369,59 mg kg<sup>-1</sup>) encontram-se muito acima daqueles considerados adequados para a cultura, segundo Malavolta *et al.* (1997), sendo eles 15,0 a 50,0 e de 50,0 a 150,0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O mesmo efeito foi observado em relação ao Zn, na cultura da soja em área de sequeiro.

Segundo Malavolta *et al.* (1997), no solo, a absorção do Zn pode ser afetada pela aplicação de fosfato, devido a complexação P-Zn que insolubiliza o Zn nas superfícies das raízes. Na planta, os processos fisiológicos de translocação do íon Zn da superfície da raiz para a folha são prejudicados por altos teores de P. Isso ocorre em função da redução na esterificação de metil em ácidos poligacturônicos, o que eleva cargas negativas nas raízes, que indisponibilizam Zn para absorção da planta (YOUNGDAHL *et al.*, 1977). O teor de P reportado está muito abaixo do ideal para o cultivo do milho, assim a ausência de P facilita o processo de translocação de Zn da raiz para as folhas, o que explica o alto teor de Zn encontrado.

Os teores foliares de cobre e ferro foram responsivos a correção de solo realizada, de forma que para ambos micronutrientes, os maiores teores foram obtidos quando realizou-se a correção de calcário + gesso atingindo até 0,2 m e apenas a calagem atingindo 0,4 m. A abundância de Fe no solo é alta, pelo fato de se tratar de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico. Solos de coloração avermelhada apresentam em sua constituição o mineral hematita, característico por apresentar Fe em sua composição, promovendo tal coloração ao solo (FERNANDES *et al.*, 2004). O excesso de Fe pode causar desbalanços nutricionais nas plantas induzindo deficiência de alguns minerais essenciais (AUDEBERT; FOFANA, 2009;

FAGERIA *et al.*, 2008). Possivelmente o processo de correção de solo não foi eficaz na correção do pH do mesmo, sendo assim, com o solo ácido, o teor dos micronutrientes tendem a aumentar e em contrapartida todos os demais nutrientes importantes para a planta têm sua disponibilidade reduzida, conforme observado pelos resultados demonstrados na Tabela 8 e 9.

**Tabela 9-** Valores de F e médias para os teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura do milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | Cu                                 | Fe                   | Mn                   | Zn                   |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | ----- (mg kg <sup>-1</sup> ) ----- |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                    |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 9,44 b                             | 333,88 b             | 69,33                | 177,66               |
| Gesso                         | 12,22 a                            | 337,88 b             | 77,33                | 174,22               |
| Calcário (0-0,2)              | 9,33 b                             | 327,55 b             | 70,66                | 178,88               |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 11,00 ab                           | 443,00 a             | 79,11                | 192,77               |
| Calcário (0-0,4)              | 12,11 a                            | 441,00 a             | 75,22                | 180,77               |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 9,33 b                             | 334,22 b             | 73,00                | 179,44               |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                                    |                      |                      |                      |
| Milho                         | 11,66 a                            | 368,55               | 73,77                | 178,33               |
| Milho + Piatã                 | 11,33 a                            | 338,16               | 73,27                | 180,94               |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 8,72 b                             | 402,05               | 75,27                | 182,61               |
| <b>Teste F</b>                |                                    |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,0302*                            | 0,0038**             | 0,7170 <sup>ns</sup> | 0,6763 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,0492 <sup>ns</sup>               | 0,1805 <sup>ns</sup> | 0,9333 <sup>ns</sup> | 0,8558 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,2545 <sup>ns</sup>               | 0,9440 <sup>ns</sup> | 0,9503 <sup>ns</sup> | 0,6826 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 10,57                              | 369,59               | 74,11                | 180,62 <sup>ns</sup> |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 28,36                              | 26,54                | 22,64                | 12,79                |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \* significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Na população de plantas foi observada uma tendência na diminuição da população frente aos tratamentos com os corretivos químicos utilizados, quando comparado com a testemunha (Tabela 10). Esse fato pode ser explicado pela ausência de palha nas parcelas e pelas fortes chuvas ocorridas no início do estabelecimento da cultura. Dessa forma, o solo permaneceu descoberto e o impacto das gotas das fortes chuvas ocorridas neste período, fez com que houvesse desenterramento das sementes afetando a população final de plantas.

A população de plantas foi influenciada pela modalidade de cultivo, onde observou um decréscimo na população de plantas quando o milho foi consorciado ou com Piatã ou com *U. ruziziensis*. O milho tem crescimento inicial mais rápido e pode diminuir o crescimento da

forageira em consórcio (SEREIA *et al.*, 2012). Entretanto, existe uma competição entre as espécies consorciadas, por luz e nutrientes (JAKELAITIS *et al.*, 2004).

Para os demais atributos morfológicos avaliados, a modalidade de cultivo teve efeito negativo na altura da planta e inserção da espiga, de modo que o milho cultivado solteiro propiciou melhores resultados. Isso demonstra que houve competição interespecífica entre a cultura de interesse comercial e as espécies utilizadas nos consórcios. Apenas para o atributo CE, a modalidade milho consorciada com Piatã conferiu efeito positivo. Pariz *et al.* (2011) avaliando consórcios de milho com as *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. ruziziensis* e o híbrido cv. 'Mulato II', em cultivo simultâneo a lanço e na linha de semeadura do milho, onde observaram que o consórcio em linha com a *B. ruziziensis* reduziu o comprimento de espigas. Tal fato segundo os autores refletiu em menor massa de grãos por espiga e, conseqüentemente diminuição da produtividade de grãos de milho. Neste trabalho a produtividade não foi afetada com as modalidades de cultivo, porém no consórcio com Piatã, os valores de produtividade em kg ha<sup>-1</sup> são inferiores quando comparado com o milho cultivado solteiro.

**Tabela 10-** Teste F e médias obtidas para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), altura de inserção da espiga (AE), comprimento da espiga (CE) e diâmetro (DE) de espigas de milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | POP<br>(pl.ha <sup>-1</sup> ) | ALT<br>(m)           | AE                   | CE<br>(cm)           | DE                   |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                               |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 67489 a                       | 1,14                 | 0,69                 | 12,00                | 4,25                 |
| Gesso                         | 60904 bc                      | 1,17                 | 0,70                 | 12,44                | 4,44                 |
| Calcário (0-0,2)              | 58435 c                       | 1,12                 | 0,68                 | 12,88                | 4,25                 |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 65842 ab                      | 1,20                 | 0,72                 | 12,22                | 4,48                 |
| Calcário (0-0,4)              | 65842 ab                      | 1,16                 | 0,70                 | 12,77                | 4,48                 |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 60904 bc                      | 1,17                 | 0,70                 | 13,11                | 4,37                 |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                               |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 66666 a                       | 1,24 a               | 0,73 a               | 12,33 b              | 4,46                 |
| Milho + Piatã                 | 61316 b                       | 1,12 b               | 0,68 a               | 13,50 a              | 4,40                 |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 61727 b                       | 1,12 b               | 0,68 a               | 11,88 b              | 4,27                 |
| <b>Teste F</b>                |                               |                      |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,0487*                       | 0,1179 <sup>ns</sup> | 0,5438 <sup>ns</sup> | 0,6558 <sup>ns</sup> | 0,7125 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,0276*                       | 0,0003**             | 0,0009**             | 0,0151*              | 0,1776 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,7164 <sup>ns</sup>          | 0,5831 <sup>ns</sup> | 0,0588 <sup>ns</sup> | 0,6416 <sup>ns</sup> | 0,3337 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 63236                         | 1,16                 | 70,37                | 12,57                | 4,38                 |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 9,76                          | 7,25                 | 4,82                 | 12,52                | 6,74                 |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Na Tabela 11 podemos observar que as demais características morfológicas não obtiveram resposta significativa quanto a correção química de solo e também quanto as modalidades de cultivo.

**Tabela 11-** Teste F e médias obtidas número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), massa de cem grãos (M100) e produtividade (PROD) de milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), /2020.

| TRATAMENTOS                   | NF                   | NGF                  | M100<br>(g)          | PROD<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                      |                      |                      |                                |
| Testemunha                    | 16                   | 24                   | 20,66                | 5458                           |
| Gesso                         | 17                   | 24                   | 21,22                | 5510                           |
| Calcário (0-0,2)              | 16                   | 22                   | 19,33                | 4160                           |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 16                   | 22                   | 22,77                | 5366                           |
| Calcário (0-0,4)              | 17                   | 20                   | 21,22                | 4996                           |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 18                   | 21                   | 22,33                | 5517                           |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                      |                      |                      |                                |
| Milho                         | 17                   | 23                   | 21,50                | 5712                           |
| Milho + Piatã                 | 17                   | 23                   | 21,27                | 4987                           |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 16                   | 22                   | 21,00                | 4804                           |
| <b>Teste F</b>                |                      |                      |                      |                                |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,0900 <sup>ns</sup> | 0,6073 <sup>ns</sup> | 0,7260 <sup>ns</sup> | 0,4575 <sup>ns</sup>           |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,8774 <sup>ns</sup> | 0,4927 <sup>ns</sup> | 0,9309 <sup>ns</sup> | 0,2268 <sup>ns</sup>           |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,4672 <sup>ns</sup> | 0,6325 <sup>ns</sup> | 0,6161 <sup>ns</sup> | 0,7869 <sup>ns</sup>           |
| <b>Média Geral</b>            | 17                   | 22                   | 21,25                | 5168                           |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 11,63                | 15,13                | 18,65                | 29,87                          |

ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

#### 5.4 Estado nutricional, população de plantas, características agrônômicas e produtividade de grãos da cultura do milho em área irrigada

Em relação as respostas obtidas para macronutrientes em área irrigada (Tabela 12), percebe-se certa semelhança em relação a área de sequeiro (Tabela 8). Para ambos os experimentos a média geral para teores foliares de N, P, K estão abaixo do recomendado, Ca encontra-se dentro da faixa de suficiência e Mg está elevado. Apenas diferiu em relação ao S,

cujo teor, na área irrigada, apresentou valor dentro da faixa adequada para o cultivo do milho (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Através desses resultados, podemos concluir que a irrigação via aspersão não beneficiou a absorção dos macronutrientes pela planta. Porém vale salientar que os teores de N, K, P e S são numericamente maiores que aqueles apresentados na condição de sequeiro.

Adicionalmente, os tratamentos não exerceram nenhuma influência no teor dos micronutrientes avaliados, e somente na modalidade consorciada com *U. ruziziensis* observou-se efeito significativo quanto ao teor de P, sendo superior ao teor encontrado para o milho solteiro. Batista *et al.* 2011 observaram resposta similar quando trabalharam com milho de segunda safra consorciado com *B. decumbens*, *B. ruziziensis*, *B. brizantha* cv. Marandu e *P. maximum* cv. Tanzânia semeadas na entrelinha do milho. Os autores verificaram o acúmulo de P por ocasião da maturidade fisiológica do milho.

**Tabela 12-** Valores de F e médias para os teores foliares de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura do milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação.

| TRATAMENTOS                   | N                                 | P                    | K                    | Ca                   | Mg                   | S                    |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | ----- (g kg <sup>-1</sup> ) ----- |                      |                      |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 16,54                             | 1,50                 | 11,61                | 3,56                 | 5,46                 | 1,63                 |
| Gesso                         | 18,02                             | 1,49                 | 11,22                | 3,69                 | 5,49                 | 1,61                 |
| Calcário (0-0,2)              | 17,31                             | 1,45                 | 10,93                | 3,72                 | 5,73                 | 1,63                 |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 17,67                             | 1,73                 | 9,90                 | 3,54                 | 5,48                 | 1,47                 |
| Calcário (0-0,4)              | 18,03                             | 1,79                 | 9,92                 | 3,51                 | 5,66                 | 1,84                 |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 18,39                             | 1,50                 | 10,61                | 3,69                 | 5,59                 | 1,71                 |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 18,17                             | 0,92 a               | 10,74                | 3,71                 | 5,55                 | 1,69                 |
| Milho + Piatã                 | 17,27                             | 1,62 a               | 10,71                | 3,58                 | 5,59                 | 1,69                 |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 17,54                             | 2,20 b               | 10,64                | 3,56                 | 5,56                 | 1,56                 |
| <b>Teste F</b>                |                                   |                      |                      |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,6879 <sup>ns</sup>              | 0,9127 <sup>ns</sup> | 0,4712 <sup>ns</sup> | 0,9853 <sup>ns</sup> | 0,6554 <sup>ns</sup> | 0,5137 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,3725 <sup>ns</sup>              | 0,0022**             | 0,9849 <sup>ns</sup> | 0,6756 <sup>ns</sup> | 0,9508 <sup>ns</sup> | 0,5400 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,7255 <sup>ns</sup>              | 0,3383 <sup>ns</sup> | 0,7763 <sup>ns</sup> | 0,1325 <sup>ns</sup> | 0,3959 <sup>ns</sup> | 0,7229 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 17,66                             | 1,58                 | 10,70                | 3,62                 | 5,57                 | 1,65                 |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 10,90                             | 32,51                | 16,19                | 15,32                | 6,22                 | 23,68                |

Selvíria (MS), /2020.

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores foliares dos micronutrientes estão reportados na Tabela 13, cujo teor de Cu em relação ao sequeiro aumentou, encontrando-se acima da faixa recomendada, e o teor de Fe também está acima da faixa adequada, porém em comparação ao sequeiro seu valor diminuiu. O Mn ainda permanece dentro da faixa recomendada, porém o teor diminuiu em relação ao sequeiro, bem como o teor de Zn que está muito acima daquele recomendado por Malavolta *et al.* 1997.

O papel fundamental do Cu no cultivo do milho é inibir a ação das enzimas catalase e peroxidases acumulando peróxidos que proporciona ação bactericida e conseqüentemente maior resistência a doenças e intempéries (FANCELLI, 2008). Assim, em situações de stress, como no caso da condição de sequeiro, a qual houve déficit hídrico, sua disponibilidade na planta diminuiu. Em áreas irrigadas, por exemplo, sua disponibilidade na planta torna-se maior, pois a planta não requer tanto deste elemento, o que justifica o aumento do teor foliar de Cu na área irrigada.

Não observou-se efeito significativo para os tratamentos, apenas para as modalidades consorciadas com *U. ruziziensis*, de forma que o teor de Mn é inferior em relação ao milho solteiro, desde que a espécie forrageira também possui demanda por Mn.

**Tabela 13-** Valores de F e médias para os teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura do milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | Cu                                 | Fe                   | Mn                   | Zn                   |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | ----- (mg kg <sup>-1</sup> ) ----- |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                    |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 21,66                              | 298,44               | 67,55                | 216,44               |
| Gesso                         | 19,44                              | 311,88               | 66,00                | 215,00               |
| Calcário (0-0,2)              | 23,66                              | 286,88               | 62,55                | 218,66               |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 26,55                              | 321,22               | 69,44                | 225,66               |
| Calcário (0-0,4)              | 26,16                              | 296,33               | 63,66                | 213,94               |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 24,88                              | 285,77               | 63,00                | 215,00               |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                                    |                      |                      |                      |
| Milho                         | 23,33                              | 293,77               | 68,83 a              | 209,44               |
| Milho + Piatã                 | 24,63                              | 319,50               | 67,50 a              | 212,97               |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 23,22                              | 287,00               | 59,77 b              | 229,94               |
| <b>Teste F</b>                |                                    |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,6079 <sup>ns</sup>               | 0,5313 <sup>ns</sup> | 0,1385 <sup>ns</sup> | 0,9409 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,7879 <sup>ns</sup>               | 0,2515 <sup>ns</sup> | 0,0036**             | 0,2225 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,1998 <sup>ns</sup>               | 0,9759 <sup>ns</sup> | 0,4783 <sup>ns</sup> | 0,9413 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 23,73                              | 300,09               | 65,37 <sup>ns</sup>  | 217,45               |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 28,70                              | 20,01                | 11,84                | 16,89                |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Não foram obtidas respostas quanto aos tratamentos e as modalidades de consórcio em relação os atributos morfológicos do milho na área irrigada (Tabela 14). Os teores para os atributos POP, ALT, AE, CE e DE, embora que o efeito não foi significativo, percebe-se que de forma geral um ligeiro aumento nos teores para as parcelas que receberam correção de solo em relação a testemunha. Comparando a média dos atributos avaliados na área de sequeiro com esses obtidos no cultivo irrigado, apenas a POP e o DE apresentam-se inferiores, a média dos demais atributos são superiores a área de sequeiro. Ou seja, aqui a única variável positiva foi a disponibilidade de água durante todo o tempo de cultivo, enquanto que as demais variáveis (correção e modalidade) não apresentam efeito sobre os atributos do milho aqui estudados.

**Tabela 14-** Teste F e médias obtidas para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), altura de inserção da espiga (AE), comprimento (CE) e diâmetro (DE) de espigas de milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | POP<br>(pl.ha <sup>-1</sup> ) | ALT<br>(m)           | AE                   | CE<br>(cm)           | DE                   |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                               |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 58435                         | 1,81                 | 0,89                 | 14,66                | 4,55                 |
| Gesso                         | 59258                         | 1,81                 | 0,90                 | 15,55                | 4,81                 |
| Calcário (0-0,2)              | 58435                         | 1,85                 | 0,94                 | 14,66                | 4,59                 |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 59258                         | 1,86                 | 0,92                 | 14,55                | 4,62                 |
| Calcário (0-0,4)              | 55966                         | 1,81                 | 0,93                 | 15,05                | 4,74                 |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 57612                         | 1,80                 | 0,91                 | 14,77                | 4,77                 |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                               |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 57612                         | 1,84                 | 0,91                 | 15,27                | 4,70                 |
| Milho + Piatã                 | 57201                         | 1,83                 | 0,93                 | 14,75                | 4,61                 |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 59670                         | 1,81                 | 0,91                 | 14,61                | 4,74                 |
| <b>Teste F</b>                |                               |                      |                      |                      |                      |
| <b>p valor (C)</b>            | 0,8671 <sup>ns</sup>          | 0,9298 <sup>ns</sup> | 0,6060 <sup>ns</sup> | 0,7889 <sup>ns</sup> | 0,4407 <sup>ns</sup> |
| <b>p valor (M)</b>            | 0,4845 <sup>ns</sup>          | 0,7364 <sup>ns</sup> | 0,5881 <sup>ns</sup> | 0,3646 <sup>ns</sup> | 0,2495 <sup>ns</sup> |
| <b>p valor (C x M)</b>        | 0,7488 <sup>ns</sup>          | 0,4255 <sup>ns</sup> | 0,3576 <sup>ns</sup> | 0,7102 <sup>ns</sup> | 0,4903 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 58161                         | 1,83                 | 91,87                | 14,87                | 4,68                 |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 11,16                         | 5,44                 | 7,53                 | 9,77                 | 4,98                 |

ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Todos os atributos disponíveis na Tabela 15 são numericamente superiores aqueles reportadas na área de sequeiro. Por exemplo, a produtividade média de grãos foi de 5168 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que na área irrigada, a produtividade média foi de 7880 kg ha<sup>-1</sup>. O uso de irrigação adiciona-se aos custos de produção, porém, a disponibilidade adequada de água e redução dos riscos permite ao produtor o uso de tecnologia mais elevada, visando à obtenção de altas produtividades de grãos, já que as culturas tendem a ser bastante responsiva a irrigação (SOARES, 2010). Não foi observada resposta em relação aos tratamentos aqui avaliados.

**Tabela 15-** Teste F e médias obtidas número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGF), massa de cem grãos (M100) e produtividade (PROD) de milho solteiro ou consorciado em função do residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | NF                   | NGF                  | M100<br>(g)          | PROD<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                      |                      |                      |                                |
| Testemunha                    | 18 b                 | 28                   | 25,88                | 7767                           |
| Gesso                         | 18 b                 | 30                   | 25,00                | 7900                           |
| Calcário (0-0,2)              | 19 a                 | 29                   | 24,33                | 7688                           |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 18 b                 | 28                   | 25,77                | 7549                           |
| Calcário (0-0,4)              | 18 b                 | 30                   | 25,83                | 7756                           |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 18 b                 | 29                   | 28,33                | 8622                           |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                      |                      |                      |                                |
| Milho                         | 18                   | 29                   | 27,05                | 8115                           |
| Milho + Piatã                 | 18                   | 28                   | 24,36                | 7155                           |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 18                   | 30                   | 26,16                | 8371                           |
| <b>Teste F</b>                |                      |                      |                      |                                |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,0174*              | 0,6880 <sup>ns</sup> | 0,1531 <sup>ns</sup> | 0,7982 <sup>ns</sup>           |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,5403 <sup>ns</sup> | 0,2826 <sup>ns</sup> | 0,1633 <sup>ns</sup> | 0,1545 <sup>ns</sup>           |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,2947 <sup>ns</sup> | 0,3624 <sup>ns</sup> | 0,9540 <sup>ns</sup> | 0,2047 <sup>ns</sup>           |
| <b>Média Geral</b>            | 18,1                 | 29                   | 25,86                | 7880                           |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 6,32                 | 9,50                 | 16,10                | 23,32                          |

\* significativo 0,01 < p < 0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

## 5.5 Análise dos atributos do solo

### 5.5.1 Atributos do solo (0-0,2 m) em condição de sequeiro

Com intuito de comparar os dados obtidos em relação ao sistema de plantio utilizado durante o trabalho, realizou-se a análise de solo após a colheita do milho (Tabela 16). Antes da instalação do experimento, os atributos químicos do solo foram avaliados, os quais até 0,2 m os seguintes resultados foram obtidos: M. O=21 g dm<sup>-3</sup>; pH= 5,2 CaCl<sub>2</sub>; K= 2,4 mmol dm<sup>-3</sup>; Ca= 18 mmol dm<sup>-3</sup>; Mg= 13 mmol dm<sup>-3</sup>; H+Al= 31 mmol dm<sup>-3</sup>; Al= 29 mmol dm<sup>-3</sup> e SB= 33,4 mmol dm<sup>-3</sup>. Comparando com os resultados apresentas na Tabela 1, as médias foram superiores, com valores elevados de M.O. e P, as quais, apresentaram valores superiores, enquanto que o pH ocorreu um decréscimo em seu valor.

Além do mais, o pH foi influenciado pelas modalidades de cultivo consorciado com as espécies Piatã e *U. ruziziensis*, de modo que seu valor aumentou e diminuiu em relação a testemunha, respectivamente. O teor de Mg reportado no solo foi influenciado pelos corretivos aplicados, onde o maior teor encontrado foi no sistema calagem até 0,4 m e calagem + gesso 0,4 m. A calagem visa precipitar o Al<sup>3+</sup> que está ocupando espaços na capacidade de troca de cátions que poderiam estar sendo ocupados por nutrientes e ionizar grupamentos hidroxílicos com a remoção dos H<sup>+</sup> aumentando a quantidade de cargas negativas disponíveis para a adsorção de nutrientes de interesse. Conforme esperado, após a aplicação dos corretivos o teor de Al<sup>3+</sup> diminuiu, somente para a gessagem que não observou-se tal efeito. Adicionalmente, o milho consorciado com *U. ruziziensis* apresentou efeito significativo em relação ao teor Al, de forma que seu teor foi maior em comparação com o milho solteiro.

**Tabela 16-** Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | M.O                  | pH                   | K                    | Ca                   | Mg                   | H+Al                 | Al                   |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | g dm <sup>-3</sup>   | CaCl <sub>2</sub>    |                      |                      |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 18,55                | 4,22                 | 4,11                 | 26,11                | 11,77 c              | 34,22                | 2,66 a               |
| Gesso                         | 18,00                | 4,55                 | 3,88                 | 30,66                | 13,44 bc             | 39,66                | 2,55 a               |
| Calcário (0-0,2)              | 17,55                | 4,55                 | 3,77                 | 27,44                | 15,66 ab             | 39,00                | 1,77 b               |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 17,77                | 4,66                 | 3,11                 | 35,33                | 14,22 abc            | 35,11                | 1,44 b               |
| Calcário (0-0,4)              | 18,77                | 4,66                 | 3,11                 | 29,22                | 16,77 a              | 37,22                | 1,66 b               |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 18,00                | 4,55                 | 4,44                 | 31,88                | 16,33 a              | 38,22                | 1,77 b               |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 17,72                | 4,55 ab              | 4,44                 | 31,05                | 15,27                | 37,83                | 1,83 b               |
| Milho + Piatã                 | 19,05                | 4,72 a               | 3,61                 | 30,27                | 14,66                | 35,27                | 1,83 b               |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 17,55                | 4,33 b               | 3,16                 | 29,00                | 14,16                | 38,61                | 2,27 a               |
| <b>Teste F</b>                |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,8770 <sup>ns</sup> | 0,0762 <sup>ns</sup> | 0,1930 <sup>ns</sup> | 0,0923 <sup>ns</sup> | 0,0181*              | 0,4450 <sup>ns</sup> | 0,0048**             |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,3521 <sup>ns</sup> | 0,0398*              | 0,0548 <sup>ns</sup> | 0,5982 <sup>ns</sup> | 0,5762 <sup>ns</sup> | 0,1737 <sup>ns</sup> | 0,0457*              |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,6864 <sup>ns</sup> | 0,6134 <sup>ns</sup> | 0,9105 <sup>ns</sup> | 0,3734 <sup>ns</sup> | 0,6356 <sup>ns</sup> | 0,9887 <sup>ns</sup> | 0,6397 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 18,11                | 4,53                 | 3,74                 | 30,11                | 14,70                | 37,24                | 1,98                 |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 18,44                | 9,48                 | 34,32                | 20,18                | 21,37                | 14,47                | 37,54                |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%. Fonte: Dados do próprio autor.

Os demais resultados da análise de solo até 0,20 m estão reportados na Tabela 17. Observa-se que a saturação por bases tem efeito significativo quando é realizado a correção do solo. Porém os resultados não são tão conclusivos conforme esperado, pois a correção química do solo visava aumentar o pH do solo e, portanto, elevar o V%, em contrapartida a saturação diminuiu com a aplicação dos corretivos. Tiritan (2001) reportou resultados semelhantes e o autor acrescentou que para promover correção da acidez em profundidade, pode ser necessários a aplicação de doses complementares de calcário, na superfície, por vários anos. Apenas uma aplicação complementar, como foi feito no experimento, não foi suficiente para aumentar o pH do solo.

**Tabela 17-** Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | T                                     | V                    | M                    | S                    | Cu                                 | Mn                   | Zn                   | C.O                  |
|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | mmol <sub>c</sub><br>dm <sup>-3</sup> | %                    | %                    | mg dm <sup>-3</sup>  | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 80,33                                 | 58,22 abc            | 6,44 a               | 22,11                | 13,88                              | 32,33                | 2,22                 | 11,88                |
| Gesso                         | 86,00                                 | 54,44 bcd            | 6,22 a               | 34,44                | 13,88                              | 32,11                | 2,00                 | 11,22                |
| Calcário (0-0,2)              | 85,77                                 | 53,77 cd             | 6,55 a               | 31,77                | 13,22                              | 32,11                | 2,88                 | 10,77                |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 88,55                                 | 51,44 a              | 3,44 b               | 24,66                | 12,55                              | 32,77                | 2,22                 | 11,00                |
| Calcário (0-0,4)              | 81,33                                 | 52,33 d              | 4,00 ab              | 44,77                | 13,77                              | 32,33                | 2,22                 | 12,00                |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 90,55                                 | 58,00 abc            | 5,22 ab              | 37,22                | 17,11                              | 32,55                | 2,11                 | 10,66                |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| Milho                         | 87,50                                 | 56,27                | 5,00 ab              | 29,72                | 13,66 b                            | 32,16                | 2,05 b               | 10,88                |
| Milho + Piatã                 | 85,11                                 | 58,44                | 4,44 b               | 38,44                | 12,16 b                            | 32,33                | 2,11 b               | 11,83                |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 83,66                                 | 54,38                | 6,50 a               | 29,33                | 16,38 a                            | 32,61                | 2,66 a               | 11,05                |
| <b>Teste F</b>                |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,7235 <sup>ns</sup>                  | 0,0062**             | 0,0458*              | 0,5222 <sup>ns</sup> | 0,1206 <sup>ns</sup>               | 0,8811 <sup>ns</sup> | 0,2922 <sup>ns</sup> | 0,3298 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,4065 <sup>ns</sup>                  | 0,1111 <sup>ns</sup> | 0,0454*              | 0,2152 <sup>ns</sup> | 0,0027**                           | 0,7091 <sup>ns</sup> | 0,0475*              | 0,2999 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,0624 <sup>ns</sup>                  | 0,0547 <sup>ns</sup> | 0,4496 <sup>ns</sup> | 0,8829 <sup>ns</sup> | 0,2547 <sup>ns</sup>               | 0,5377 <sup>ns</sup> | 0,5035 <sup>ns</sup> | 0,3056 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 85,42                                 | 53,37                | 5,31                 | 32,50                | 14,07                              | 32,37                | 2,27                 | 11,25                |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 9,94                                  | 8,93                 | 34,21                | 38,12                | 23,32                              | 4,98                 | 31,54                | 16,87                |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; \*significativo  $0,01 < p < 0,05$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

O teor de alumínio trocável (m%) respondeu quanto ao uso dos corretivos químicos, porém observou-se que em camadas superfícies (0,2 m) a quantidade de  $Al^{3+}$  foi superior do que nas camadas mais profundas (0,4 m). O baixo teor de matéria orgânica e o pH ácido contribui para o aparecimento do Al no solo. De acordo com Peregrina *et al.* (2008) para eliminar o alumínio ativo nos solos de cerrado, tem-se que elevar o pH do solo a valores acima de 5,5 procurando atingir a faixa de 5,8 a 6,2. Embora o pH não respondeu de forma significativa a correção do solo, podemos visualizar uma ligeira elevação do pH nas camadas mais profundas do experimento, justificando o resultado obtido para m%.

Na modalidade Milho + *U. ruziziensis*, os teores de alumínio trocável, cobre e zinco foram superiores a modalidade Milho. De acordo com a avaliação de micronutrientes presentes nas folhas do milho, apresentado neste trabalho, os teores de Cu e Zn foram reportados como estando dentro da faixa recomendada e acima da faixa, respectivamente, corroborando com os dados obtidos em relação a presença desses micronutrientes no solo.

### 5.5.2 Atributos do solo (0,2-0,4 m) em condição de sequeiro

Conforme discutido acima, o pH do solo foi afetado com a aplicação de corretivos em regiões mais profundas (Tabela 18), por exemplo, os maiores valores de pH foram atribuídos aos corretivos calagem (0,2-0,4) e calagem + gessagem (0,2-0,4). O maior teor de  $Al^{3+}$  reportado foi para o tratamento apenas com gesso, concordando com o valor do pH do solo nesta parcela. O gesso não neutraliza os íons  $H^+$  da solução, não alterando o pH do solo, e, portanto, não sendo considerado corretivo de acidez (CAIRES; GUIMARÃES, 2016). Na modalidade Milho + *U. ruziziensis* e Milho + Piatã, os teores de K foram inferiores em comparação com o teor encontrado para o milho cultivado sozinho. Provavelmente esse resultado se deu devido a presença de duas espécies nas parcelas, extraindo assim uma quantidade maior de K.

Os resultados em relação aos teores de alumínio trocável (m%) na camada de 0,2 a 0,4 m foi análogo aos resultados obtidos na camada até 0,2 m, com exceção do corretivo calagem + gessagem (0,2-0,4) (Tabela 19). Contudo de forma geral, a quantidade m% foi superior nas camadas superficiais do solo. Os valores obtidos para a soma das bases estão de acordo com o resultado de m%. Nas camadas mais internas do solo há um maior acúmulo de cátions (bases), além do tratamento apenas gesso. Esses resultados estão em concordância, pois enquanto o alumínio está presente nas camadas superficiais, os demais cátions estão nas camadas mais internas, e o gesso por apresentar alta mobilidade, atingi camadas mais profundas deslocando  $Al^{3+}$  dos complexos de troca e o liberando para a solução do solo (ZAMBROSI *et al.*, 2007).

**Tabela 18-** Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | M.O                  | pH                   | K                    | Ca                   | Mg                   | H+Al                 | Al                   | SB                   |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | g dm <sup>-3</sup>   | CaCl <sub>2</sub>    |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| CORREÇÃO (C)                  |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 14,66                | 4,55 bc              | 2,33                 | 23,22                | 12,22                | 35,55                | 2,11 abc             | 38,00                |
| Gesso                         | 15,88                | 4,44 c               | 2,44                 | 29,00                | 13,33                | 35,88                | 2,88 a               | 43,44                |
| Calcário (0-0,2)              | 16,77                | 4,44 c               | 2,00                 | 28,88                | 13,44                | 41,55                | 2,55 ab              | 43,77                |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 14,77                | 4,55 bc              | 2,33                 | 28,66                | 12,88                | 34,44                | 1,88 bc              | 40,88                |
| Calcário (0-0,4)              | 16,00                | 4,66 ab              | 2,11                 | 26,33                | 13,88                | 38,22                | 1,33 c               | 41,55                |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 15,88                | 4,77 a               | 2,22                 | 26,11                | 14,88                | 37,77                | 2,22 abc             | 42,11                |
| MODALIDADE (M)                |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 15,83                | 4,55                 | 2,72 a               | 29,77                | 14,33                | 37,66                | 2,00                 | 45,44                |
| Milho + Piatã                 | 16,33                | 4,72                 | 2,00 b               | 26,27                | 12,77                | 35,72                | 2,05                 | 39,61                |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 14,83                | 4,44                 | 2,00 b               | 25,05                | 13,22                | 37,33                | 2,44                 | 39,83                |
| Teste F                       |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,2468 <sup>ns</sup> | 0,0364*              | 0,7876 <sup>ns</sup> | 0,1571 <sup>ns</sup> | 0,3505 <sup>ns</sup> | 0,2451 <sup>ns</sup> | 0,0487*              | 0,5431 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,2594 <sup>ns</sup> | 0,3112 <sup>ns</sup> | 0,0345*              | 0,1216 <sup>ns</sup> | 0,1369 <sup>ns</sup> | 0,4703 <sup>ns</sup> | 0,2172 <sup>ns</sup> | 0,1151 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,6562 <sup>ns</sup> | 0,7963 <sup>ns</sup> | 0,8967 <sup>ns</sup> | 0,8379 <sup>ns</sup> | 0,5589 <sup>ns</sup> | 0,9469 <sup>ns</sup> | 0,2029 <sup>ns</sup> | 0,9959 <sup>ns</sup> |
| Média Geral                   | 15,66                | 4,57                 | 2,24                 | 27,03                | 13,44                | 36,90                | 2,16                 | 41,62                |
| CV. subparcela (%)            | 17,30                | 11,71                | 32,58                | 25,34                | 17,19                | 13,54                | 34,21                | 21,84                |

\* significativo 0,01 < p < 0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

**Tabela 19-** Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | T                                     | V                    | M                    | S                    | Cu                                 | Mn                   | Zn                   | C.O                  |
|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | mmol <sub>c</sub><br>dm <sup>-3</sup> | %                    | %                    | mg dm <sup>-3</sup>  | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 71,11                                 | 52,55                | 6,77 a               | 32,88 b              | 12,11 bc                           | 32,00                | 1,55                 | 8,22                 |
| Gesso                         | 80,00                                 | 55,55                | 6,77 a               | 54,77 a              | 13,33 a                            | 32,33                | 1,77                 | 9,33                 |
| Calcário (0-0,2)              | 82,11                                 | 54,33                | 6,22 a               | 31,77 b              | 12,44 ab                           | 31,55                | 1,66                 | 9,22                 |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 74,44                                 | 57,22                | 4,44 b               | 42,00 ab             | 10,66 d                            | 32,00                | 1,55                 | 8,55                 |
| Calcário (0-0,4)              | 81,88                                 | 51,33                | 4,22 b               | 38,00 ab             | 11,22 cd                           | 32,44                | 1,44                 | 9,22                 |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 79,00                                 | 51,77                | 6,55 a               | 46,22 ab             | 12,00 bc                           | 32,11                | 1,77                 | 9,44                 |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| Milho                         | 80,88                                 | 53,83                | 5,05 b               | 44,88                | 11,33                              | 32,44 a              | 1,66                 | 8,94                 |
| Milho + Piatã                 | 75,83                                 | 54,61                | 8,83 ab              | 38,16                | 11,94                              | 31,11 b              | 1,50                 | 9,22                 |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 77,55                                 | 52,94                | 6,61 a               | 39,77                | 12,61                              | 32,66 a              | 1,72                 | 8,83                 |
| <b>Teste F</b>                |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,3020 <sup>ns</sup>                  | 0,2440 <sup>ns</sup> | 0,0134*              | 0,0458*              | 0,0010**                           | 0,5611 <sup>ns</sup> | 0,7953 <sup>ns</sup> | 0,4626 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,1818 <sup>ns</sup>                  | 0,8100 <sup>ns</sup> | 0,0498*              | 0,7027 <sup>ns</sup> | 0,3540 <sup>ns</sup>               | <0,0001**            | 0,2737 <sup>ns</sup> | 0,8100 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,7056 <sup>ns</sup>                  | 0,9615 <sup>ns</sup> | 0,1290 <sup>ns</sup> | 0,7711 <sup>ns</sup> | 0,8369 <sup>ns</sup>               | 0,1990 <sup>ns</sup> | 0,1007 <sup>ns</sup> | 0,8988 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 78,09                                 | 53,79                | 5,83                 | 40,94                | 11,93                              | 32,07                | 1,62                 | 9,00                 |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 10,31                                 | 14,26                | 28,54                | 39,84                | 21,76                              | 2,84                 | 25,73                | 20,48                |

\* significativo 0,01 < p < 0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

### 5.5.3 Atributos do solo (0-0,2 m) área irrigada

Na área irrigada o solo apresentou atributos diferentes daquelas reportadas na área de sequeiro. Por exemplo, o pH do solo teve um ligeiro aumento em relação a testemunha. Os corretivos calcários + gesso (0-0,2) e calcário (0,2-0,4) apresentaram maior valor de potencial hidrogeniônico em relação as demais corretivos.

O teor de Mg encontrado no solo não respondeu de forma significativa a calagem, pois de acordo com dados reportados na

Tabela 20, os valores dos tratamentos não diferiram entre si e entre a testemunha, porém na parcela que continha apenas gesso ocorreu uma diminuição do Mg disponível no solo. A aplicação de gesso está associada à maior lixiviação de cátions, principalmente o Ca e o Mg para camadas mais profundas (CAIRES; JORIS; CHURKA, 2011), desde modo, nesta parcela maiores acúmulos de Mg devem estar em camadas mais profundas que 0,2 m.

**Tabela 20-** Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | M.O                  | pH                   | K                    | Ca                   | Mg                   | H+Al                               | Al                   | SB                   |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                               | g dm <sup>-3</sup>   | CaCl <sub>2</sub>    |                      |                      |                      | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                      |                      |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |
| Testemunha                    | 24,00                | 5,00 b               | 6,44                 | 41,22                | 20,33 a              | 34,00                              | 1,11                 | 65,22                |
| Gesso                         | 21,66                | 5,00 b               | 4,22                 | 41,88                | 14,66 b              | 37,44                              | 1,55                 | 60,66                |
| Calcário (0-0,2)              | 26,11                | 5,00 b               | 4,88                 | 46,33                | 22,77 a              | 31,11                              | 0,66                 | 73,55                |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 24,00                | 5,33 a               | 4,66                 | 44,44                | 20,44 a              | 33,22                              | 1,22                 | 70,55                |
| Calcário (0-0,4)              | 25,44                | 5,44 a               | 4,77                 | 40,88                | 18,55 ab             | 32,44                              | 0,88                 | 63,00                |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 21,33                | 5,00 b               | 5,22                 | 40,22                | 19,22 a              | 32,55                              | 0,55                 | 64,66                |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                      |                      |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |
| Milho                         | 24,66                | 5,16                 | 4,94                 | 46,77 a              | 19,11                | 32,22                              | 1,05                 | 69,55                |
| Milho + Piatã                 | 22,11                | 5,11                 | 5,00                 | 40,00 b              | 18,88                | 34,33                              | 0,94                 | 64,00                |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 24,50                | 5,11                 | 5,16                 | 40,72 b              | 20,00                | 33,83                              | 1,00                 | 65,27                |
| <b>Teste F</b>                |                      |                      |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,0654 <sup>ns</sup> | 0,0144*              | 0,0820 <sup>ns</sup> | 0,4371 <sup>ns</sup> | 0,0335*              | 0,0809 <sup>ns</sup>               | 0,3092 <sup>ns</sup> | 0,2284 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,2183 <sup>ns</sup> | 0,8349 <sup>ns</sup> | 0,8370 <sup>ns</sup> | 0,0167*              | 0,5357 <sup>ns</sup> | 0,2920 <sup>ns</sup>               | 0,9296 <sup>ns</sup> | 0,2274 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,2896 <sup>ns</sup> | 0,5997 <sup>ns</sup> | 0,0988 <sup>ns</sup> | 0,9079 <sup>ns</sup> | 0,1828 <sup>ns</sup> | 0,9680 <sup>ns</sup>               | 0,8213 <sup>ns</sup> | 0,5012 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 23,75                | 5,12                 | 5,03                 | 42,50                | 19,33                | 33,46                              | 1,00                 | 66,27                |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 20,04                | 6,22                 | 23,00                | 16,83                | 16,12                | 12,28                              | 87,13                | 14,83                |

\* significativo 0,01 < p < 0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

O valor médio da saturação por alumínio (m%) é menor (1,57%) do que na condição de sequeiro (5,31%). Os dados de m% corroboram com os dados de pH supracitados, cujo maior valor foi para o corretivo calcário (0,2-0,4) e para esse corretivo foi encontrado o menor valor de m% (0,66%), sendo assim a elevação do pH promoveu o bom funcionamento da CTC. A soma das bases (S) apresentou um resultado interessante, bem similar a condição de sequeiro na profundidade de 0,2 a 0,4 m. Os corretivos contendo calcário apresentaram valores superiores ao do controle, até mesmo na menor profundidade, calcário (0-0,2), o que não ocorreu na condição de sequeiro (0,2-0,4) e o maior teor reportado foi na gessagem, o mesmo efeito observado no sequeiro. Podemos justificar tal efeito devido a mobilidade que o gesso causa nos cátions e a irrigação regular auxiliou no processo de dissociação da molécula do gesso. Além do mais, podemos correlacionar esses dados com os dados obtidos para os teores foliares de K e P, os quais estavam abaixo do recomenda por Malavolta *et al.* 1997, ou seja, o acúmulo de bases ocorreu em camadas mais profundas do solo, impedindo sua absorção pelo milho (Tabela 21).

**Tabela 21-** Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0-0,2 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | T                                     | V                    | m                    | S                    | Cu                                 | Mn                   | Zn                   | C.O                  |
|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | mmol <sub>c</sub><br>dm <sup>-3</sup> | %                    | %                    | mg dm <sup>-3</sup>  | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                      |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 100,00                                | 66,44                | 2,44 a               | 42,66 b              | 17,88                              | 32,22                | 1,55                 | 12,00                |
| Gesso                         | 97,55                                 | 62,55                | 2,00 ab              | 74,55 a              | 15,66                              | 32,11                | 1,55                 | 11,33                |
| Calcário (0-0,2)              | 105,22                                | 69,55                | 1,00 ab              | 47,77 ab             | 16,44                              | 32,00                | 1,44                 | 12,66                |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 103,33                                | 67,33                | 1,66 ab              | 64,22 ab             | 18,00                              | 32,33                | 1,55                 | 11,55                |
| Calcário (0-0,4)              | 95,33                                 | 65,88                | 0,66 b               | 48,11 ab             | 18,66                              | 32,33                | 1,77                 | 15,11                |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 98,11                                 | 67,33                | 1,77 ab              | 65,44 ab             | 17,77                              | 32,88                | 1,66                 | 11,55                |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| Milho                         | 102,66                                | 68,33                | 1,38 a               | 54,66                | 16,83                              | 32,11                | 1,55                 | 13,94                |
| Milho + Piatã                 | 97,38                                 | 65,22                | 2,00 a               | 55,22                | 18,22                              | 32,61                | 1,55                 | 11,11                |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 99,72                                 | 66,00                | 1,38 a               | 61,50                | 17,16                              | 32,22                | 1,66                 | 12,05                |
| <b>Teste F</b>                |                                       |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,3767 <sup>ns</sup>                  | 0,2348 <sup>ns</sup> | 0,0458 <sup>ns</sup> | 0,0487*              | 0,5586 <sup>ns</sup>               | 0,4254 <sup>ns</sup> | 0,3635 <sup>ns</sup> | 0,5821 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,2499 <sup>ns</sup>                  | 0,1835 <sup>ns</sup> | 0,1086 <sup>ns</sup> | 0,5534 <sup>ns</sup> | 0,6001 <sup>ns</sup>               | 0,4362 <sup>ns</sup> | 0,8777 <sup>ns</sup> | 0,0824 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,7383 <sup>ns</sup>                  | 0,2936 <sup>ns</sup> | 0,3404 <sup>ns</sup> | 0,7397 <sup>ns</sup> | 0,4856 <sup>ns</sup>               | 0,8903 <sup>ns</sup> | 0,9775 <sup>ns</sup> | 0,2496 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 99,92                                 | 66,51                | 1,57                 | 57,12                | 17,40                              | 32,31                | 1,59                 | 12,37                |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 9,26                                  | 7,65                 | 38,21                | 32,25                | 24,46                              | 3,71                 | 38,54                | 28,41                |

\* significativo 0,01 < p < 0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

#### 5.5.4 Atributos do solo (0,2-0,4 m) área irrigada

Comparando os resultados aqui obtidos com aqueles pertencentes a área de sequeiro (0,2-0,4 m), o conteúdo de M.O é maior enquanto que de Al<sup>3+</sup> é menor, no sequeiro essa relação é inversa a encontrada aqui (Tabela 22). A interação entre o alumínio (Al) e a matéria orgânica (MO) é uma das reações que mais influencia as propriedades dos solos ácidos (URRUTIA *et al.*, 1995). A fração orgânica do solo possui a capacidade de complexar cátions, dentre eles o Al, formando possivelmente uma forma de alumínio que não é trocável e promovendo a remoção do Al da solução do solo (VANCE *et al.*, 1996). Ainda comparando os atributos, o pH e o teor de K apresentam maiores valores, evidenciado pela soma de bases (S), o teor de Mg é um pouco menor em relação ao sequeiro e a acidez potencial (H+Al) possui menor valor. Todos esses efeitos apontam para a eficácia da calagem e gessagem na correção da CTC do solo. Em relação a modalidade cultivo, observou-se que nos consórcios Milho + Piatã e Milho + *U. ruziziensis* os teores de Ca são inferiores ao milho solteiro,

demonstrando assim uma ligeira competição entre a cultura principal e as forrageiras por esse nutriente, o que explica a média geral de Ca ser inferior da área de sequeiro.

**Tabela 22-** Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | M.O                  | pH                   | K                    | Ca                   | Mg                   | H+Al                 | Al                   | SB                   |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                               | g dm <sup>-3</sup>   | CaCl <sub>2</sub>    |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| CORREÇÃO (C)                  |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Testemunha                    | 19,77                | 5,00                 | 2,00                 | 26,77                | 12,55                | 33,88                | 1,00                 | 40,11                |
| Gesso                         | 19,44                | 5,22                 | 2,66                 | 35,88                | 13,33                | 32,77                | 1,00                 | 50,55                |
| Calcário (0-0,2)              | 21,55                | 5,00                 | 2,11                 | 31,11                | 15,00                | 32,44                | 1,11                 | 48,33                |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 19,44                | 5,11                 | 2,00                 | 32,00                | 14,44                | 33,00                | 1,00                 | 49,55                |
| Calcário (0-0,4)              | 25,33                | 5,33                 | 2,55                 | 35,11                | 15,55                | 32,88                | 0,77                 | 51,44                |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 19,77                | 5,00                 | 2,88                 | 32,66                | 14,55                | 34,55                | 0,77                 | 47,88                |
| MODALIDADE (M)                |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Milho                         | 23,16                | 5,22                 | 2,22                 | 35,11 a              | 13,83                | 33,00                | 0,72                 | 48,77                |
| Milho + Piatã                 | 19,05                | 5,00                 | 2,44                 | 32,05 ab             | 14,50                | 33,72                | 1,16                 | 48,61                |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 20,44                | 5,11                 | 2,44                 | 29,61 b              | 14,38                | 33,05                | 0,94                 | 46,55                |
| Teste F                       |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,6870 <sup>ns</sup> | 0,2051 <sup>ns</sup> | 0,2654 <sup>ns</sup> | 0,1813 <sup>ns</sup> | 0,6378 <sup>ns</sup> | 0,8741 <sup>ns</sup> | 0,8767 <sup>ns</sup> | 0,3992 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,2040 <sup>ns</sup> | 0,1796 <sup>ns</sup> | 0,7123 <sup>ns</sup> | 0,0404*              | 0,8459 <sup>ns</sup> | 0,7825 <sup>ns</sup> | 0,1740 <sup>ns</sup> | 0,7907 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,6172 <sup>ns</sup> | 0,0745 <sup>ns</sup> | 0,2732 <sup>ns</sup> | 0,7531 <sup>ns</sup> | 0,6142 <sup>ns</sup> | 0,1239 <sup>ns</sup> | 0,2767 <sup>ns</sup> | 0,6712 <sup>ns</sup> |
| Média Geral                   | 20,88                | 5,11                 | 2,37                 | 32,25                | 14,24                | 33,25                | 0,94                 | 47,98                |
| CV. subparcela (%)            | 28,47                | 6,78                 | 31,24                | 22,77                | 25,81                | 10,29                | 31,54                | 22,47                |

\* significativo 0,01 < p < 0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em camadas mais profundas (0,2-0,4m) a média geral de T (82,85 mmolc dm<sup>-3</sup>) é inferior à média encontrada em até 0,20 m (99,92 mmolc dm<sup>-3</sup>). Esse fato pode ser explicado devido ao ligeiro decréscimo no pH e na M.O e o aumento da saturação de Al observado nessa região do solo. Os resultados reportados aqui demonstram a eficácia da aplicação dos corretivos na CTC do solo, porém o conteúdo do solo ainda está ácido em camadas mais inferiores, salientando então a necessidade do acompanhamento desse solo, a fim de verificar quais serão seus futuros atributos e possíveis necessidades.

**Tabela 23-** Teste F e médias dos atributos químicos do solo na camada de 0,2-0,4 m em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | T                                     | V                    | M                    | S                    | Cu                   | Mn                                 | Zn                   | C.O                  |
|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                               | mmol <sub>c</sub><br>dm <sup>-3</sup> | %                    | %                    | mg dm <sup>-3</sup>  |                      | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                      |                      |
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                                       |                      |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |
| Testemunha                    | 75,11 b                               | 53,77                | 2,44 a               | 42,66 b              | 17,88                | 32,22                              | 1,55                 | 12,00                |
| Gesso                         | 95,55 a                               | 58,11                | 2,00 a               | 74,55 a              | 15,66                | 32,11                              | 1,55                 | 11,33                |
| Calcário (0-0,2)              | 79,77 b                               | 59,66                | 2,22 a               | 47,77 ab             | 16,44                | 32,00                              | 1,44                 | 12,66                |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 80,00 b                               | 60,66                | 1,66 a               | 64,22 ab             | 18,00                | 32,33                              | 1,55                 | 11,55                |
| Calcário (0-0,4)              | 83,00 b                               | 51,55                | 0,66 b               | 48,11 ab             | 18,66                | 32,33                              | 1,77                 | 15,11                |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 83,66 b                               | 59,66                | 1,77 a               | 65,44 ab             | 17,77                | 32,88                              | 1,66                 | 11,55                |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                                       |                      |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |
| Milho                         | 84,33                                 | 61,16                | 1,38 a               | 54,66                | 16,83                | 32,11                              | 1,55                 | 13,94                |
| Milho + Piatã                 | 80,61                                 | 58,00                | 2,00 a               | 55,22                | 18,22                | 32,61                              | 1,55                 | 11,11                |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 83,61                                 | 57,55                | 2,00 a               | 61,50                | 17,16                | 32,22                              | 1,66                 | 12,05                |
| <b>Teste F</b>                |                                       |                      |                      |                      |                      |                                    |                      |                      |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,0103*                               | 0,4370 <sup>ns</sup> | 0,0425*              | 0,0458*              | 0,5586 <sup>ns</sup> | 0,4254 <sup>ns</sup>               | 0,3635 <sup>ns</sup> | 0,5821 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,7036 <sup>ns</sup>                  | 0,5048 <sup>ns</sup> | 0,5784 <sup>ns</sup> | 0,5534 <sup>ns</sup> | 0,6001 <sup>ns</sup> | 0,4362 <sup>ns</sup>               | 0,8777 <sup>ns</sup> | 0,0824 <sup>ns</sup> |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,0983 <sup>ns</sup>                  | 0,9308 <sup>ns</sup> | 0,7255 <sup>ns</sup> | 0,7397 <sup>ns</sup> | 0,4856 <sup>ns</sup> | 0,8903 <sup>ns</sup>               | 0,9775 <sup>ns</sup> | 0,2496 <sup>ns</sup> |
| <b>Média Geral</b>            | 82,85                                 | 58,90                | 1,79                 | 57,12                | 17,40                | 32,31                              | 1,59                 | 12,37                |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 16,92                                 | 16,88                | 33,54                | 36,19                | 24,46                | 3,71                               | 31,32                | 24,32                |

\* significativo 0,01 < p < 0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

## 5.6 Análise das forrageiras

A produção de massa seca (MS) indica qual espécie poderá apresentar maior eficiência no estabelecimento da forrageira na área de avaliação (Tabela 24). É importante mensurar a quantidade de massa seca produzida pelas forrageiras em consórcio, pois essas promovem a cobertura do solo e a formação de resíduo vegetal para o SPD. A produção de massa seca não foi influenciada pelos diferentes tipos de corretivos usados. Contudo, quando comparada as diferentes forrageiras usadas, a que se destacou foi a *brizantha* cv piatã, produzindo 5312 kg ha<sup>-1</sup> de MS, cerca de 1362 kg ha<sup>-1</sup> a mais que a *U. ruziziensis*. Várias pesquisas foram conduzidas com mesmo intuito, avaliar qual espécie forrageira produz mais massa seca e a *U. ruziziensis* destacou-se na maioria das vezes (CECCON; CONCENÇO, 2014; MACHADO; ASSIS, 2010).

**Tabela 24-** Teste F e média da massa seca de forrageiras (MSF) em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | MS<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------|------------------------------|
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                              |
| Testemunha                    | 4013                         |
| Gesso                         | 4734                         |
| Calcário (0-0,2)              | 4126                         |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 5650                         |
| Calcário (0-0,4)              | 4998                         |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 4266                         |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                              |
| Milho + Piatã                 | 5312 a                       |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 3950 b                       |
| <b>Teste F</b>                |                              |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,2402 <sup>ns</sup>         |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,0048**                     |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,4758 <sup>ns</sup>         |
| <b>Média Geral</b>            | 4631                         |
| <b>CV. subparcela (%)</b>     | 23,21                        |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

No cultivo irrigado, observou-se um aumento na média geral da massa seca (7875 kg ha<sup>-1</sup>) em relação ao cultivo sequeiro (4631 kg ha<sup>-1</sup>). A aplicação dos corretivos proporcionou um aumento na MS, sendo que os tratamentos que obtiveram maiores valores foram calagem simultaneamente a gessagem até 0,4 m (9259 kg ha<sup>-1</sup>), não diferindo dos tratamentos com aplicação de calcário até 0,2 m (8806 kg ha<sup>-1</sup>) e com aplicação de gesso (8876 kg ha<sup>-1</sup>). Além disso, o consórcio milho + Piatã destacou-se na produção de massa seca (Tabela 25).

A *U. ruziziensis* é indicada para pastagens de curto período na entressafra e palhada para o sistema de plantio direto na safra seguinte. A espécie apresenta baixa competição com o milho, boa cobertura do solo e fácil manejo de dessecação. Já a *brizantha* cv piatã é mais indicada para formar pastagem para uma ou mais safras, ou longo período de entressafra, além de apresentar alta tolerância ao pisoteio dos animais (CALONEGO *et al.*, 2012).

**Tabela 25-** Teste F e média da massa seca de forrageiras (MSF) em função do cultivo de milho solteiro ou consorciado e residual de correção química do solo sob condição de irrigação. Selvíria (MS), 2020.

| TRATAMENTOS                   | MS<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------|------------------------------|
| <b>CORREÇÃO (C)</b>           |                              |
| Testemunha                    | 6865 b                       |
| Gesso                         | 8876 a                       |
| Calcário (0-0,2)              | 8806 a                       |
| Calcário + Gesso (0-0,2)      | 7057 b                       |
| Calcário (0-0,4)              | 6386 b                       |
| Calcário + Gesso (0-0,4)      | 9259 a                       |
| <b>MODALIDADE (M)</b>         |                              |
| Milho + Piatã                 | 8641 a                       |
| Milho + <i>U. ruziziensis</i> | 7109 b                       |
| <b>Teste F</b>                |                              |
| <i>p</i> valor (C)            | 0,0010**                     |
| <i>p</i> valor (M)            | 0,0391*                      |
| <i>p</i> valor (C x M)        | 0,3380 <sup>ns</sup>         |
| Média Geral                   | 7875                         |
| CV. subparcela (%)            | 21,35                        |

\*\* significativo  $p < 0,01$ ; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

## 6 CONCLUSÕES

1. A aplicação e incorporação de calcário a 0,2m seguida de aplicação de gesso possibilita maior produtividade de soja, tanto em sistema sequeiro e irrigado.
2. Os teores de Cu e Fe do milho foram responsivos as correções de solo, sendo que nos tratamentos gesso e calcário até 0,40 m o Cu apresentou maiores teores, além de que o teor de Cu diminuiu quando o milho foi consorciado com *U. ruziziensis* e o teor de Fe apresentou maior resposta nos tratamentos: calcário + gesso até 0,2 m e calcário até 0,4 m, ambos em sequeiro. Já no irrigado, apenas o Zn apresentou resposta quando o milho foi consorciado com *U. ruziziensis*, seu teor diminuiu.
3. Quanto aos atributos químicos do solo, em condição de sequeiro (até 0,20 m): o teor de Mg aumentou nos tratamentos calagem (0,2-0,4) e calagem + gessagem (0,2-0,4); pH aumentou no consórcio Milho + Piatã, o teor de Al diminuiu para todos corretivos, com exceção do gesso; o V% diminuiu no tratamento calagem + gessagem (0-0,2); o m% diminuiu na calagem + gessagem (0-0,2) e no consórcio Milho + Piatã e os teores de Cu e Zn aumentaram no consórcio Milho + *U. ruziziensis*.
4. Quanto aos atributos químicos do solo, em condição de sequeiro (até 0,40 m): o pH aumentou na calagem + gessagem (0,2-0,4); o teor de K diminuiu nos consórcios; o teor de Al diminuiu no calcário (0,2-0,4); o m% diminuiu nos tratamentos calcário + gesso (0,2-0,4) e calcário (0,2-0,4) e aumentou na modalidade Milho + Piatã; a S (soma das bases) e o teor de Cu aumentaram no tratamento com gesso.
5. Quanto aos atributos químicos do solo em área irrigada (até 0,2 m): o pH aumentou nos tratamentos calcário + gesso (0-0,2) e calcário (0,2-0,4), o teor de Ca diminuiu nos consórcios enquanto que o teor de Mg diminuiu no tratamento calcário (0,2-0,4); o m% diminuiu no calcário (0,2-0,4) e a soma das bases apresentou alta no tratamento com gesso.
6. Quanto aos atributos químicos do solo em área irrigada (0,2-0,4 m): o teor de Ca aumentou no consórcio Milho + *U. ruziziensis*; o tratamento apresentou alta no gesso, porém os demais tratamentos elevaram seu valor; m% diminuiu em calcário (0,2-0,4) e a S (soma das bases) aumentou no tratamento com gesso.
7. A massa seca sofreu efeito dos consórcios, sendo a espécie *brizantha* cv piatã a que produziu maior massa no sequeiro. No irrigado a massa seca maior também foi produzida pela espécie *brizantha* cv piatã, enquanto que os tratamentos calcário +

gesso (0-0,2), calcário + gesso (0-0,2) calcário + gesso (0,2-0,4) e gesso influenciaram na produção da massa seca. Comparando as médias de área irrigada e do sequeiro, a área irrigada produziu maior quantidade.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do Milho na Integração Lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006.
- ARAÚJO, S. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; GARBUIO, F. J. Aplicação do calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1755-1764, 2009.
- AUDEBERT, A.; FOFANA, M. Rice yield gap due to iron toxicity in West Africa. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 195, n. 1, p. 66-76, 2009.
- BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; DE MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.
- BOGIANI, J. C.; FERREIRA, A. C. B. Plantas de cobertura no sistema soja-milho-algodão no cerrado. **International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, v. 12, n. 160, 2017.
- BOSSOLANI, J. W.; LAZARINI, E.; SANTOS, F. L.; SANCHES, I. R.; MENEGHETTE, H. H. A.; PARRA, L. F.; SOUZA, L. G. M. Surface Reapplication of Lime and Gypsum on Maize Cultivated Sole and Intercropped with. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 49, n. 15, p. 1-14, 2018.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2012.
- BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2009.
- CAIRES E. F.; GUIMARÃES A. M. Recomendação de gesso para solos sob plantio direto da região sul do Brasil. *In.*: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, outubro 2016, Viçosa, MG. **Anais [...]**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. p. 486.
- CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 3, p. 791-798, 2005.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

- CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 370–379, 2006.
- CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORRÊA, J. C. L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, p. 57–64, 2008.
- CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.
- CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770 – 781, 2012.
- CECCON, G.; CONCENCO, G. Mass yield and burndown of perennial forages for croplivestock integration. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 319-326, 2014.
- CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. Z.; NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 204-212, 2013.
- CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 18/19**. Brasília, DF, 2019. (Boletim de monitoramento, v. 6, n.12)
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos, safra 2019/2020: Décimo segundo levantamento**. Brasília, DF: Conab, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- CORONEL, D. A. **Fontes de crescimento e orientação regional das exportações brasileiras do complexo soja**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 65-76, 2013.
- COSCIONE, A. R.; ANDRADE, J. C.; RAIJ, B. van; ABREU, M. F.; CANTARELLA, H. Determinação de alumínio, cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis em extrato de cloreto de amônio. *In.*: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.

(ed.). **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. Cap. 1. p. 201-212.

COSTA, A.; ROSOLEM, C. A. Liming in the transition to no-till under a wheat-soybean rotation. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 97, n. 2, p. 207–217, 2007.

COSTA, C. H. M. **Calagem superficial e aplicação de gesso em sistema plantio direto de longa duração**: efeitos no solo e na sucessão milho/crambe/feijão-caupi. 2015. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

COSTA, C. H. M.; CARMEIS FILHO, A. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; GUIMAR'ES, T. M. Intensive annual crop production and root development in a tropical acid soil under long-term no-till and soil-amendment management. **Crop & Pasture Science**, Clayton, v. 69, n. 5, p. 488-505, 2018

DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SIMONETE, M. A.; BICARATTO, B. Eficiência relativa de fosfatos naturais na adubação de plantio de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em solo sem e com calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 37-48, 2015.

DU, T. S.; KANG, S. Z.; ZHANG, J. H.; DAVIES, W. J. Deficit irrigation and sustainable water-resource strategies in agriculture for China's food security. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 66, p. 2253-2269, 2015.

DU, T. S.; KANG, S. Z.; ZHANG, J. H.; DAVIES, W. J. Deficit irrigation and sustainable water-resource strategies in agriculture for China's food security. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 66, n. 8, p. 2253-2269, 2015.

DUARTE, A. P. Milho safrinha: características e sistemas de produção. *In.*: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 109-138.

DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H. Adubação em sistemas de produção de soja e milho safrinha. *In.*: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA: RUMO À ESTABILIDADE, 9., 2007, Dourados. **Anais [...]** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p. 44-61 (Documentos, 89).

EDMEADES, D. C.; RIDLEY, A. M. Using lime to ameliorate topsoil and subsoil acidity. *In.*: RENGEL, Z. (ed.). **Handbook of soil acidity**. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 297-336.

FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Goiânia, v. 29, n. 17, p. 2675-2682, 1998.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; BARBOSA FILHO, M. P.; GUIMARÃES, C. M. Iron toxicity in lowland rice. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, n. 1, p. 1676-1697, 2008.

- FAGERIA, N. K. Adequate and toxic levels of copper and manganese in upland rice, common bean, corn, soybean and wheat grown on an Oxisol. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Goiânia, v. 32, n. 9, p.1659-1676, 2001.
- FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 110, p. 251-331, 2011.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: fisiologia da produção. *In*: SEMINÁRIO SOBRE FISILOGIA DA PRODUÇÃO E MANEJO DE ÁGUA E DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO DE ALTA PRODUTIVIDADE, 1996, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: Potáfos, 1996. P. 1- 29.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. *In*: MONTEIRO, J. E. B. A. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2010. p. 263-277.
- FERNANDES, R. B. A.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; FONTES, M. P. F. Quantificação de óxidos de ferro de Latossolos brasileiros por espectroscopia de refletância difusa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, 2004.
- FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 3, p. 67-77, 2015.
- HARMSSEN, K.; VLEK, P. L. G. The chemistry of micronutrients in soil. *In*: VLEK, P. L. G. **Micronutrients in tropical food crop production**. Dordrecht: Springer, 1985. p. 1-42.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, p. 553-560, 2004.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 59-68, 2005.
- JORIS, H. A. W.; CAIRES, E. F.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A.; HALISKI, A. Effects of soil acidity and water stress on corn and soybean performance under a no-till system. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 365, p. 409–424, 2013.
- KING, C. A.; PURCELL, L. C.; BOLTON, A.; SPECHT, J. E. A possible relationship between shoot N concentration and the sensitivity of N<sub>2</sub> fixation to drought in soybean. **Crop Science**, Hoboken, v. 54, n. 2, p.746-756, 2014.
- KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

- LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, A. M. Q.; PEREIRA, R. P. Doses de multifosfato magnésiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema plantio direto: cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1654-1660, 2007.
- LARA-CABEZAS, W. A. R. Manejo de gramíneas cultivadas em forma exclusiva e consorciada com *Brachiaria ruziziensis* e eficiência do nitrogênio aplicado em cobertura. **Revista Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p.130-145, 2011.
- MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. A. Produção de palha e forragem em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MASCHIETTO, E. H. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. 56 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.
- MATTIELLO, L.; KIRST, M.; SILVA, F. R.; JORGE, R. A.; MENOSSI, M. Transcriptional profile of maize roots under acid soil growth. **BMC Plant Biology**, London, v. 10, p. 196–110, 2010.
- MAULI, M. M.; NÓBREGA, L. H. P.; ROSA, D. M.; LIMA, G. P.; RALISH, R. Variation on the amount of winter cover crops residues on weeds incidence and soil seed bank during an agricultural year. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 54, n. 4, p. 683-690, 2011.
- MENDES, L. C.; TORMENA, C. A.; CHERUBIN, M. R.; KARLEN, D. L. Soil health assessment and maintenance in Central and South Central Brazil. *In*: REICOSKY, D. (ed.). **Managing soil health for sustainable agriculture**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2018 p. 379-415.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 4. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. 275 p.
- MORONI, J. S.; SCOTT, B. J.; WRATTEN, N. Differential tolerance of high manganese among rapeseed genotypes. **Plant Soil**, v. 253, p. 507-519, 2003.
- NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSK, J.; RABELO, R. R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C. A. C. Desenvolvimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas em função do manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 186-192, 2011.
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1475-1485, 2007.
- NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S.E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012.

NAVA, G.; ERNANI, P.R.; SÁ, A. A.; PEREIRA, A. J. Soil Composition and nutritional status of apple as affected by long-term application of gypsum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 215-222, 2012.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PAULETTI, V.; PIERRI, L. D.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 494-505, 2014.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. P.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho "safrinha" sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.

PEREGRINA, F.; MARISCAL, I.; ESPEJO, R. Agronomic implications of the application of lime plus gypsum by-products to a Hyperdistric Acrisol from Western Spain. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, p. 2080-2101, 2008.

PEREIRA, F. C. B. L.; MENDONÇA, V. Z.; LEAL, S. T.; ROSSETTO, J. E.; Avaliação econômica e do desempenho técnico do milho consorciado com duas espécies forrageiras dos gêneros panicum e rachearia em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 23, p. 157-165, 2014.

PIAS, O. H. C.; TIECHER, T.; CHERUBIN, M. R.; MAZURANA, M.; BAYER, C. Crop yield responses to sulfur fertilization in brazilian no-till soils: a systematic review. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v.43, p. e0180078, 2019.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v. 35, p. 1349-1358, 2000.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. *In*: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu: FEPAF, 2015. p. 65-75.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. **Características de corretivos agrícolas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 25 p.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X.: Contaminação da micro bacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1289-1303, 2000.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, 2011.

RHEINHEIMER, D. D. S.; RHEINHEIMER, T.; TIECHER, R.; GONZATTO, M. A.; SANTANNA, G.; BRUNETTO, L. S. S. Long-term effect of surface and incorporated liming in the conversion of natural grassland to no-till system for grain production in a highly acidic sandy-loam Ultisol from South Brazilian Campos. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 180, n. 1, p. 222-231, 2018.

RHEINHEIMER, D. S.; ALVAREZ, J. W. R.; OSORIO FILHO, B. D.; SILVA, L. S.; BORTOLUZZI, E. C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 562-569, 2005.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 953- 964, 2004.

ROSA JUNIOR, E. J.; MARTINS, R. M. G.; ROSA, Y. B. C. J.; CREMON, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 37-44, 2007.

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

RUVIARO, C.; DORNELES, J. G. L.; SILVA, A. M.; BEN, C. A. V. Comportamento da soja submetida a diferentes regimes hídricos e viabilidade da irrigação suplementar na região do Vale do Jaguari-RS. **Perspectiva**, Erechin, v. 35, n. 131, p. 79-90, 2011.

SANTOS, H. G.; JOCOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREARAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. ampli. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018. 531 p.

SEIDEL, P. E.; GERHARDT, S. F. I.; CASTAGNARA.; NERES. A. D. M. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 55-66, 2014.

SEREIA, R. C.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B.; CECCON, G. Crescimento de *Brachiaria* spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 18, p. 349-355, 2012.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. III—Implicações sobre as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p. 53-60, 2006.

SHAINBERG, I.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A.; FEY, M. V. Use of gypsum on soils: a review. **Advances in Soil Science**, New York, v. 9, p. 1-111, 1989.

SOARES, F. C. **Análise de viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém implantado. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 675-688, 2008.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade de solo**. 1º grau. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. Cap. 5, p. 205-274.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Plantaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 19 p.

SOUZA, N. R.; DE SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 877-888, 2011.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. 2. ed. San Diego: Elsevier Science, 2003.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. 2. ed. New York: Oxford University, 2008.

SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: JAYAWARDANE, N. S.; STEWART, B. A. (ed.). **Subsoil management techniques: advances in soil science**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 147-185.

SUTAR, R. K.; PUJAR, A. M.; KUMAR, B. N. A.; HEBSUR, N. S. Sulphur nutrition in maize - a critical review. **International Journal of Pure & Applied Bioscience**, v. 5, p. 1582-1596, 2017.

TIECHER, T.; PIAS, O. H. D. C.; BAYER, C.; MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. D. O.; ANGHINONI, I. Crop response to gypsum application to subtropical soils under no-till in Brazil: a systematic review. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v. 42, p. e-0170025, 2018.

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

TIRITAN, C. S. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta do milho à calagem superficial e incorporada em região de inverno seco**. 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Soil Taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook, ed. 2, Washington, DC, 2014. Disponível em: [https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/taxonomy/?cid=nrcs142p2\\_053580](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/taxonomy/?cid=nrcs142p2_053580). Acesso em: 12 jan. 2021.

URRUTIA, M.; MACÍAS, F.; GARCÍA R. E. Evaluación del  $\text{CuCl}_2$  y del  $\text{LaCl}_3$  como extractantes de aluminio en suelos ácidos de Galicia. **Nova Acta Científica Compostelana (Biología)**, Santiago de Compostela, v. 5, p. 173-182, 1995.

VANCE, G. F.; STEVENSON, F. J.; SIKORA, F. J. Environmental chemistry of aluminum-organic complexes. In: SPOSITO, G. (ed.). **The environmental chemistry of aluminum**. 2. ed. Flórida: Lewis Publishers, 1996. p. 169-220.

VARGAS, J. P.; SANTOS, D. R.; BASTOS, M. C.; SCHAEFER, G.; PARISI, P. B. Application forms and types of soil acidity corrective: changes in depth chemical attributes in long term period experiment. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 185, p. 47-60, 2019.

VITTI, C. G.; LUZ, L. H. C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008. p. 1-13.

VITTI, G. C.; PRIORI, J. C. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao plantio direto. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 6, n. 9, p. 30-34, 2009.

YOUNGDAHL, L. J.; SVEC, L. V.; LIEBHARDT, W. C.; TEEL, M. R. Changes in the zinc-65 distribution in corn root tissue with a phosphorus variable. **Crop Science**, Hoboken, v. 17, p. 66-69, 1977.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 110-117, 2007.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.