

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E A
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS AFETADOS PELO
GESSO AGRÍCOLA COM E SEM IRRIGAÇÃO.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Brian Santos Trindade

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E A PRODUTIVIDADE DE
GRÃOS AFETADOS PELO GESSO AGRÍCOLA
COM E SEM IRRIGAÇÃO.**

Brian Santos Trindade

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Químicos e Ciclagem de Elementos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo.**

Orientador: Prof. Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Trindade, Brian Santos

Atributos químicos do solo e a produtividade de grãos afetados pelo gesso agrícola com e sem irrigação / Brian Santos Trindade.-2013.

100 p.; 30cm

Orientadora: Telmo Jorge Carneiro Amado

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2013

1. Ciência do Solo 2. Plantio Direto 3. Produtividade de Grãos 4. Atributos Químicos do Solo 5. Sub Solo I. Amado, Telmo Jorge Carneiro II. Título.

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Brian Santos Trindade. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho é permitida, desde que citada à fonte – “O Autor”.

Endereço: Av. Borges de Medeiros, n. 1988, Apto. 1006, Bairro: Centro, Santa Maria, RS, 97105-090

Fone (0xx) 55 9966-9478; End. Eletr.: brianstrindade@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS
AFETADOS PELO GESSO AGRÍCOLA
COM E SEM IRRIGAÇÃO.**

elaborada por
BRIAN SANTOS TRINDADE

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Dr. Jackson Ernani Fiorin (UNICRUZ)

Dr. Rafael Pivotto Bortolotto (UFSM)

Santa Maria, 30 de setembro de 2013.

DEDICATÓRIA

Aos pais, José Getulio Mota Trindade e Maria Cristina Santos Trindade agradeço não só hoje, mas sim todos os dias por terem me repassado valores que levo para a vida toda. Por me educar, acompanhar e incentivar em todas as decisões que tomei até aqui, muito obrigado de coração.

A minha esposa Fernanda Giacomolli Osorio por fazer parte da minha vida e pelo amor transmitido diariamente. Além de ser meu amor é minha amiga, companheira carinhosa e paciente em certas horas, muito obrigado por me ajudar a alcançar mais este objetivo.

A Bianca Santos Trindade que além de ser minha irmã agradeço por ser uma amiga que Deus colocou na minha vida, sempre presente em todas as etapas da minha vida dando apoio e que continuará sendo minha parceira para qualquer hora.

Aos meus avós a qual tenho as melhores lembranças que um guri poderia ter e que certamente estão de alguma forma me guiando.... Muito obrigado do fundo do peito.

Ao Sr. Fernando, Lourdes, Marcelo, Ediana e agora o João Pedro, muito obrigado por me tratarem tão bem como sou por vocês, certamente colaboraram que chegasse neste dia.

A família, tios e primos, obrigado por torcerem pela minha conquista.

Dedico a vocês este trabalho, meu Muito Obrigado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar força, fé, esperança e principalmente perseverança para continuar sempre em frente.

Agradeço ao professor Telmo Jorge Carneiro Amado, pela oportunidade concedida de estar realizando o mestrado, pelos conselhos e ensinamentos.

Agradeço a todo o grupo de pesquisa Projeto Aquarius, Rafael Bortolotto, Ademir de Oliveira Ferreira, Jardes Bragagnolo, Vitor Girardello, Tiago Hörbe, Francine Damian, Fernando Dubou Hansel, Paulo Alba, Diego Schossler, Junior Kunz, Silas Hesler, Leandro Nadai, Tiago Teixeira, Vinicius Cocco, Thiago Segabinazi, Cassiano Batista, Cristiano Keller, Douglas Dalla Nora, Raí Schwalbert, Mazuco Antônio, Cristiano Ertel, Eduardo Gruhn, Cristian Nienow, Luiz Henrique Rosso, Fabio Gebert, Alex Giacomolli (in memorian) e demais que já passaram pelo nosso grupo. Ao Lúcio de Paula Amaral pelo apoio durante a análise estatística. Uma conquista só é bem sucedida com trabalho, esforço e amizade, meu muito obrigado a todos os amigos que junto comigo fizeram esta vitória acontecer.

Aos proprietários e funcionários da granja irmãos Marquionatti, por disponibilizar a área experimental e pelo apoio realizado durante o período de estudo. Bem como o Sr. Donato Eng. Agrônomo da propriedade pela ajuda e cedência de dados históricos da propriedade.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Centro de Ciências Rurais e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela possibilidade da realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço de coração a todos, muito obrigado.

***“O sucesso nasce do querer, da determinação e
persistência em se chegar a um objetivo.
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos,
no mínimo fará coisas admiráveis.”***

José de Alencar

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS AFETADOS PELO GESSO AGRÍCOLA COM E SEM IRRIGAÇÃO.

Autor: BRIAN SANTOS TRINDADE
Orientador: TELMO JORGE CARNEIRO AMADO
Data e Local: Santa Maria, 30 de setembro de 2013.

Entre os benefícios do gesso agrícola, pode-se citar, o melhoramento do solo em subsuperfície, gerado pela elevação dos teores de Ca, redução da m% e aprofundamento do sistema radicular das culturas. O presente estudo foi realizado em um latossolo vermelho distrófico localizado no município de Boa Vista do Cadeado, região do noroeste do Rio Grande do Sul. O delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados com 5 repetições. Os tratamentos utilizados no estudo foram diferentes doses de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), nas doses de 0,0; 2,0; 4,0 e 8,0 Mg ha^{-1} aplicados na superfície do solo sob condições de manejo diferenciado quanto à irrigação com auxílio de pivô central. Cada amostra de solo foi estratificada em 5 profundidades, estas camadas foram de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade. As amostragens de solo foram realizadas no tempo zero (caracterização inicial), após 10 meses e 18 meses de aplicação do gesso em superfície. Os nutrientes de solo avaliados foram pH, P, K, Ca, Mg, Al, S e a saturação na CTC. Também teores granulométricos do solo como a argila além da produtividade das culturas do milho e da soja comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p=0,05$). Os resultados obtidos no estudo, demonstram que a saturação por alumínio, Ca, Ca/CTC, Ca/Mg, CTC, S e saturação por bases foram influenciados pela adição de gesso agrícola aplicado em superfície. Os teores de Al, Ca, Ca/CTC, Mg, Mg/CTC, Ca/Mg, S, pH, P e saturação por bases foram influenciados quanto ao manejo da irrigação e para o tempo com exceção do Al. A produtividade das culturas do milho e da soja não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos, possivelmente pelo pouco tempo após aplicação. O gesso agrícola aplicado superficialmente, foi uma eficiente alternativa para a melhoria da qualidade química da camada sub superficial de um Latossolo vermelho manejado sob sistema plantio direto.

Palavras-Chave: *Glycine max*. Sub solo. Sistema plantio direto.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Soil Science
Federal University of Santa Maria

CHEMICAL SOIL AND GRAIN PRODUCTIVITY AFFECTED BY AGRICULTURAL GYPSUM WITH AND WITHOUT IRRIGATION ATTRIBUTES.

AUTHOR: BRIAN SANTOS TRINDADE

ADVISOR: TELMO JORGE CARNEIRO AMADO

DATE AND LOCATION: SANTA MARIA, 30 SEPTEMBER 2013.

Among the benefits of gypsum can cite, improving subsoil, generated by higher Ca, m % and reduction of depth of root crops. This study was conducted on an Oxisol in the city of Boa Vista do Padlock northwestern region of Rio Grande do Sul experiment in a completely randomized design with 5 replications. The treatments used in the study were different doses of gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) at doses of 0,0; 2,0; 4;0 and 8,0 Mg ha^{-1} applied to the surface of the soils under different management as irrigation with the aid of center pivot. Each soil sample was stratified in 5 depths, these layers were 0-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.40 and 0.40-0,60 m depth. The soil samples were taken at time zero (initial characterization), after 10 months and 18 months of application of the plaster surface. The soil nutrients evaluated were pH, P, K, Ca, Mg, Al, S and saturation in CTC. Also granulometric content of the soil such as clay as well as yield of corn and soybean compared using the Tukey test at 5% probability ($p = 0.05$). The results obtained in the study show that the aluminum saturation, Ca, Ca/CTC, Ca/Mg, CTC, S and base saturation were influenced by the addition of gypsum applied to surface. The contents of Al, Ca, Ca/CTC, Mg, Mg/CTC, Ca/Mg, S, pH, P and base saturation were influenced as to irrigation management and the time with the exception of Al the productivity of corn and soybean were not affected significantly by treatments, possibly shortly after application. The gypsum applied superficially, was an effective alternative for improving the chemical quality of the subsurface layer of an Oxisol managed under no-tillage system.

Keywords: Glycine max. Sub soil. Tillage system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Localização do município de Boa vista do Cadeado (a) – RS e localização das áreas experimentais (b).....	26
Figura 2 –Gráfico de precipitações mensais e precipitação total acumulada durante o período experimental.....	27
Figura 3 – Gráficos referentes aos teores de m% nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	41
Figura 4 – Gráficos referentes aos teores de saturação de Ca na CTC (Ca/CTC) nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	49
Figura 5 – Gráficos referentes aos teores de saturação de Magnésio na CTC (Mg/CTC) nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	54
Figura 6 – Gráficos referentes aos teores de K/CTC nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	59
Figura 7 – Gráficos referentes aos teores de Ca/Mg nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	64
Figura 8 – Gráficos referentes aos teores de CTC nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	66
Figura 9 – Gráficos referentes aos teores de S nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	68
Figura 10 – Gráficos referentes aos teores de pH nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	72
Figura 11 – Gráficos referentes aos teores de P nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	76
Figura 12 – Gráficos referentes aos teores de V% nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.....	80

Figura 13 – Produtividade da cultura do milho com irrigação em relação as doses de gesso agrícola aos 10 meses após aplicadas em superfície do solo.....82

Figura 14 – Regressões entre a produtividade em Mg ha^{-1} e os teores de Ca/CTC, Mg/CTC, S, Ca/Mg, CTC, S e V%.....88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condição inicial média da fertilidade do solo na área experimental. Boa vista do Cadeado, 2011	28
Tabela 2 – Análise de variância dos teores no solo de alumínio (Al), saturação por alumínio (m%), cálcio (Ca), saturação de cálcio na CTC (Ca/CTC), magnésio (Mg), saturação de magnésio na CTC (Mg/CTC), potássio (K), saturação de potássio na CTC (K/CTC), relação cálcio magnésio (Ca/Mg), capacidade de troca de cátions (CTC), enxofre (S), pH, fósforo (P), saturação por bases (V%) em função dos fatores (F1) doses, (F2) profundidade do solo, (F3) manejo e (F4) tempo.....	35
Tabela 3 – Teores de alumínio em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	37
Tabela 4 – Teores de alumínio em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação.....	38
Tabela 5 – Teores de alumínio em diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola	38
Tabela 6 – Teores de saturação por alumínio (m%) em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola	39
Tabela 7 – Teores de alumínio em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	40
Tabela 8 – Teores de Cálcio do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	44
Tabela 9 – Teores de Cálcio do solo em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	45
Tabela 10 – Teores de Cálcio do solo em diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	46
Tabela 11 – Teores de Cálcio na CTC em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	47
Tabela 12 – Teores de Cálcio na CTC em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	48
Tabela 13 – Teores de Magnésio em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	51
Tabela 14 – Teores de Magnésio na CTC em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola	52

Tabela 15 – Teores de Potássio do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação	55
Tabela 16 – Teores de Potássio do solo em diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	56
Tabela 17 – Teores de Potássio na CTC em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	57
Tabela 18 – Teores de Relação cálcio magnésio em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes profundidades do solo.....	60
Tabela 19 – Teores de Relação cálcio magnésio em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola	61
Tabela 20 – Teores de Relação Cálcio Magnésio em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola	63
Tabela 21 – Teores de Capacidade de Troca de Cátions do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola	65
Tabela 22 – Teores de enxofre em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	68
Tabela 23 – Teores de pH no solo em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes profundidades do solo	70
Tabela 24 – Teores de pH do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	71
Tabela 25 – Teores de Fósforo no solo em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes profundidades do solo	74
Tabela 26 – Teores de Enxofre do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	75
Tabela 27 – Teores de Fósforo do solo em diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	75
Tabela 28 – Teores de Saturação por Bases em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes profundidades do solo	77
Tabela 29 – Teores de Saturação por Bases em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola	78
Tabela 30 – Teores de Saturação por Bases em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.....	79

Tabela 31 – Correlação de Pearson com a produtividade do milho com irrigação na dose de 0 Mg ha ⁻¹	83
Tabela 32 – Correlação de Pearson com a produtividade do milho com irrigação na dose de 2 Mg ha ⁻¹	84
Tabela 33 – Correlação de Pearson com a produtividade do milho com irrigação na dose de 4 Mg ha ⁻¹	85
Tabela 34 – Correlação de Pearson com a produtividade do milho com irrigação na dose de 8 Mg ha ⁻¹	87

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

Al	Alumínio
AP	Agricultura de precisão
Ca	Cálcio
Ca/CTC	Saturação de cálcio na CTC
CTC	Capacidade de troca de cátions
F	Flúor
K	Potássio
K/CTC	Saturação de potássio na CTC
KCl	Cloreto de potássio
m	Métros
m%	Saturação por alumínio
MAP	Fosfato monoamônico
Mg	Magnésio/Megagrama
Mg/CTC	Saturação de magnésio na CTC
N	Nitrogênio
P	Fósforo
pH	pH do solo
S	Enxofre
SPD	Sistema plantio direto
V	Saturação por bases

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Imagem ilustrativa da estiagem ocorrida na safra 2011/12 onde não ocorreu precipitação durante 58 dias.....	98
Anexo 2 – Profundidade de coleta de solo ocorrida na caracterização inicial antes da instalação do experimento, após 10 meses e 18 meses da aplicação de gesso agrícola.....	98
Anexo 3 – Croqui da área experimental.....	99
Anexo 4 – Aplicação de Calcário na dose de 2 Mg ha ⁻¹ logo após a aplicação de gesso agrícola.....	99
Anexo 5 – Cultura da aveia utilizada para cobertura de solo no período da entre safra.....	100

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	18
2 – OBJETIVOS E HIPÓTESES	24
2.1 – Hipótese.....	24
2.2 – Objetivo geral	24
2.3 – Objetivo específico	24
3 – MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 – Condições experimentais:	25
3.1.1 – Área:.....	25
3.1.2 - Solo:	25
3.1.3 – Clima:	25
3.2 – Condição inicial e histórico da área experimental.....	27
3.3 – Delineamento experimental e tratamentos	29
3.4 – Descrição das avaliações.....	29
3.5 – Análise estatística.....	30
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 – Atributos químicos na implantação do experimento.....	32
4.2 – Melhoria do perfil do solo após a aplicação de gesso	33
4.3 – Correlação da produtividade e atributos do solo.....	80
5 – CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS.....	90

1 – INTRODUÇÃO

Devido à produção dos últimos anos, o Brasil vem se tornando um dos maiores produtores e exportadores mundiais de alimentos e fibras. Esta participação do país no mercado internacional é resultado da combinação de fatores como clima, investimentos em alta tecnologia, extensão territorial para agricultura e também preocupação com a qualidade final dos produtos. Por estas características o Brasil exporta para mais de 180 países, sendo os principais compradores a China, União Europeia e Estados Unidos, além dos países do MERCOSUL (MAPA, 2013).

O arroz, o milho e a soja somados representaram 92,2% da produção e responderam por 86,0% da área colhida. Entre as grandes regiões nacionais, o volume da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas apresentou o Centro-Oeste como maior produtor brasileiro com 75,8 milhões de megagramas (Mg), seguido das regiões sul com 73,3 milhões de Mg; sudeste, 19,5 milhões de Mg; nordeste, 12,8 milhões de Mg e norte, 4,5 milhões de Mg (IBGE, 2013).

Segundo a CONAB, na safra 2012/13 a área nacional plantada foi estimada em 53,26 milhões de hectares (ha), sendo 4,7% (2,38 milhões de ha) maior que a cultivada em 2011/12, que totalizou 50,9 milhões de ha.

A cultura da soja destaca-se pelo crescimento de 10,7% (2,68 milhões de ha), passando de 25,04 para 27,7 milhões de ha, assim como o milho de segunda safra com aumento de 17,6% (1,34 milhão de ha), passando de 7,6, para 9,0 milhões de ha. No entanto o milho de primeira safra teve redução de 8,7% (665,8 mil ha), com plantio de 6,90 milhões de ha. A área plantada com milho, primeira e segunda safras totaliza 15,86 milhões de ha, ou seja, crescimento de 4,5% ou de 688,3 mil ha.

A produção da safra 2012/13 é estimada em 186,15 milhões de Mg, sendo 12,0% superior à safra 2011/12, quando atingiu 166,20 milhões de Mg. Esse resultado representa um incremento de 19,9 milhões de Mg devido, sobretudo, à cultura de soja, que apresenta crescimento de produção de 22,7% (15,1 milhões de Mg) e a de milho de segunda safra, com crescimento de 15,4% ou de 6,03 milhões de Mg sobre a produção obtida na safra anterior.

Em 2013, o Mato Grosso passou a ser o maior produtor nacional de milho, participando com 23,5% do total produzido no Brasil, superando a longa hegemonia

do Paraná, como maior produtor nacional, que atualmente ocupa a segunda posição participando com 22,9% da produção nacional (IBGE, 2013).

O Rio Grande do Sul (RS), na safra 2011/12 teve uma área cultivada de aproximadamente 1,11 milhões de ha com a cultura do milho sendo que na safra seguinte 2012/13 a área plantada foi reduzida para 1 milhão de ha, uma variação de 7,2%. Quanto à produtividade, a variação foi de 73,6% sendo que na safra 2011/12 a produtividade foi de aproximadamente 3 Mg ha⁻¹ e a produção de 3,3 milhões de Mg, muito inferior a produtividade de 5,21 Mg ha⁻¹ com produção de 5,4 milhões de Mg da safra de 2012/13, demonstrando uma variação de produtividade e produção estadual de 73,6% e 61,1% respectivamente.

A área plantada com a cultura da soja no estado obteve um acréscimo de 10%, sendo que na safra 2011/12 a área foi de 4,2 milhões de ha e a safra 2012/13 teve uma área plantada de 4,62 milhões de ha. Com relação à produtividade, o acréscimo foi de 74,5% da safra 2012/13 sobre a safra 2011/12 com valores de 1,555 Mg ha⁻¹ e 2,714 Mg ha⁻¹ respectivamente. Houve um acréscimo da produção total do estado na faixa de 92%, com uma produção de 6,5 milhões de Mg em 2011/12 contra 12,53 milhões de Mg na safra 2012/13 (CONAB, 2013).

A safra recorde de milho e soja em 2013 ultrapassou a produção de 2012 vem impulsionada por bons preços praticados desde a tomada de decisão para o plantio da 1ª e 2ª safra de milho, aliado as melhores condições climáticas na região sul, em comparação a 2012, justificando estes acréscimos.

Segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (FEBRAPDP), o sistema plantio direto (SPD), no Brasil, abrange aproximadamente 25,5 milhões de ha. Estima-se que 70% das áreas cultivadas com soja e milho no país estejam sob este manejo conservacionista de solo (EMBRAPA, 2012), tornando o Brasil o líder mundial no uso deste sistema (BRASIL, 2012). O SPD é uma das mais eficientes estratégias para melhoria da qualidade e do potencial produtivo do solo agrícola (AMADO et al., 2006), sendo importante no fato de requerer menos operações de manejo do solo para alcançar níveis de produção equivalentes ao cultivo convencional com menores perdas de carbono orgânico do solo (DICK, 1983; DICK, 1998). Estes fatores tornam viável a recuperação de teores de matéria orgânica de solos degradados (AMADO et al., 2006; BAYER et al., 2006; CORBEELS et al., 2006; METAY et al., 2007; SÁ et al., 2001).

Segundo Tormena et al. (1998) o SPD é uma técnica eficiente no controle das perdas de solo e água, razão por que, juntamente com outras vantagens que o sistema oferece, tem sido adotado por um número cada vez maior de agricultores. No entanto, apesar das inúmeras vantagens, alguns fatores têm causado frustrações com a adoção dessa tecnologia, devido ao não revolvimento e dinâmica dos nutrientes no sistema, motivando o retorno ao sistema convencional de preparo do solo. Dentre estes fatores pode-se mencionar a concentração de nutrientes na superfície do solo (AMADO, 2006), tornando-o enriquecido na superfície, porém com algumas limitações em profundidade.

O mesmo comportamento desta camada superficial enriquecida pode ocorrer em áreas manejadas sob agricultura de precisão (AP) que se caracteriza por ser uma técnica moderna e eficiente de gerenciamento onde se obtém elevadas quantidades de informações coletadas, podendo contribuir para o estabelecimento de relações espaciais de atributos de solo com a produtividade das culturas (AMADO e GIOTTO, 2009), porém com esta técnica se intensificou a aplicação superficial de insumos agrícolas a qual contribui para este processo.

O gesso agrícola ou sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), é um subproduto da fabricação de fertilizantes fosfatados, gerado pela produção de ácido fosfórico através da matéria prima como a rocha fosfática (apatita) a qual é atacada por ácido sulfúrico mais água. Esta reação gera como subproduto o sulfato de cálcio e ácido fluorídrico.

O gesso agrícola aplicado ao solo é uma fonte principalmente de cálcio (Ca) e enxofre (S) às plantas, além de fósforo (P) e flúor (F) sendo os dois últimos presentes em pequenas quantidades, largamente utilizado também como um redutor de atividade alumínio (Al) tóxico em profundidade, não sendo um corretivo da acidez do solo e sim um corretivo de sodicidade e condicionador de solo segundo a legislação (BRASIL, 2004). Estas características, associadas à elevada solubilidade e mobilidade do íon sulfato permitem que o gesso, quando aplicado na superfície do solo, seja solubilizado pela água das chuvas e, ou irrigação, sendo parte redistribuída para o subsolo (FARIA, 2003). Por ser um sal solúvel é altamente percolado no solo, sendo assim, uma boa alternativa para melhorar o perfil do solo em profundidade, promovendo uma melhoria da fertilidade do solo ao longo do perfil, reduzindo a saturação por alumínio (m%) e assim facilitando um aprofundamento do

sistema radicular das culturas favorecendo principalmente absorção de água e nutrientes.

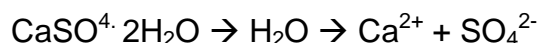
Devido às características de alta solubilidade do gesso agrícola por ser altamente solúvel no solo, por facilitar a redução da atividade do Al em profundidade além de elevar teores de Ca e S nestas camadas onde o solo manejado sob SPD como é o caso do presente estudo, o gesso pode ser uma alternativa, sendo aplicado sozinho ou combinado com o calcário (CAIRES et al., 2003).

Como composição química, o gesso agrícola tem aproximadamente entre 17 a 20% de Ca, de 14 a 17% de S, 0,2% de F e de 0,7 a 0,9% de P₂O₅. Dentre estes elementos, os principais benefícios tanto para o solo como para as culturas estão relacionados principalmente ao Ca e S.

Entre os benefícios que o gesso agrícola proporciona, pode-se citar como principal, o melhoramento do solo em subsuperfície, gerado pela elevação dos teores de Ca, redução da m% e aprofundamento do sistema radicular das culturas, evitando estresse hídrico gerado por secas ou veranicos como é o caso do RS. Solos ácidos podem apresentar barreiras químicas no subsolo devido a alta acidez, que dificulta o desenvolvimento das raízes em profundidade, estas ficando mais favoráveis a restrições hídricas. O gesso agrícola poderá viabilizar o crescimento radicular em profundidade pelo aumento nos teores de Ca e redução da m% (CAIRES et al., 2001).

No SPD, o gesso vem como uma alternativa viável para a melhora do subsolo sem a necessidade de revolvimento do solo, onde esta prática é indesejável. O calcário tem como característica baixa mobilidade no solo, o que faz com que a subsuperfície do solo seja pouco influenciada em relação à redução da acidez em comparação ao resultado obtido na superfície do solo. A gessagem pode ser uma prática viável para a complementação da calagem, tendo o efeito de melhorar o ambiente subsuperficial do solo onde o calcário isolado não atuaria (SUMNER, 1995).

Na solução do solo, o gesso dissocia-se pela hidrólise segundo a equação:



Os íons Ca²⁺ e SO₄²⁻, após a dissociação, participarão do complexo de troca de cátions e ânions, respectivamente. Segundo Pavan et al. (1982), o par iônico CaSO₄⁰ move-se no perfil do solo, facilitando a descida de complexos químicos solúveis neutros (CaSO₄⁰, MgSO₄⁰ e K₂SO₄⁰) ao subsolo. A intensidade dessa

movimentação de íons no perfil varia de solo para solo, como resultado da composição mineral e orgânica, da textura e principalmente da estrutura e condições climáticas (NUERNBERG et al., 2005).

A irregularidade da distribuição da precipitação pluviométrica e, conseqüentemente, da disponibilidade de água em períodos críticos das culturas tem sido reconhecida como um dos principais, se não o principal fator responsável pela variabilidade temporal dos rendimentos nas culturas do milho e da soja (LAMB et al., 1997; BAKHSH et al., 2001; MIAO et al., 2006).

No RS as chuvas são bem distribuídas entre as quatro estações do ano, porém, em muitos anos ocorrem estiagens em função da alta demanda evaporativa e da sequência de dias sem chuva, o que acarreta prejuízos na produtividade das culturas e uma variabilidade de produção ao longo das safras (MATZENAUER et al., 2007).

A irrigação pode reduzir esta variabilidade, porém a eficiência para atender plenamente a demanda das plantas também está relacionada com a taxa de infiltração, a capacidade de armazenamento no solo, disponibilidade de água às plantas, química do solo e nutrição de plantas (AMADO et al., 2009).

A utilização da irrigação está se tornando cada vez mais desejada e uma das tecnologias mais utilizadas atualmente pelos produtores com o objetivo de evitar frustrações de safras e manter níveis de produtividade ao longo dos anos. Nos últimos 10 anos a média de produtividade do estado foi de 3,49 Mg ha⁻¹ para a cultura do milho e 2,05 Mg ha⁻¹ para a cultura da soja, podendo estas chegarem a produtividades de aproximadamente 12 Mg ha⁻¹ e 4,8 Mg ha⁻¹, respectivamente, em áreas irrigadas (CONAB/EMATER).

Segundo a secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio - SEAPA (2013), durante a 36ª EXPOINTER realizada este ano, equipamentos de irrigação obtiveram um acréscimo de 62% nas vendas em relação à edição anterior. Em valores movimentou-se R\$ 314 milhões em 2013 contra R\$ 56 milhões em 2012.

A agricultura irrigada e seu incremento na produtividade estão diretamente relacionados com a utilização de sistemas de irrigação eficientes, que garantam um bom retorno do investimento aplicado pelo produtor, pois permite um melhor aproveitamento da água aplicada e maior número de colheitas em um determinado período de tempo (DANTAS NETO et al., 2009). Alves et al. (2001); Santos, et al. (2001) e Frizzone e Dourado Neto (2003), comprovaram que a irrigação utilizando

sistemas de pivô central pode aumentar a produtividade das culturas e reduzir perdas por percolação, resultando em benefícios econômicos e ambientais, devido a sua elevada uniformidade de distribuição da água.

O sistema de pivô central é um sistema de irrigação por aspersão, o qual gira em torno do seu próprio eixo em 360°. Constituído de torres, lances, moto-redutores e abastecido por uma adutora e um conjunto de moto-bomba, bombeando água de rio ou barragens para a irrigação.

O Brasil possui uma área irrigada total de 4.453.910 ha, sendo que desses, 840.050 ha utilizam pivô central (PAULINO et al., 2011). Já o RS, segundo especialistas na área de irrigação, atualmente possui uma área sob pivô central de aproximadamente 130.000 ha sejam manejados com auxílio da irrigação.

Apesar das pesquisas já realizadas no estado, o uso do gesso agrícola aplicado na superfície do solo ainda necessita de estudos mais aprofundados e de longa duração para que se possa comprovar ou até mesmo reprovocar a utilização deste insumo. Também a utilização de gesso agrícola em diferentes regimes hídricos foi pouco estudada sendo necessários estudos e esclarecimentos a respeito deste manejo.

2 – OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1 – Hipótese

A aplicação superficial de gesso reduz os teores de Al trocável, aumento significativo dos teores de Ca e S do solo ao longo do perfil.

O gesso agrícola eleva a produtividade da cultura do milho e da soja em na área sem irrigação, na área irrigada, o efeito é reduzido.

2.2 – Objetivo geral

Avaliar respostas à aplicação superficial de gesso agrícola em SPD consolidado quanto à alteração na qualidade química do solo e na produtividade das culturas do milho e da soja.

Avaliar diferentes fatores de variação como doses, profundidade, manejo e tempo em relação a nutrientes do solo e a produtividade das culturas em um Latossolo Vermelho do RS.

2.3 – Objetivo específico

Avaliar a melhoria da qualidade química do solo em subsuperfície, sob SPD.

Avaliar a produtividade das culturas do milho e da soja em diferentes doses de gesso agrícola e com e sem irrigação.

Avaliar o efeito da irrigação na melhoria química do sub solo e na produtividade das culturas da soja e do milho.

3 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Condições experimentais:

3.1.1 – Área:

O presente trabalho foi desenvolvido em uma lavoura comercial no município de Boa Vista do Cadeado – RS (Figura 1a) durante as safras agrícolas 2011/12 com a cultura do milho e durante a safra agrícola 2012/13 com a cultura da soja. As áreas experimentais foram diferenciadas pelo auxílio da irrigação através de pivô central e sem o auxílio da irrigação (Figura 1b), as quais estão localizadas nas coordenadas geográficas: Latitude 28°42'40.80", longitude 53°56'14.93" S e latitude 28°42'18.26", longitude 53°57'22.02" W respectivamente, utilizando datum WGS 84, com altitude média de 365 metros.

3.1.2 - Solo:

As características do relevo em ambas as áreas são semelhantes. O solo é classificado segundo a Embrapa, 2006 como uma Latossolo Vermelho distrófico típico, apresentando em média 51% de argila se enquadrando na classe 3 de interpretação da CQFS-RS/SC (2004).

3.1.3 – Clima:

O clima segundo a classificação de Köppen é “Cfa” subtropical úmido. As chuvas apresentam uma uniforme distribuição em praticamente todos os meses do ano, sem estação seca definida, com índices pluviométricos anuais de 1600 mm a 1800 mm (BRASIL, 1983). Porém a ocorrência de estiagens é frequente, as quais causam redução na produtividade de grãos de soja e milho por deficiência hídrica, em cerca de nove safras a cada vinte, com intensidade variável (MATZENAUER et al., 2003). A temperatura média normal do mês mais quente ocorre no mês de janeiro (24,6 °C) e a do mês mais frio em junho (12,9 °C).

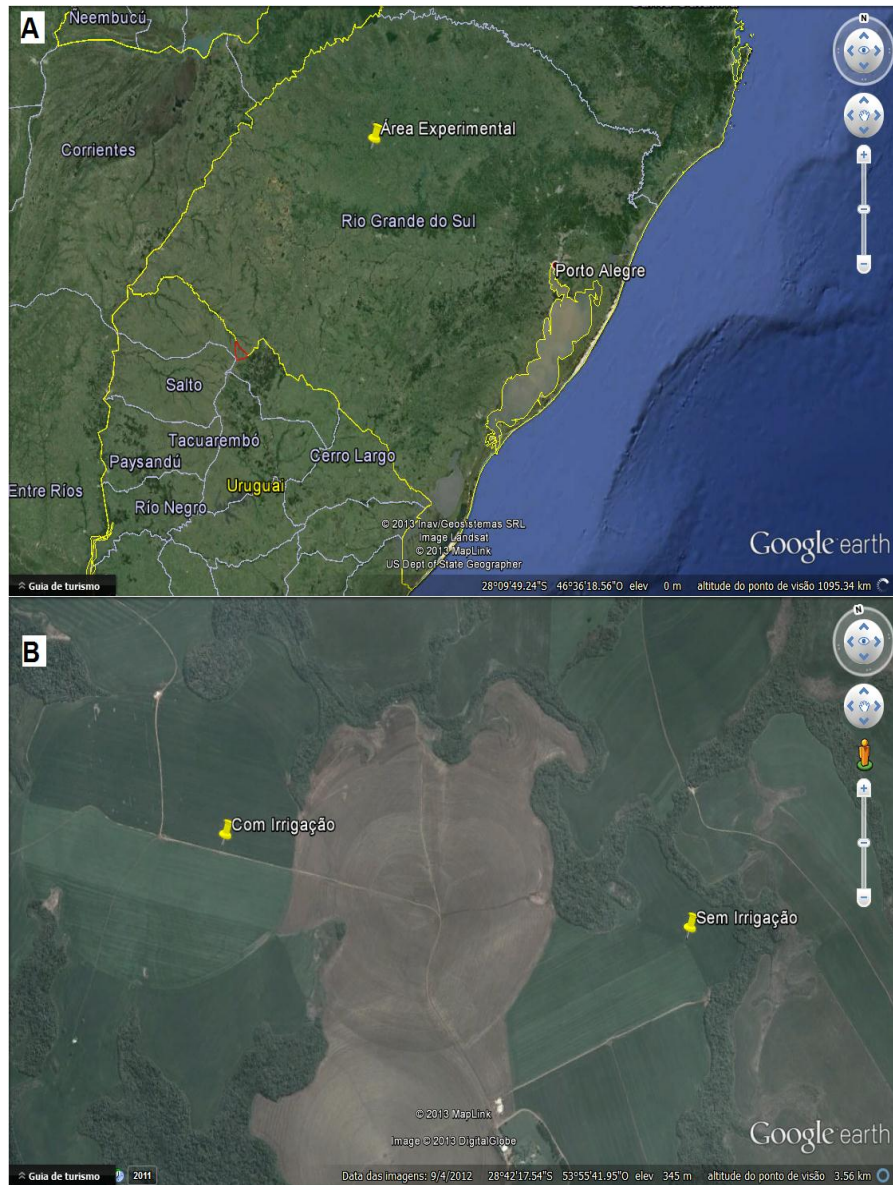


Figura 1 – Localização do município de Boa vista do Cadeado (a) – RS e localização das áreas experimentais (b).
(Fonte: Google Earth)

Durante o período experimental ocorreram precipitações regulares, com exceção do mês de fevereiro do ano de 2011, época em que a cultura do milho encontrava-se no estágio de pendoamento. A precipitação acumulada nos 10 meses de experimento foi de 859 mm e transcorridos 18 meses após aplicação do gesso agrícola foi de 2283 mm (Figura 2), devido à proximidade das áreas experimentais a precipitação foi semelhante para ambos os experimentos.

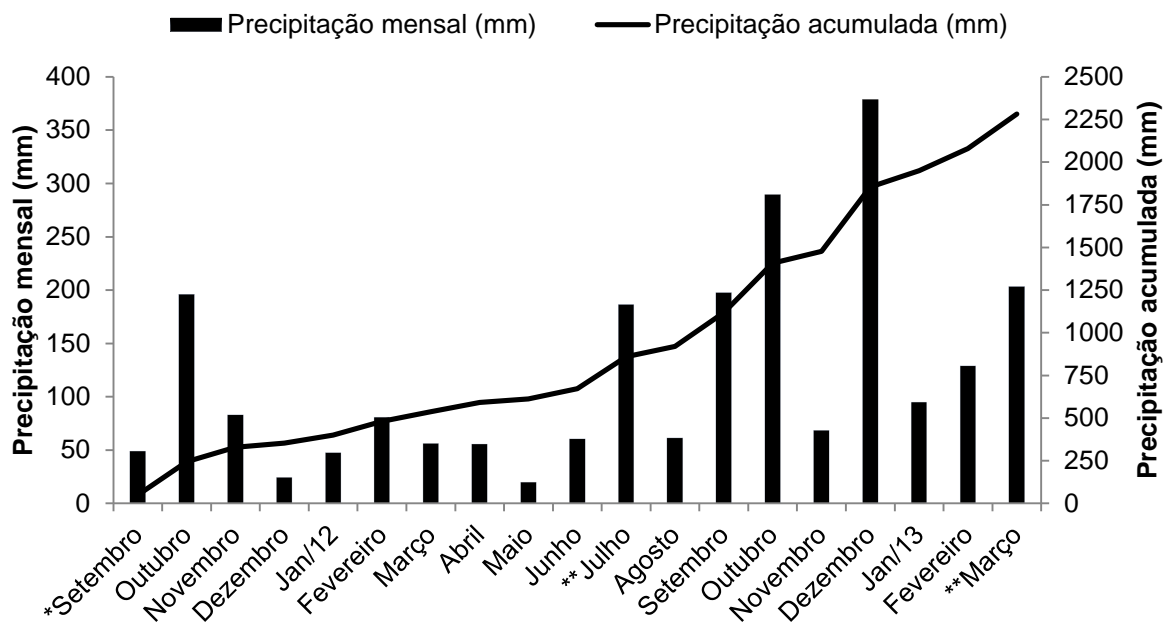


Figura 2 – Gráfico de precipitações mensais e precipitação total acumulada durante o período experimental.

*Caracterização inicial do solo e semeadura. **Coleta de solo 10 meses após aplicação. ***Colheita e coleta de solo 18 meses após aplicação de gesso agrícola.

As irrigações foram realizadas observando a umidade do solo e previsões de chuva. Estas irrigações tinham duração de 28 horas para realizar o ciclo completo do pivô central aplicação de uma lâmina de água de 14 mm.

Na cultura do milho safra 2011/12 nas áreas da propriedade sem irrigação, foram colhidos $0,66 \text{ Mg ha}^{-1}$ na média, isto devido uma estiagem de 58 dias, coincidindo com a época de florescimento da cultura. Por este fato, a área experimental que não recebeu irrigação através do pivô central foi considerada inviável para a colheita, não sendo contabilizados assim os dados de produtividade (Anexo 1).

3.2 – Condição inicial e histórico da área experimental.

A área experimental é utilizada com culturas de grãos como o milho e soja no verão e culturas de inverno como trigo, cevada e aveia para grãos ou somente como cultura de cobertura, estando estas sob SPD há mais de 15 anos. Outra particularidade da área é que a utilização de calcário dolomítico a cada cinco anos na dose de $2 \text{ a } 3 \text{ Mg ha}^{-1}$ aproximadamente.

Durante o mês de setembro de 2011, foi realizada uma amostragem de solo em ambas as áreas experimentais com o objetivo de obter uma caracterização inicial da fertilidade do solo (Tabela 1). Para tanto foram coletadas cinco amostras aleatoriamente em cada área experimental (com irrigação e sem irrigação). No dia da coleta, foi realizada a aplicação de gesso na superfície do solo, a área com a cultura da aveia preta como cobertura. Esta coleta de solo foi realizada em cinco profundidades, sendo estas 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade (Anexo 2). Para a análise de solo foi utilizado o extrator Mehlich-1 segundo metodologia proposta por Tedesco et al. (1995) e granulométricas segundo Embrapa (1997).

Tabela 1 – Condição inicial média da fertilidade do solo na área experimental. Boa vista do Cadeado, 2011.

Profundidade (m)	pH _{H2O}	Al	Ca	Mg	K	Ca/Mg	CTC _{pH7,0}	P	K	S	V	m	Argila
	cmol _c dm ⁻³mg dm ⁻³%.....		g Kg ⁻¹
COM IRRIGAÇÃO													
0,0-0,05	5,3	0,5	6,2	3,5	1,7	1,7	17,5	13,6	672,5	1,4	65,1	4,4	472
0,05-0,10	4,9	0,8	6,3	3,3	1,2	1,9	19,4	10,9	457,5	2,9	55,3	7,1	556
0,10-0,20	4,8	1,5	5,2	2,9	0,8	1,8	17,1	11,5	308,9	2,0	52,1	14,3	626
0,20-0,40	4,7	1,8	3,2	2,2	0,5	1,5	14,0	4,5	203,3	4,5	42,4	23,0	590
0,40-0,60	4,7	2,1	3,3	2,1	0,3	1,6	12,8	3,6	113,4	1,8	44,4	27,3	
SEM IRRIGAÇÃO													
0,0-0,05	5,0	0,8	6,5	3,9	1,3	1,7	18,8	32,8	494,9	3,5	62,1	0,4	358
0,05-0,10	4,9	0,9	4,8	2,6	0,8	1,9	16,1	15,4	312,8	3,4	51,1	9,5	440
0,10-0,20	5,0	0,8	5,0	2,9	0,6	1,7	15,1	5,5	241,5	3,9	56,4	8,1	522
0,20-0,40	4,7	1,7	3,9	2,4	0,2	1,6	12,7	2,6	89,1	5,0	50,9	20,8	504
0,40-0,60	4,6	2,6	1,7	1,7	0,2	1,0	11,7	1,6	73,8	1,1	30,5	41,7	

Alumínio (Al), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Relação Ca/Mg (Ca/Mg), Capacidade de troca de cátions (CTC), Fósforo (P), Enxofre (S), Saturação por Bases (V%), Saturação por Alumínio (m%).

As doses de gesso atribuídas como referência, foram determinadas de acordo com o teor de argila na camada de 0.20-0.40 m, seguindo a equação descrita por Quaggio e Raij (1996) (1) onde:

$$NG = \text{argila} \times 6,0 \quad (1)$$

NG= necessidade de gesso em kg ha⁻¹;
Argila= teor de argila no solo g kg⁻¹

Esta equação é recomendada para situações em que os teores de Ca no solo são inferiores a 0,4 cmol_c dm⁻³ e os teores de saturação por Al são superiores a 40% na camada de 0,20-0,40 m (RAIJ, 2010).

Segundo dados do fabricante, o gesso agrícola (CaSO₄.2H₂O) utilizado no experimento apresentou a formulação química 21,0% de Ca, 15,5% de S; 0,0024% de F e 0,9% de P₂O₅. Como características físicas apresentou densidade de 1,17 g cm⁻³ e 6,5% de umidade relativa (Sulgesso Indústria e Comércio Ltda).

3.3 – Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado com esquema fatorial 4 x 5 x 2 x 2, totalizando 80 tratamentos com cinco repetições. O fator 1 é a dosagem de gesso agrícola com 4 níveis (0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹), o fator 2 é a profundidade com 5 níveis (0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m), o fator 3 é o manejo com 2 níveis (com irrigação e sem irrigação) e o fator 4 é o tempo após aplicação de gesso agrícola com 2 níveis (10 e 18 meses). Cada parcela experimental possuiu uma área de 50 m², estas com dimensões de 10 x 5 m. (Anexo 3)

3.4 – Descrição das avaliações

Na safra agrícola de 2011/12 a cultura do milho (*Zea mays*, híbrido DKB 240 PRO) foi implantada no dia 25/09/2011, sob quatro doses de gesso agrícola (0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹) aplicados em superfície do solo e com duas condições hídricas, sendo estas com auxílio de irrigação através de pivô central e sem irrigação.

Para o manejo, semeadura e colheita de ambas as áreas e períodos, foram utilizados os seguintes equipamentos: uma semeadora VICTÓRIA CONTROL TOP 5400, distribuidor centrifugo HERCULES 10.000, pulverizador autopropelido GLADIADOR 2300, estes com sistema de orientação controlador TOPPER 4500 e colheitadeira axial VALTRA BC 7500.

A área experimental foi manejada pelo produtor logo após a implantação das parcelas com calcário dolomítico PRNT 76% com a dose de 2 Mg ha^{-1} , manejo que vem sendo utilizado pelo produtor a cada 4 ou 5 safras de verão desde a implantação do SPD há aproximadamente 15 anos (Anexo 4).

Durante o inverno antecedente à realização do experimento foi implantada cultura de cobertura com aveia preta (*Avena sativa L.*) dessecada 20 dias antes da semeadura da cultura do milho (Anexo 5). A adubação de base da cultura do milho foi de 250 kg ha^{-1} de N na forma de Ureia aplicada em cobertura parcelada nos estádios vegetativos de V4 e V8, 180 kg ha^{-1} de P aplicado na linha de semeadura e 120 kg ha^{-1} de K_2O na forma de Cloreto de Potássio (KCl) aplicado em cobertura logo após a semeadura, o stand final de plantas finalizou com a população de plantas de aproximadamente 85.000 plantas. Durante o período do inverno de 2012, foi semeada a cultura da aveia para fins de cobertura do solo.

Em sequência, na safra agrícola de 2012/13 foi implantada a cultura da soja no dia 09 de novembro de 2012. O material genético utilizado para a semeadura foi a cultivar BMX ATIVA RR, com uma população final de 320.000 plantas. A adubação foi composta por 200 kg de MAP (09-52-00) na linha de semeadura e 150 kg ha^{-1} de KCl (00-00-60) em cobertura 15 dias após o semeadura.

No período de pleno florescimento da soja (estádio vegetativo R1), foram realizadas coletas da parte vegetativa para avaliação de matéria seca e análise folhar. Estas coletas foram realizadas através da coleta manual de uma faixa de 2 m lineares da cultura em pleno florescimento, pesadas, secas, moídas e analisadas segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A avaliação de produtividade foi realizada no dia 23 de março de 2013, coletando 2 fileiras centrais de 2 metros lineares totalizando 2 m^2 em cada parcela. Os resultados foram ajustados para 13% de umidade e submetidos à análise de variância pelo programa ASSISTAT utilizando teste de tukey a 5% de probabilidade.

3.5 – Análise estatística

Foi realizado análise de variância - ANOVA, onde foi obtido o teste de significância F ($p=0,05$). As médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey a cinco por cento (5%) de probabilidade ($p=0,05$). As análises foram realizadas no

programa ASSISTAT 7.7 beta (2013). Os gráficos foram gerados no programa sigmaPlot versão 10.0.

Para avaliar os fatores de solo que interferiram na produtividade com as variáveis de solo nas diferentes camadas para as culturas de milho com irrigação e para a cultura de soja com irrigação e sem irrigação, foi realizada a interpretação do Coeficiente de Correlação Linear de Pearson o coeficiente ($\hat{\rho}$) é interpretado como um indicador que descreve a interdependência entre as variáveis X e Y. Quando $\hat{\rho} = 1$ é de que existe correlação linear perfeita entre as variáveis X e Y. A correlação é linear perfeita positiva quando $\hat{\rho} = 1$ e linear perfeita negativa quando $\hat{\rho} = -1$. Quando se tem $\hat{\rho} = 0$, não existe correlação linear entre as variáveis X e Y. Este valor de $\hat{\rho}$ depende muito dos objetivos de sua utilização e as razões pelas qual este é calculado. Segundo CALLEGARI e JACQUES (2003), o coeficiente de correlação pode ser avaliado qualitativamente da seguinte forma:

se $0,00 < \hat{\rho} < 0,30$, existe fraca correlação linear;

se $0,30 \leq \hat{\rho} < 0,60$, existe moderada correlação linear;

se $0,60 \leq \hat{\rho} < 0,90$, existe forte correlação linear;

se $0,90 \leq \hat{\rho} < 1,00$, existe correlação linear muito forte.

Através desta correlação avaliamos os fatores de solo que mais se correlacionaram com a produtividade das culturas do milho com irrigação. Esta correlação foi realizada com a produtividade da cultura, para cada profundidade avaliada e para cada dose de gesso agrícola.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Atributos químicos na implantação do experimento

Na Tabela 1 são apresentados os atributos químicos na condição inicial do solo ao longo do perfil antes da implantação das doses de gesso agrícola. O pH do solo encontrava-se abaixo do valor recomendado pelo CQFS-RS/SC (2004) (pH <5,5) nas duas glebas onde foi realizado o estudo. Quanto os teores de saturação por bases (V%), apenas a camada de 0-0,05 m da gleba com irrigação, estava com teores considerados adequados (> 65%), nas demais profundidades desta gleba os teores estavam na faixa de interpretação baixo (45 – 64%). Na gleba sem irrigação, os teores estavam na faixa de interpretação baixo (45 – 64%) e muito baixo (< 45%). Com estes valores a necessidade de calagem seria indicada, sendo assim esta foi realizada logo após a implantação do experimento, na dose de 2 Mg ha⁻¹.

Os teores de Al da caracterização inicial do solo demonstrada na Tabela 1 estavam em algumas profundidades com teores altos nas duas glebas. Os valores da m% na área com irrigação estava com valores considerados baixo nas camadas de 0-5 e 5-10 m, médio na camada de 10-20 m e altos nas camadas de 20-40 e 40-60 m. Os teores de Ca (Tabela 1) foram considerados altos (> 4 cmol_c dm⁻³) segundo CQFS-RS/SC (2004) nas camadas de 0,0 a 0,20 m de profundidade e médio (2,1 a 4,0 cmol_c dm⁻³) na camada de 20-40 m das duas glebas. Já a camada de 40-60 m, na área com irrigação estava com teor médio e sem irrigação com teor baixo (< 2 cmol_c dm⁻³). Os teores de Mg (Tabela 1), estavam nas duas áreas e em todas as profundidades com teores considerados altos (> 1,0 cmol_c dm⁻³), provavelmente pela sequencia de aplicações de calcário dolomítico durante várias safras.

Os teores da relação Ca/Mg (Tabela 1) foram inferiores ao considerado ideal segundo Escosteguy, (2012) que considera valores de 2 a 4:1 cmol_c dm⁻³. Já para teores da CTC do solo os valores iniciais estavam na faixa de interpretação considerada alto (> 15 cmol_c dm⁻³) até os 0,20 m de profundidade segundo a CQFS-RS/SC (2004) na área com irrigação e sem irrigação, nas camadas mais profundas até 0,60 m de profundidade os teores estavam na faixa de interpretação médio (5-15 cmol_c dm⁻³).

Para os teores de P apresentados também na Tabela 1, seguindo critério da classe textural do solo, os teores encontrados na gleba com irrigação, foram nas faixas de interpretação consideradas como muito alto ($> 18 \text{ mg dm}^{-3}$) na camada de 0-0,05 e 0,05-0,10 m de profundidade, alto (9 a 18 mg dm^{-3}) na camada de 0,10-0,20 m e baixo (3 a 6 mg dm^{-3}) nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade. Já na gleba sem irrigação, os teores iniciais, estavam nas faixas considerados muito alto somente na camada superficial (0,0-0,05 m), alto na camada de 0,05-0,10 m e nas camadas mais profundas, até 0,60 m os teores encontravam-se na faixa baixo. Já para o potássio (K) (Tabela 1), considerando a CTC do solo como recomendado pela CQFS-RS/SC (2004), na gleba com irrigação, os teores estavam na faixa de interpretação considerada como muito alta ($>180 \text{ mg dm}^{-3}$) até 0,40 m de profundidade e no teor alto (60 a 120 mg dm^{-3}) de 0,40-0,60 m de profundidade segundo sua CTC.

Os teores de S na análise inicial (Tabela 1) do solo apresentaram valores semelhantes nas duas áreas nas camadas superficiais do solo encontraram-se teores considerados baixo até 0,20 m de profundidade. Na camada diagnóstico de 0,20-0,40 m, os teores encontravam-se na faixa médio segundo a CQFS-RS/SC. Ainda na mesma tabela os valores de saturação por Al (m%) na área com irrigação foram considerados Baixo (1-10%) nas camadas de 0,0-0,5 e 0,05-0,10 m, médio (10-20%) na camada de 0,10-0,20 m e alto ($> 20\%$) nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade. Para a área sem irrigação, os valores de m% foram considerados baixo (1-10%) nas camadas até a profundidade de 0,20 m e alto ($> 20\%$) nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade.

4.2 – Melhoria do perfil do solo após a aplicação de gesso

Na Tabela 2 estão apresentados os dados da análise do Teste F, onde se pode analisar a significância dos atributos avaliados no experimento, onde o fator 1 (F1) são as diferentes doses de gesso agrícola as quais os valores são de 0, 2, 4 e 8 Mg ha^{-1} . O fator 2 (F2), são as diferentes profundidades de amostragem do solo as quais foram nas camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. O fator 3 (F3), representa o manejo, este com o auxílio da irrigação ou sem irrigação através do sistema de pivô central. O fator 4 (F4), representa o tempo, o

qual foi realizado as análises de solo no tempo de 10 e 18 meses após aplicação de gesso agrícola na superfície do solo.

Tabela 2 – Análise de variância dos teores no solo de alumínio (Al), saturação por alumínio (m%), cálcio (Ca), Saturação de cálcio na CTC (Ca/CTC), magnésio (Mg), Saturação de magnésio na CTC (Mg/CTC), potássio (K), Saturação de potássio na CTC (K/CTC), relação cálcio magnésio (Ca/Mg), capacidade de troca de cátions (CTC), enxofre (S), pH, fósforo (P), saturação por bases (V%) em função dos fatores (F1) doses, (F2) profundidade do solo, (F3) manejo e (F4) tempo.

FV	Al	m	Ca	Ca/CTC	Mg	Mg/CTC	K	K/CTC	Ca/Mg	CTC	S	pH	P	V
----- Teste F -----														
Fator1(F1)	1.96 ns	4.55 **	3.78 *	6.59 **	2.33 ns	2.10 ns	2.09 ns	1.09 ns	15.68 **	0.02 **	39.81 **	2.22 ns	1.44 ns	3.53 *
Fator2(F2)	96.65 **	244.18 **	128.35 **	107.91 **	110.92 **	75.97 **	304.01 **	206.26 **	48.37 **	49.23 **	3.85 **	31.44 **	185.46 **	129.20 **
Fator3(F3)	9.94 **	0.13 ns	5.04 *	15.60 **	11.49 **	1.74 ns	237.09 **	96.10 **	7.95 **	143.66 **	5.87 *	99.37 **	0.86 ns	7.51 **
Fator4(F4)	0.14 ns	0.43 ns	61.71 **	69.42 **	66.20 **	62.70 **	0.12 ns	1.24 ns	64.93 **	2.13 ns	25.08 **	72.60 **	18.33 **	107.84 **
Int. F1xF2	0.47 ns	0.46 ns	0.50 ns	0.44 ns	0.84 ns	0.71 ns	0.98 ns	0.78 ns	1.94 *	1.19 ns	0.89 ns	0.32 *	2.36 **	0.30 *
Int. F1xF3	1.50 ns	0.92 ns	0.84 ns	1.38 ns	0.54 ns	0.54 ns	1.80 ns	1.39 ns	1.65 ns	0.43 ns	2.01 ns	0.24 ns	1.52 ns	1.23 ns
Int. F1xF4	2.74 *	4.68 **	3.21 *	4.51 **	0.58 ns	1.36 ns	0.88 ns	0.49 ns	5.75 **	0.24 ns	6.68 **	1.44 ns	0.42 ns	3.37 *
Int. F2xF3	3.07 *	3.82 **	6.89 **	3.93 **	5.51 **	11.97 **	19.89 **	10.10 **	30.93 **	12.51 **	1.28 ns	2.50 *	5.05 **	2.41 *
Int. F2xF4	2.16 ns	8.49 **	45.68 **	29.54 **	86.44 **	79.06 **	1.91 ns	5.83 **	87.19 **	25.28 **	0.27 ns	6.23 **	2.77 *	10.77 **
Int. F3xF4	3.96 *	0.96 ns	8.09 **	0.28 ns	1.91 ns	0.01 ns	4.46 *	1.98 ns	1.70 ns	6.12 *	0.83 ns	1.85 ns	9.86 **	0.40 ns
Int.F1x2x3	0.47 ns	0.62 ns	0.28 *	0.50 ns	0.96 ns	0.83 ns	1.09 ns	1.34 ns	2.00 *	0.78 ns	1.04 ns	0.64 ns	2.93 **	0.63 ns
Int.F1x2x4	0.71 ns	0.76 ns	0.83 ns	0.493ns	0.78 ns	1.38 ns	0.46 ns	0.46 ns	3.50 **	0.73 ns	0.32 *	0.44 ns	0.93 ns	0.28 *
Int.F1x3x4	0.42 ns	0.69 ns	0.71 ns	0.67 ns	0.66 ns	0.65 ns	3.47 *	3.24 *	4.79 **	0.53 ns	5.04 **	1.37 ns	1.88 ns	0.17 ns
Int.F2x3x4	0.60 ns	0.37 ns	8.08 **	3.65 **	6.42 **	8.70 **	1.16 ns	2.14 ns	30.29 **	3.84 **	1.21 ns	0.60 ns	5.36 **	1.51 ns
I.F1x2x3x4	0.58 ns	0.75 ns	0.33 *	0.24 **	0.79 ns	0.79 ns	0.73 ns	0.88 ns	2.04 *	0.51 ns	0.93 ns	0.39 ns	0.71 ns	0.31 *

^{ns} não significativo ($p \geq 0.05$); * significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < .05$); ** significativo pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$). Fator 1 = Doses de gesso; Fator 2 = Profundidade; Fator 3= Tempo.

Alumínio (Al):

Para o teor de Al do solo, os fatores de variação significativos foram profundidade e manejo (Tabela 2). As médias da profundidade tiveram comportamento decrescente quanto ao teor de Al no solo sendo a camada superficial (0,0-0,05 m) com teores mais baixos e a camada mais profunda avaliada (0,40-0,60 m) a que obteve resultados mais elevados. O que pode ser explicado devido variação do Al no solo ao longo do perfil é que provavelmente por a camada superficial ser a camada agricultável sob solos em que o histórico é de estes serem solos ácidos, criando esta variação vertical de Al ao longo do perfil. Sendo estes teores mais altos em profundidade pode restringir o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, da produtividade das culturas (FARINA et al., 2000; ALLEONI, 2005). Quanto ao manejo, a irrigação pode ter favorecido a reação do gesso, favorecendo a correção do Al ao longo do perfil do solo.

A interação dos fatores de variação em relação ao Al, tiveram como resultado significativo ao teste F nas interações Dose x tempo, profundidade x manejo e manejo x tempo, como mostram as Tabelas 3, 4 e 5.

Onde os valores de Al não diferiram estatisticamente no tempo dentro de cada dose de gesso agrícola. Porém os valores de Al foram inferiores na dose 2 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola aos 10 meses após aplicação não diferindo estatisticamente a dose de 0 e 8 Mg ha⁻¹ no mesmo tempo.

Aos 18 meses após aplicação do gesso agrícola (Tabela 3), todos os tratamentos com aplicação superficial de gesso agrícola obtiveram resposta significativa a redução dos teores de Al do solo, sendo que as doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹ foram superiores à testemunha, tendo uma redução do teor de Al na faixa de 23 e 22 % respectivamente. Segundo Zambrosi et al. (2007) quando o gesso é aplicado em condições de alta acidez, atribui-se ao par iônico $AlSO_4^+$ uma importante participação na redução da atividade do Al. Sendo assim, o gesso nas diferentes doses foi eficiente na redução do Al, principalmente após 18 meses da aplicação em superfície do solo.

Já na interação profundidade x manejo segundo demonstra a Tabela 4, pode-se avaliar que o manejo foi significativo quanto à utilização do gesso agrícola. Na área com irrigação, os valores de Al foram inferiores nas camadas superficiais (0,0 a

0,10 m) diferindo estatisticamente da camada de 0,10-0,20 m, ficando os teores mais elevados nas camadas mais profundas do solo (0,20-0,40 e 0,40-0,60 m).

Tabela 3 – Teores de alumínio em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Doses	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
0 Mg ha ⁻¹	0.8290 abA	0.9400 aA
2 Mg ha ⁻¹	0.6950 bA	0.7900 abA
4 Mg ha ⁻¹	0.8870 aA	0.7220 bA
8 Mg ha ⁻¹	0.8410 abA	0.7360 bA
DMS	DMS_L 0.1658; DMS_C 0.1658	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS_C= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na área sem irrigação, os teores foram menores na camada de 0,0-0,05 m, diferindo das camadas 0,05-0,10 e 0,10-0,20, ficando as camadas de 0,20-0,40 e 0,40 a 0,60 m com os teores de Al 274 e 443 % superiores a camada superficial. Na área sem o auxílio da irrigação a camada superficial do solo obteve melhor resultado comparando com a área com irrigação, ou seja, o teor de Al no solo foi menor comparando com resultados de profundidade e manejo. A lixiviação de alumínio acompanhando o gesso pode ser, em parte, favorecido pela formação de pares iônicos ou complexos como AlSO_4^+ , ou de fluoreto de alumínio (SINGH, 1982; POLOMSKI et al., 1982; OATES e CALDWELL, 1985).

Tabela 4 – Teores de alumínio em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação.

Profundidade (m)	Manejo	
	Com Irrigação	Sem Irrigação
Alumínio (cmol _c dm ⁻³)		
0,0-0,05	0,3563 cA	0,2675 dA
0,05-0,10	0,5113 cA	0,4850 cA
0,10-0,20	0,8200 bA	0,4825 cB
0,20-0,40	1,2688 aA	1,0000 bB
0,40-0,60	1,4013 aA	1,4575 aA
DMS	DMS_L 0,1854; DMS_C 0,1854	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

A interação manejo x tempo (Tabela 5) mostra que o auxílio da irrigação não diferiu estatisticamente da área sem irrigação através do tempo, sendo que a área sem irrigação obteve teores mais baixos de Al comparando com a área com irrigação através de central aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola.

Tabela 5 – Teores de alumínio em diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Manejo	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
Alumínio (cmol _c dm ⁻³)		
Com Irrigação	0,9215 aA	0,8215 aA
Sem Irrigação	0,7045 bA	0,7725 aA
DMS	DMS_L 0,1172; DMS_C 0,1172	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Saturação por alumínio (m%)

A m%, segundo dados da Tabela 2 pelo teste F os fatores significativos a 5% de probabilidade foram o fator 1 (Dose) e o fator 2 (Profundidade). As interações significativas para teores de m% foram dose x tempo, profundidade x manejo e profundidade x tempo.

As médias do fator 1 (Figura 2) no caso doses, demonstram que a aplicação de diferentes doses de gesso agrícola, estas 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ foram estatisticamente superiores a testemunha (0 Mg ha⁻¹) não diferindo entre si. As profundidades 0,0-0,05 e 0,05-0,10 obtiveram os menores teores de m% em relação as camadas mais profundas, sendo que a camada mais profunda (0,40-0,60 m) o teor de m% foi 8,5 vezes superior a camada superficial.

Os dados apresentados na Tabela 6 mostram a interação do fator profundidade com o fator manejo, a profundidade 0,40-0,60 m obteve o menor valor de m% na área com irrigação em comparação com a mesma profundidade da área sem irrigação, constatando que o auxílio da irrigação ajudou na redução do teor de m% quando comparado a área sem irrigação.

Tabela 6 – Teores de saturação por alumínio (m%) em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
Saturação por alumínio (%)				
0,0-0,05	3,6732 dA	2,9985 dA	2,6663 dA	4,0055 dA
0,05-0,10	4,1028 dA	5,9511 cA	4,2071 cdA	5,8467 cdA
0,10-0,20	8,0841 cA	6,0034 cA	6,0763 cA	8,0113 cA
0,20-0,40	19,7031 bA	17,6737 bA	16,8600 bB	20,5168 bA
0,40-0,60	26,2623 aB	30,3333 aA	31,5709 aA	25,0247 aB
DMS	DMS_L 2,6907; DMS_C 2,6907		DMS_L 2,6907; DMS_C 2,6907	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

O mesmo ocorre avaliando teores de m% ao longo do perfil, os teores onde se teve menores valores de m% foram nas camadas superiores dando destaque para as primeiras 2 camadas superficiais da área com irrigação e a camada superficial da camada sem irrigação.

Na interação dos fatores profundidade e tempo (Tabela 6), as camadas onde se obteve melhores respostas foram na camada de 0,40-0,60 m aos 10 meses após aplicação e aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola aplicado em superfície. O fator profundidade sob a variável tempo apresentou o mesmo comportamento, sendo que nas camadas mais superficiais os teores de m% foram inferiores as camadas do subsolo. Estas variando de 2,66 % a 31,57 % aos 10 meses após aplicação e de 4,00 a 25,02 % aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola.

A interação do fator dose com o fator tempo (Tabela 7), a testemunha teve valores inferiores aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola em relação aos 18 meses de aplicação, isto pode estar relacionado com a aplicação de calcário dolomítico em toda área antes da instalação do experimento. Aos 10 meses após aplicação, os teores de m% que mais obtiveram resposta foram das doses de 2 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola, não diferenciando estatisticamente da dose testemunha. Já aos 18 meses após aplicação, as doses de gesso agrícola apresentaram redução significativa nos teores de m% em relação à testemunha.

Tabela 7 – Teores de alumínio em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Doses	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Saturação por alumínio (%)	
0 Mg ha ⁻¹	12,6559 abB	16,0676 aA
2 Mg ha ⁻¹	10,8351 bA	12,6399 bA
4 Mg ha ⁻¹	13,4513 aA	11,2277 bA
8 Mg ha ⁻¹	12,1622 abA	10,7888 bA
DMS	DMS_L 2,4066; DMS_C 2,4066	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na Figura 3 é demonstrada a evolução dos teores de m% de acordo com a profundidade do solo e o tempo. Observa-se que aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola os valores foram pouco alterados na área com irrigação em relação a testemunha, já aos 18 meses após aplicação estes valores foram expressivos na profundidade de 0,20-0,40 m, onde os valores nas doses de 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ foram 22,0%, 32,9% e 74,5%, respectivamente inferiores a testemunha. Este comportamento se dá por um dos principais efeitos da aplicação do gesso agrícola ao solo, a redução da saturação por alumínio em profundidade.

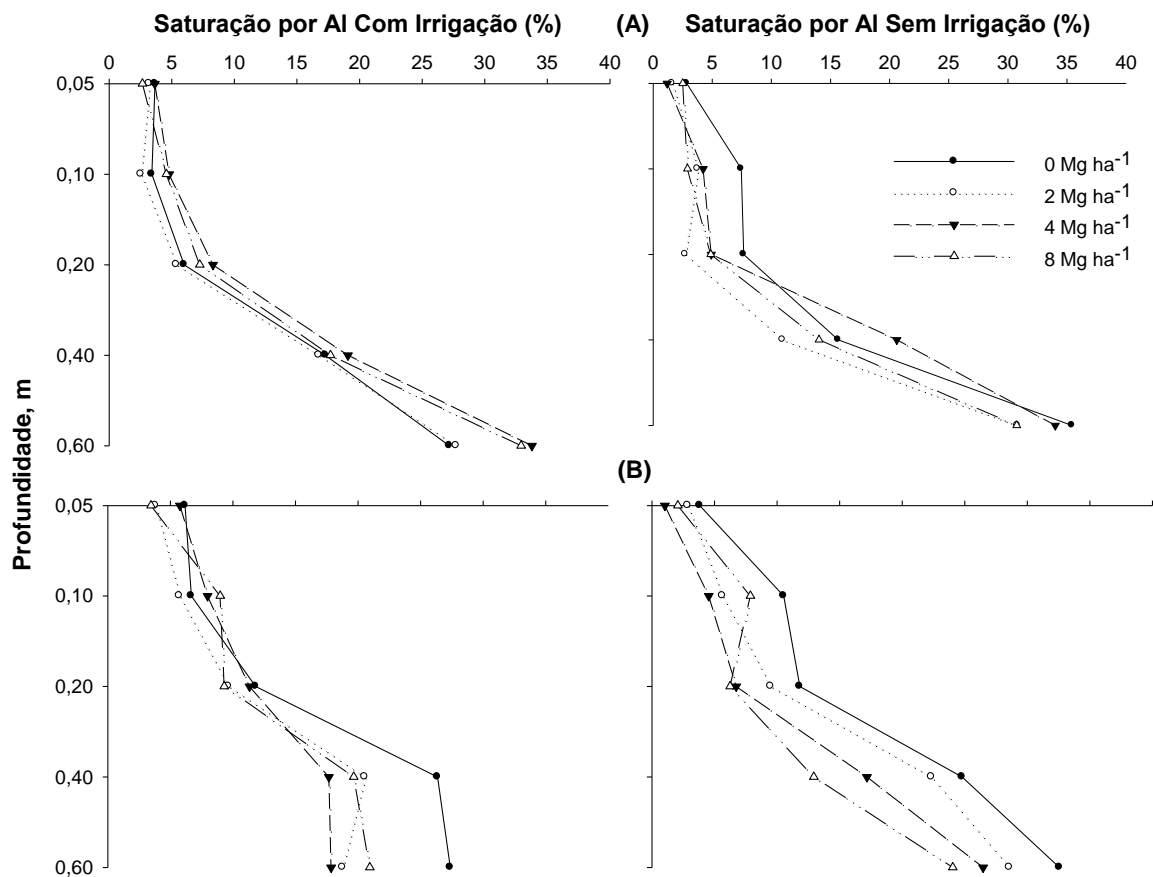


Figura 3 – Gráficos referentes aos teores de Saturação por Alumínio nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.

Na área sem irrigação, como demonstra a Figura 2 o comportamento dos teores de m% foi semelhante, sendo que aos 10 meses após aplicação os teores foram pouco expressivos nas camadas superficiais até 0,20 m de profundidade e na

camada de 0,20-0,40 m os teores em relação a testemunha, sendo 30%, 10% inferiores nas doses de 2 e 8 Mg ha⁻¹ respectivamente e 31% superior na dose de 4 Mg ha⁻¹. Já aos 18 meses após aplicação os valores na profundidade de 0,20-0,40 nas doses de 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ foram 9,8%, 30,7% e 52,1%, respectivamente inferiores a testemunha. Na profundidade de 0,40-0,60 m, os valores de m% nas mesmas doses foram de 12,2%, 18,75% e 26,2% respectivamente inferiores a testemunha.

Esta redução nos teores de Al nas camadas mais profundas já foi estudada por Pavan et al. (1984) e Soratto e Crusciol, (2008). Segundo estes autores este comportamento é resultado de trocas iônicas do Al por Ca deslocando o Al para a solução do solo, sendo este temporariamente imobilizado pelo sulfato e pelo C orgânico. Anteriormente, Zambrosi et al. (2007); Rampim et al. (2011) e Dalla Nora e Amado, (2013) também diagnosticaram este comportamento do decréscimo dos teores de Al com a aplicação de gesso agrícola em Latossolos no sul do Brasil assim como neste trabalho.

Cálcio (Ca)

Para os teores de Ca, todos os fatores de variação foram significativos conforme dados apresentados na Tabela 2. Isto pode ser explicado pelo fato do gesso agrícola, possui na sua composição de aproximadamente 21% de Ca e assim dando ênfase a significância dos fatores profundidade melhorando o perfil do solo no tempo.

As interações significativas de acordo com as Tabelas 8, 9 e 10 para teores de Ca, foram dose x tempo, profundidade x manejo, profundidade x tempo, manejo x tempo, dose x profundidade x manejo, profundidade x manejo x tempo e dose x profundidade x manejo x tempo.

Como era de se esperar os valores de Ca foram crescentes de acordo com as doses de gesso agrícola. Sendo que a dose de 8 Mg ha⁻¹ foi a que apresentou teores maiores de Ca no solo juntamente com a dose de 4 Mg ha⁻¹, estas não diferindo estatisticamente. As doses de 0, 2 e 4 Mg ha⁻¹ não diferiram estatisticamente entre si.

Para o fator profundidade, os maiores valores foram encontrados na camada de 0,10-0,20 m, seguido da camada superficial e após com teores inferiores as camadas de 0,05-0,10; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m sucessivamente.

O fator manejo também foi estatisticamente significativo para teores de Ca, sendo que na área com auxílio da irrigação os teores de Ca foram superiores as amostras da área sem irrigação, ou seja, sem irrigação. O fator tempo foi significativo sendo que valores de Ca superiores aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola em superfície do solo comparado aos teores dos 18 meses após aplicação.

A interação profundidade com o manejo foi significativa como demonstra a Tabela 8, sendo que as profundidades que diferiram estatisticamente entre si foram nas camadas de 0,0-0,05 onde a área sem irrigação obteve valores superiores a com irrigação, podendo ser explicada por uma movimentação de Ca na camada superficial por efeito da irrigação movimentando este cátion. Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade os teores de Ca foram inferiores se comparados aos teores de Ca da mesma profundidade diferidos pelo auxílio da irrigação. Isto pode ser pela movimentação do Ca para camadas profundas do solo junto com a movimentação da água da irrigação.

Na área com irrigação (Tabela 8), a camada que obteve maiores teores de Ca foi à profundidade de 0,0,10-0,20 m, sendo que na área sem irrigação esta não diferiu estatisticamente da camada superficial (0,0-0,05 m), sendo seguida da camada 0,05-0,10 m, esta superior as camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m a qual não diferiram. Na área com irrigação, as 2 camadas superficiais foram inferiores a já citada anteriormente e superiores as camadas 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade respectivamente. Como o gesso é um insumo de alta solubilidade em água, a irrigação afetou os teores de Ca em profundidade.

A interação da profundidade com o tempo para teores de Ca do solo, os valores na Tabela 8 diferiram entre eles nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade onde os teores de Ca foram inferiores na área sem irrigação, supostamente o Ca de esta camada pode ter migrado para a próxima profundidade sendo redistribuído ao longo do perfil do solo. Os teores de Ca dentro de cada tempo foram diferentes estatisticamente onde a profundidade com maiores valores foram na profundidade de 0,10-0,20 m, seguido das camadas superficiais 0,0-0,05 e

0,05-0,10 m respectivamente seguidos das profundidades 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m diferentes estatisticamente.

Tabela 8 – Teores de Cálcio do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
Cálcio (cmol_c dm⁻³)				
0,0-0,05	5,4006 bB	6,2340 aA	5,7360 bA	5,8986 aA
0,05-0,10	4,8810 bA	4,5549 bA	4,6212 cA	4,8147 bA
0,10-0,20	7,3290 aA	5,9196 aB	9,1503 aA	4,0983 cB
0,20-0,40	3,6090 cA	2,7168 cB	3,7497 dA	2,5761 dB
0,40-0,60	1,9708 dA	2,0976 cA	2,0166 eA	2,0518 dA
DMS	DMS_L 0,6529; DMS_C 0,6529		DMS_L 0,6529; DMS_C 0,6529	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Já na área sem irrigação, os teores foram significativos entre si e decrescentes a partir da superfície do solo até as camadas 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m onde não diferenciaram estatisticamente, demonstrando que a irrigação ajudou na movimentação do Ca para camadas mais profundas.

As doses foram influenciadas pelo tempo como mostram os dados da Tabela 9, onde em todas as doses aplicadas no presente estudo obtiveram resultados significativos das doses com relação ao tempo de aplicação. Os valores aos 10 meses após aplicação foram superiores aos teores de Ca avaliados aos 18 meses de aplicação do gesso agrícola. Os teores aos 18 meses após aplicação foram estatisticamente inferiores nas profundidades de 0,0-0,05 não diferindo de 0,05-0,10 m.

Tabela 9 – Teores de Cálcio do solo em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Doses	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Cálcio (cmol_c dm⁻³)	
0 Mg ha⁻¹	5,1317 aA	3,2369 bB
2 Mg ha⁻¹	4,8701 aA	3,7942 abB
4 Mg ha⁻¹	4,8211 aA	4,2082 aB
8 Mg ha⁻¹	5,3962 aA	4,3123 aB
DMS	DMS_L 0,5840; DMS_C 0,5840	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS_C= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

De acordo com a Tabela 10 a interação do fator manejo com o fator tempo, aos 10 meses após aplicação do gesso agrícola, os teores de Ca foram superiores na área com irrigação em relação à área sem auxílio da irrigação, já aos 18 meses após aplicação, os teores não diferiram entre as áreas. Dentro de cada área, na manejada com auxílio da irrigação os teores de Ca foram superiores aos 10 meses em relação aos teores no tempo de 18 meses após aplicação. Este fato, ocorreu da mesma forma na área sem irrigação, onde os teores também foram inferiores aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola nos dois manejos de irrigação.

Saturação Ca/CTC (Ca/CTC)

Para os teores de Ca na CTC (Ca/CTC), todos os fatores de variação foram significativos (Tabela 2), isto pode ser explicado pelo gesso agrícola, ter na sua composição em torno de 25% de Ca. Sendo que houve significância dos fatores profundidade melhorando o perfil do solo, e de tempo.

As interações significativas para teores de Ca/CTC foram dose x tempo, profundidade x manejo, profundidade x tempo, profundidade x manejo x tempo e dose x profundidade x manejo x tempo como mostrado nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 10 – Teores de Cálcio do solo em diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Manejo	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Cálcio (cmol_c dm⁻³)	
Com Irrigação	5,4328 aA	3,8434 aB
Sem Irrigação	4,6768 bA	3,9324 aB
DMS	DMS_L 0,4129; DMS_C 0,4129	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Dentro do fator 1 no caso as doses, os valores de Ca/CTC foram superiores significativamente com as doses de gesso agrícola aplicadas a lanço no solo. A dose de 8 Mg ha⁻¹ foi a que obteve o maior teor de Ca/CTC, não diferindo estatisticamente da dose de 4 Mg ha⁻¹. Esta não diferiu estatisticamente da dose de 2 Mg ha⁻¹ e foi superior à testemunha. Para o fator profundidade, a camada estatisticamente superior em teores de Ca/CTC, foi na profundidade de 0,10-0,20 m seguidos da camada de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,20-0,40; 0,40-0,60 m de profundidade respectivamente.

No fator manejo os teores da área sem o auxílio da irrigação foram superiores estatisticamente a área sem irrigação. Para o fator tempo, aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola o teor de Ca/CTC foi superior aos valores avaliados nos 18 meses após aplicação.

Nas interações entre fatores (Tabela 11), a interação profundidade com manejo, demonstrou superioridade da área sem irrigação em relação à área com irrigação nos teores de Ca/CTC. Sendo destaque as profundidades de 0,0-0,05 m e de 0,10-0,20 m de profundidade respectivamente superiores dentro de suas camadas diferidas no manejo de irrigação. Com relação aos teores de Ca/CTC dentro de cada manejo, temos o mesmo comportamento dentro das duas áreas, sendo que as camadas de 0,0-0,05 e 0,10-0,20 foram superiores na área com irrigação e sem irrigação, em relação às demais profundidades. Estas seguidas das profundidades 0,05-0,10; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m respectivamente, diferidas entre si estatisticamente.

Tabela 11 – Teores de Cálcio na CTC em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
Saturação Ca/CTC (%)				
0,0-0,05	32,3807 aB	39,8372 aA	38,0610 bA	34,1569 aB
0,05-0,10	27,6709 bA	29,0019 bA	26,1709 cB	30,5020 bA
0,10-0,20	35,8521 aB	41,3316 aA	49,3305 aA	27,8531 bB
0,20-0,40	23,3572 cA	21,7616 cA	27,3690 cA	17,7498 cB
0,40-0,60	14,8643 dA	17,9127 dA	17,6298 dA	15,1472 cA
DMS	DMS_L 3,4979; DMS_C 3,4979		DMS_L 3,4979; DMS_C 3,4979	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na interação profundidade e fator tempo (Tabela 11), somente a profundidade de 0,05-0,10 m de profundidade foi inferior estatisticamente no tempo de 10 meses após aplicação de gesso agrícola em relação aos 18 meses. A profundidade 0,40-0,60 m os teores foram iguais estatisticamente aos 10 e 18 meses após aplicação de gesso agrícola. Avaliando cada época de amostragem observamos que aos 10 meses de aplicação, a profundidade em destaque foi de 0,10-0,20 m, seguidas estatisticamente das profundidades de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,20-0,40 e de 0,40-0,60 m respectivamente. Comportamento semelhante foi observado por Caires et al. (2003), onde o aumento de Ca ao longo do perfil do solo em relação testemunha onde este aumento foi mais expressivo aos oito meses após aplicação superficial de gesso agrícola, sendo que sua maior dose (9Mg ha⁻¹) teve maior lixiviação de Ca ao longo do perfil. Para Pavan e Volkweiss, (1986) o aumento nos teores de cálcio em profundidade é uma das maiores vantagens do gesso em solos ácidos, por que aumenta o desenvolvimento radicular em profundidade tendo maior absorção de água e nutrientes.

Para a interação dose e tempo, pode-se observar a superioridade dos valores no tempo de 10 meses após aplicação de gesso agrícola (Tabela 12). Sendo que apenas na dose de 4 Mg ha⁻¹ o teor de Ca/CTC foi estatisticamente igual nos tempos de 10 meses e de 18 meses após aplicação. Dentro de cada tempo, a testemunha

não diferiu estatisticamente da dose de 8 Mg ha⁻¹, as quais diferiram nas doses de 2 e 4 Mg ha⁻¹, apresentando valores superiores para estas profundidades em relação à testemunha. Já na área sem irrigação, as doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹ foram superiores estatisticamente à dose de 2 Mg ha⁻¹ e a testemunha respectivamente.

Tabela 12 – Teores de Cálcio na CTC em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Doses	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Saturação Ca/CTC (%)	
0 Mg ha ⁻¹	31,7646 abA	20,7220 cB
2 Mg ha ⁻¹	30,6198 bA	24,1620 bB
4 Mg ha ⁻¹	30,4071 bA	27,6013 aA
8 Mg ha ⁻¹	34,0575 aA	27,8420 aB
DMS	DMS_L 3,1287; DMS_C 3,1287	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na Figura 4 é possível observar que as médias dos tratamentos de doses de gesso agrícola 0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ foram superiores à testemunha na ordem de 4,38; 10,5 e 17,95 % respectivamente. Estes resultados demonstram a eficiência do gesso agrícola mesmo aplicado em superfície do solo em corrigir e elevar teores de Ca/CTC ao longo do perfil do solo.

Quanto à média das profundidades (Figura 4) ocorreu uma alta concentração na camada de 0,10-0,20 m de profundidade ocorrido provavelmente pela coleta ter sido realizada pouco tempo após aplicação do gesso agrícola, ocorrendo à redução desta concentração nesta camada que foi redistribuída ao longo do perfil do solo (FRANCHINI et al. 1999). Para esses autores, o Ca na sua forma complexada, teria sua carga líquida alterada pela formação e complexos de carga nula ou até negativa, o que favoreceria a sua lixiviação. Na área com irrigação observa-se que os teores de Ca foram inferiores à camada sem irrigação, este comportamento está diretamente relacionado à percolação do Ca pelas águas tanto da chuva quando da

irrigação, que aumenta conforme a irrigação do solo. Nas camadas superficiais os teores de Ca bem como de Ca/CTC foram superiores para as doses de gesso agrícola aplicado em comparação à testemunha. Os valores na camada de 0,05-0,10 foram mais expressivos onde os teores de Ca/CTC nas doses de 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ foram 11,4%, 23,1% e 38,1% respectivamente. Estes resultados provêm do aporte de Ca na saturação que o gesso agrícola libera na sua dissolução após aplicação das diferentes doses.

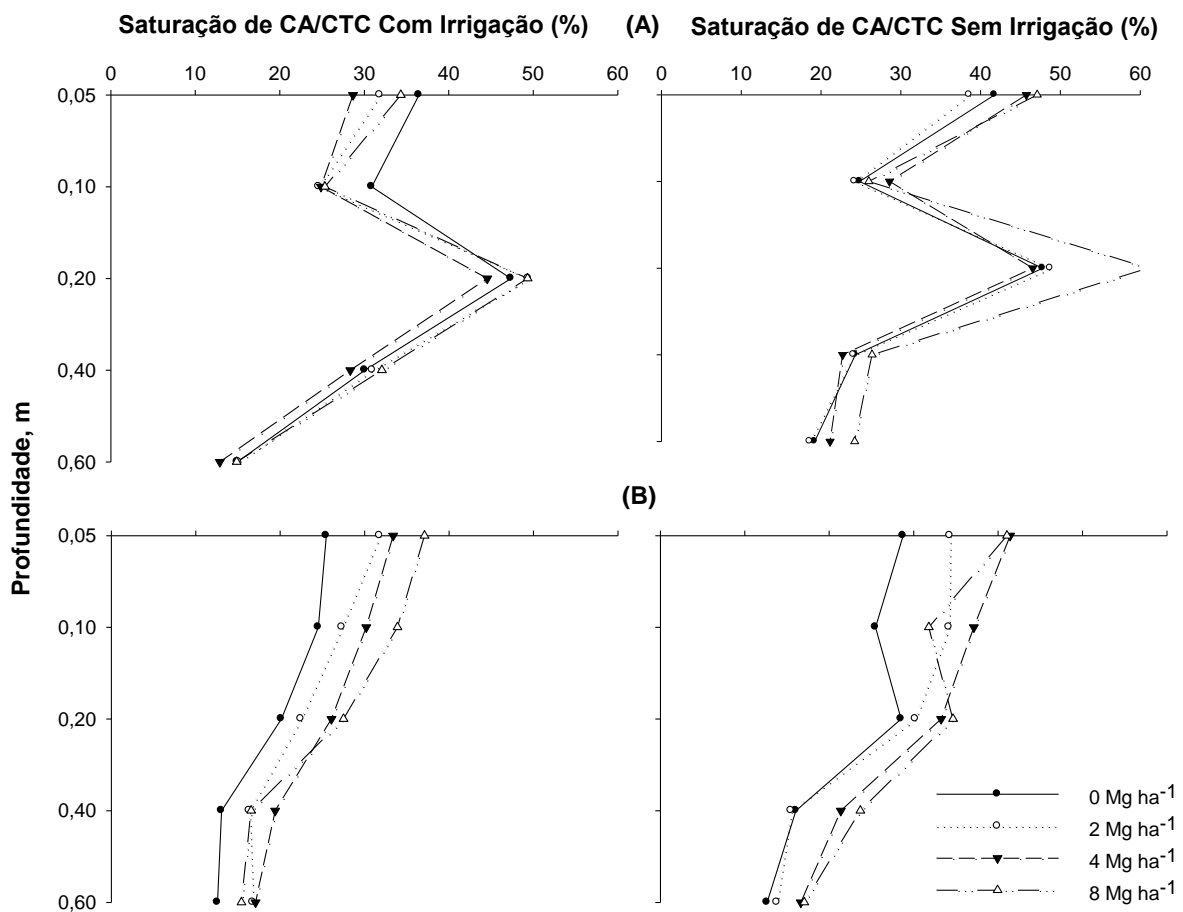


Figura 4: Gráficos referentes aos teores de saturação de Ca na CTC (Ca/CTC) nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.

Magnésio (Mg)

Para os teores de Mg os fatores significativos segundo análise estatística demonstrada na Tabela 2, foram o fator 2 profundidade, o fator 3 manejo e o fator 4

tempo. Houve interação para profundidade x manejo, profundidade x tempo e também para profundidade x manejo x tempo foram significativos segundo análise estatística.

Comparando médias das doses aplicadas, as doses superiores nos teores de Mg foram 2 e 4 Mg ha⁻¹, estas não diferindo entre si, sendo significativamente superiores às doses testemunha e à dose de 8 Mg ha⁻¹. Nas profundidades, a camada onde se obteve valores superiores de Mg foi na profundidade de 0,05-0,10 m, seguidas das profundidades de 0,0-0,05; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m respectivamente.

Para o fator 3 manejo, a área com irrigação foi superior quanto aos teores de Mg em relação a área sem irrigação. Para o fator 4 tempo os valores no tempo de 10 meses foram superiores estatisticamente em relação aos valores de Mg do tempo de 18 meses após aplicação de gesso agrícola em superfície do solo.

Os dados da Tabela 13 mostra a interação do fator profundidade com o manejo os teores de Mg nas profundidades de 0,10-0,20 e 0,40-0,60 m foram superiores na área com irrigação, no entanto já as outras profundidades não diferiram estatisticamente entre as áreas. Na área com irrigação, a profundidade de 0,05-0,10 m foi superior quanto o teor de Mg do solo, sendo seguida das profundidades 0,0-0,05 e 0,10-0,20 as qual não diferiram estatisticamente e foram superiores às profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Já na área sem irrigação, também se sobressaiu a profundidade de 0,05-0,10 m em relação às demais, seguidas da profundidade 0,0-0,05 m, esta superior às profundidades 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m iguais estatisticamente e superiores à ultima profundidade avaliada 0,40-0,60 m de profundidade.

Para a interação dos fatores profundidade e tempo de acordo com a Tabela 13, as camadas superficiais nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m foram superiores aos 10 meses de aplicação, já a camada de 0,40-0,60 m de profundidade foi inferior quanto ao teor de Mg aos 10 meses em relação a 18 meses de aplicação de gesso agrícola. Aos 10 meses de aplicação, os valores de Mg foram superiores na profundidade de 0,05-0,10 m, sendo esta camada seguida da camada superficial acima desta a qual se sobressaiu quanto ao teor de Mg das camadas de 0,10-0,20; 0,020-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade respectivamente. Na avaliação aos 18 meses, as camadas superficiais foram superiores estatisticamente a camada de

0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade, sendo que as camadas de 0,0 a 0,20 m foram superiores, mas não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 13 – Teores de Magnésio em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
	Magnésio (cmol_c dm⁻³)			
0,0-0,05	3,1111 bA	3,0352 bA	3,4573 bA	2,6889 aB
0,05-0,10	4,4597 aA	4,1413 aA	6,2305 aA	2,3705 abcB
0,10-0,20	2,8660 bA	2,1764 cB	2,5641 cA	2,4783 abA
0,20-0,40	1,8231 cA	2,1833 cA	1,8289 dA	2,1775 bcA
0,40-0,60	2,0209 cA	1,2417 dB	1,2522 eB	2,0105 cA
DMS	DMS_L 0,3897; DMS_C 0,3897		DMS_L 0,3897; DMS_C 0,3897	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS_C= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Saturação de Magnésio na CTC

Na saturação de Mg na CTC (Mg/CTC), os fatores significativos estatisticamente fora o fator 2 correspondente a profundidade de coleta e o fator 4 representando o tempo (Tabela 2). As interações significativas entre os fatores foram entre profundidade e manejo e entre profundidade e tempo.

As médias e medidas das doses foram superiores a testemunha não diferindo entre si estatisticamente, onde as doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹ não diferiram da testemunha. Em relação à profundidade das amostras, a profundidade de 0,05-0,10 m foi superior às demais, seguida da camada superficial do solo. Esta foi superior as camadas mais profundas a qual as profundidades 0,10-0,20 e 0,20-0,40 foram inferiores as camadas superficiais, mas iguais estatisticamente e superiores a camada de 0,40-0,60 m de profundidade. Para o manejo os teores de Mg/CTC não foram significativos, diferente do fator tempo o qual aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola obteve valores superiores à época de 18 meses.

A interação entre os fatores profundidade e manejo de acordo com os dados da Tabela 14 foram significativas na profundidade de 0,20-0,40 m, onde a área sem irrigação foi superior quanto ao teor de Mg/CTC. Já na profundidade seguinte, o comportamento foi o contrário e igual estatisticamente das demais profundidades onde a área com irrigação foi superior a sem irrigação. Ainda na área com irrigação, os valores na profundidade de 0,05-0,10 foram superiores à camada superficial do solo, comportamento este semelhante à área sem irrigação, que também foi superior nesta camada. Nas camadas subsequentes, os teores não diferiram entre si nas camadas de 0,10-0,20 e 0,40-0,60 m de profundidade sendo superiores à camada de 0,20-0,40m na área com irrigação. Na área sem irrigação as camadas mais subsuperficiais não diferiram estatisticamente enquanto nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m apresentaram valores superiores à camada mais profunda avaliada.

Na interação entre o fator profundidade e o fator tempo os resultados obtidos foram que nas camadas superficiais até 0,10 m de profundidade foram superiores no tempo de 10 meses após aplicação (Tabela 14), juntamente com a camada de 0,20-0,40 m de profundidade.

Tabela 14 – Teores de Magnésio na CTC em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
	Saturação de Magnésio na CTC (%)			
0,0-0,05	19,2225 bA	19,5765 bA	23,3056 bA	15,4933 aB
0,05-0,10	24,5486 aA	25,9812 aA	35,4208 aA	15,1090 aB
0,10-0,20	14,9116 cA	15,6623 cA	13,8070 cB	16,7669 aA
0,20-0,40	11,5979 dB	17,6214 bcA	14,3718 cA	14,8475 aA
0,40-0,60	15,2483 cA	10,0862 dB	10,5053 dB	14,8292 aA
DMS	DMS_L 2,2609; DMS_C 2,2609		DMS_L 2,2609; DMS_C 2,2609	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Dentro de cada época de análise, os valores de Mg/CTC foram superiores novamente na camada de 0,05-0,10 m de profundidade sendo superior a camada superficial de 0,0-0,05 m. As camadas inferiores os teores foram ainda mais baixos sendo que a camada de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 não diferiu estatisticamente entre si e foi superior à camada mais profunda de 0,40-0,60 m de profundidade. Aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola não houve diferença estatística entre as profundidades avaliadas no presente estudo.

Na figura 5 observa-se o comportamento dos teores de Mg/CTC, onde as médias da testemunha foram inferiores às médias dos tratamentos com doses de gesso aplicadas ao solo, porém não diferiram entre si, porém quanto as profundidades avaliadas se observou um acréscimo na profundidade de 0,05-0,10 m com irrigação e sem irrigação aos 10 meses. Este aumento dos teores de Mg/CTC foi 30 % superior à camada superficial de 0,0-0,05 m de profundidade nas médias do perfil. Já as camadas subsequentes foram inferiores às camadas superficiais comentadas. A lixiviação de Mg no solo tem sido abordada em outros estudos com aplicação de gesso agrícola no solo (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1999). Quando o gesso é aplicado em doses elevadas devem ser desenvolvidas estratégias para minimizar as perdas de Mg trocável como reposição deste nutriente via fertilizante.

O ânion inorgânico que mais se liga ao Mg é o $S-SO_4^{-2}$ (QUAGGIO et al., 1982; ROSOLEM e MACHADO, 1984), o que pode explicar por que a aplicação de doses mais elevadas de gesso favoreceram a lixiviação de Mg ocorrida pela presença deste ânion acompanhante para movimentação de bases (RAIJ, 1988). Este comportamento de lixiviação de Mg com altas doses de gesso agrícola foi descrito por Serafim et al. (2012) onde o autor descreveu a movimentação de Mg da camada de 0,0-0,20 m de profundidade em duas condições de umidade, aumentando teores deste nutriente na sub superfície.

Pode se salientar ainda na Figura 5 o comportamento da área com irrigação aos 18 meses onde os teores de Mg/CTC foram crescentes de acordo com as doses. Onde os valores de 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ foram 18,9%, 38,7% e 26% superiores a testemunha. No mesmo gráfico nota-se que a dose de 2 Mg ha⁻¹ obteve uma uniformidade ao longo do perfil do solo com teores de Mg considerados alto (>1 cmol_c dm⁻³) segundo a CQFS-RS/SC (2004).

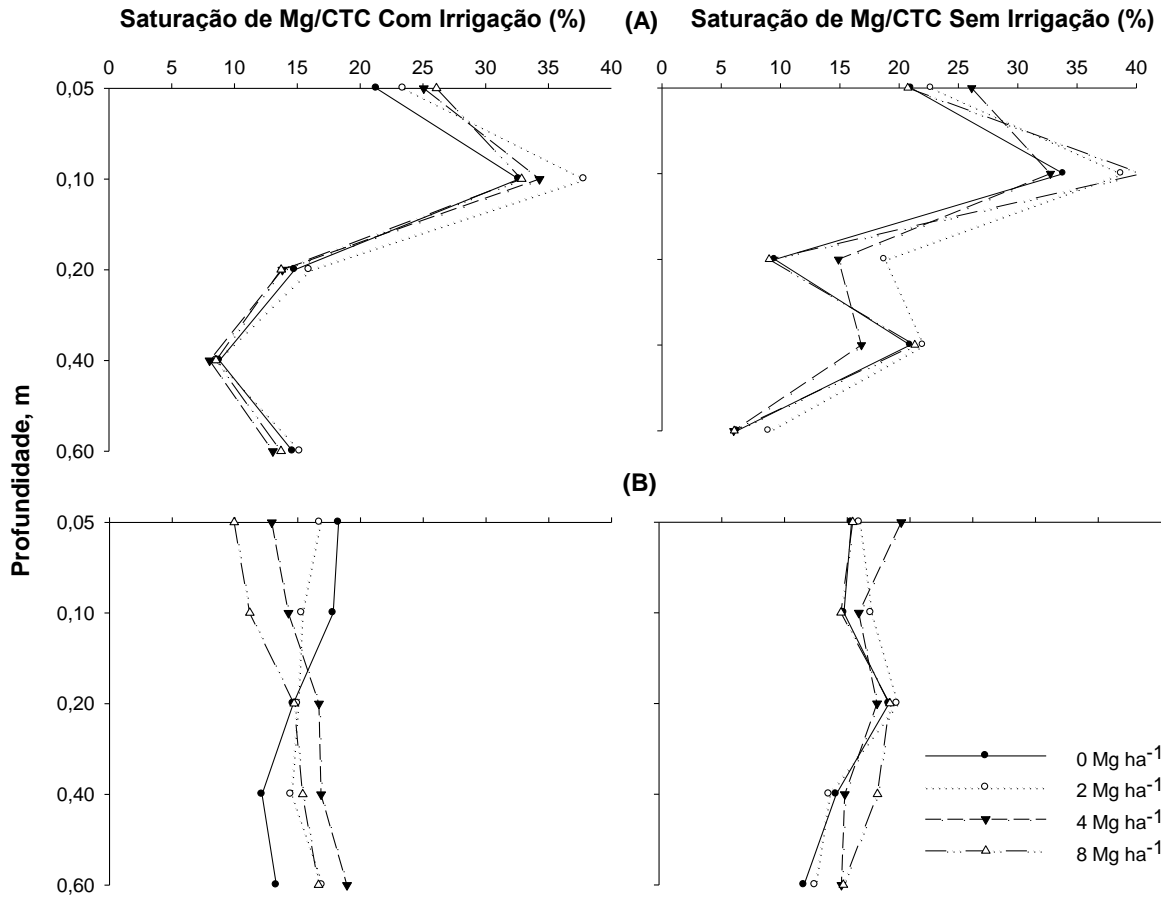


Figura 5 – Gráficos referentes aos teores de saturação de Magnésio na CTC (Mg/CTC) nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.

Potássio (K)

De acordo com a Tabela 2 os teores de K do solo foram significativos ao teste F nos fatores profundidade e manejo. Já as interações significativas entre os fatores foram entre profundidade e manejo, manejo e tempo e dose x manejo x tempo.

As médias das doses não diferiram estatisticamente nas doses 0, 2 e 4 Mg ha⁻¹ respectivamente, sendo diferente somente na dose de 8 Mg ha⁻¹, esta sem diferenciar das outras doses aplicadas no estudo. As profundidades foram estatisticamente decrescentes estatisticamente a partir da superfície do solo até a camada de 0,60 m de profundidade. O manejo de irrigação foi superior quanto o teor de K do solo em relação a área sem irrigação. Já o fator tempo não diferiu estatisticamente nas épocas de 10 e 18 meses após aplicação de K.

A interação dos fatores profundidade com o manejo foi significativa (Tabela 15), sendo que os teores de K na área com irrigação foram superiores nas principais camadas do solo, sendo igual estatisticamente somente na camada mais profunda avaliada. Como descrito anteriormente, os teores de K no solo foram decrescentes a partir da superfície do solo até a profundidade de 0,60 m. Na área com irrigação os valores foram todos estatisticamente diferentes, na área sem irrigação a camada de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m foram estatisticamente iguais entre si e inferiores as camadas mais superficiais.

Tabela 15 – Teores de Potássio do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação.

Profundidade (m)	Manejo	
	Com Irrigação	Sem Irrigação
	Potássio (mg dm ⁻³)	
0,0-0,05	299,2000 aA	212,7100 aB
0,05-0,10	253,2300 bA	123,5800 bB
0,10-0,20	149,3300 cA	69,0200 cB
0,20-0,40	79,1900 dA	47,7400 dB
0,40-0,60	57,4400 eA	38,8200 dA
DMS	DMS_L 19,7842; DMS_C 19,7842	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na interação entre o manejo e o tempo (Tabela 16), os teores de K não diferiram entre o manejo, porém aos 10 meses os teores de K foram superiores na área com irrigação em relação à área sem irrigação, sendo que da mesma forma ocorreu aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola.

Tabela 16 – Teores de Potássio do solo em diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Manejo	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Potássio (mg dm⁻³)	
Com Irrigação	171.6440 aA	163.7120 aA
Sem Irrigação	92.8280 bA	103.9200 bA
DMS	DMS_L 12.5126; DMS_C 12.5126	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS_C= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Potássio na CTC

Para os teores de K na CTC (K/CTC), os fatores significativos segundo a Tabela 2 no estudo foram o fator 2 profundidade e o fator 3 manejo. Para as interações dos fatores estes significativos foram profundidade com o manejo e profundidade com o tempo. Também a interação dose x manejo x tempo obteve significância ao teste F como demonstra a Tabela 2.

As médias dos teores de K/CTC na profundidade foram decrescentes sendo que nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 foram estatisticamente iguais. Tiveram resultado as médias do fator manejo, onde a área com irrigação foi superior à área sem irrigação.

Na interação dos fatores profundidade e manejo em relação aos teores de K/CTC (Tabela 17), teve comportamento de as camadas de 0,0-0,05 a 0,10-0,20 m os teores foram superiores na área com irrigação comparando com a área sem auxílio da irrigação. Sendo que nas profundidades subsequentes, estas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade não foram estatisticamente diferentes.

Comparando os teores dentre áreas, na gleba com irrigação foi observando que quanto mais profunda a camada de solo menor o teor de K/CTC. Sendo que as duas camadas mais profundas não diferiram estatisticamente e obtiveram teores de K/CTC 4,2 vezes inferior comparativamente com a camada superficial do solo. Já na área sem irrigação, a camada superior manteve-se estatisticamente com teores mais altos de K/CTC, seguido da segunda camada e da terceira, sendo que esta não

diferiu estatisticamente da profundidade de 0,20-0,40 m de profundidade. A camada de 0,20-0,40 m também não diferiu estatisticamente da camada mais profunda a qual, da mesma forma que área com irrigação se constatou valores de 4,2 vezes mais baixo de teores de K/CTC em relação à camada superficial de 0,0-0,05 m de profundidade.

Tabela 17 – Teores de Potássio na CTC em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
	Potássio na CTC (%)			
0,0-0,05	4,6874 aA	3,5883 aB	4,4413 aA	3,8344 aB
0,05-0,10	3,7369 bA	2,0600 bB	2,8985 bA	2,8983 bA
0,10-0,20	2,0444 cA	1,2858 cB	1,3596 cB	1,9706 cA
0,20-0,40	1,2608 dA	0,9773 cdA	1,2580 cA	0,9801 dA
0,40-0,60	1,1160 dA	0,8456 dA	1,0766 cA	0,8850 dA
DMS	DMS_L 0,3667; DMS_C 0,3667		DMS_L 0,3667; DMS_C 0,3667	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias com letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Para a interação dos fatores profundidade e tempo de acordo os dados da Tabela 17, é possível observar que os resultados demonstraram que na camada de 0,0-0,05 os teores de k/CTC no tempo de 10 meses após aplicação de gesso agrícola foi superior aos valores encontrados com 18 meses após aplicação.

Nas camadas subsequentes, os teores de K/CTC foram superiores aos 18 meses na camada de 0,10-0,20 m de profundidade, sendo que no restante do perfil do solo os valores não diferiram estatisticamente.

Realizando uma avaliação dentro de cada tempo de análise após aplicação de gesso agrícola, observa-se que nas camadas superficiais os valores foram consideravelmente mais altos nas camadas superiores do perfil do solo. Na área com auxílio da irrigação, como descrito anteriormente na camada de 0,0-0,05 m de profundidade os valores foram superiores a camada seguinte, a qual obteve valores

20,1% inferior à camada superficial, sendo esta superior estatisticamente às camadas mais profundas em estudo, estas não diferindo estatisticamente. Na área sem irrigação, os valores de K/CTC foram superiores na camada superficial, seguida da segunda camada de 0,05-0,10 m, sendo esta superior à camada de 0,10-0,20 m de profundidade. As camadas seguintes não diferiram estatisticamente entre si, ficando abaixo dos teores das camadas superficiais, sendo 76,3% inferior a camada mais profunda em relação à camada superficial do solo (Tabela 17). Os valores nesta área com exceção a camada superficial foram inferiores ao limite considerado adequado para o bom desenvolvimento das plantas segundo Malavolta (2006) o qual relata que o teor ideal da participação deste cátion na CTC seja na faixa de 3 a 5%.

Na figura 6, estão demonstrados os gráficos de K/CTC, onde se pode observar que os valores de K/CTC não foram significativamente diferentes ao longo do perfil do solo. Porém se observar a média das profundidades pode-se observar valores decrescentes ao longo do perfil, onde os teores na superfície do solo (camada de 0,0-0,05 m de profundidade) foram 29,7%, 59,8%, 72,9% e 76,3% nas camadas de 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade respectivamente. Esta redução de K em camadas inferiores foi relatada por Escosteguy, (2012) onde o autor afirma que na região do Planalto do RS em muitos casos os teores mais elevados de K estão restritos a camadas de 0-0,05 m ou de 0,05-0,10 m de profundidade. O mesmo autor dando sequencia ao assunto relata que geralmente os teores de K nas camadas mais profundas (10-20 m) são 50% inferiores se comparados as camadas superficiais.

Ainda na Figura 5, observa-se uma superioridade dos teores de K/CTC na área com irrigação sendo na média do perfil em torno de 46.7% superior a área sem irrigação. Esta diferença de teores pode ser explicada pelo provável manejo diferenciado da área com irrigação em relação a área sem irrigação ao longo das safras, conforme exposto na Tabela 1 onde os teores na caracterização inicial foram 44,8% superiores na área com irrigação.

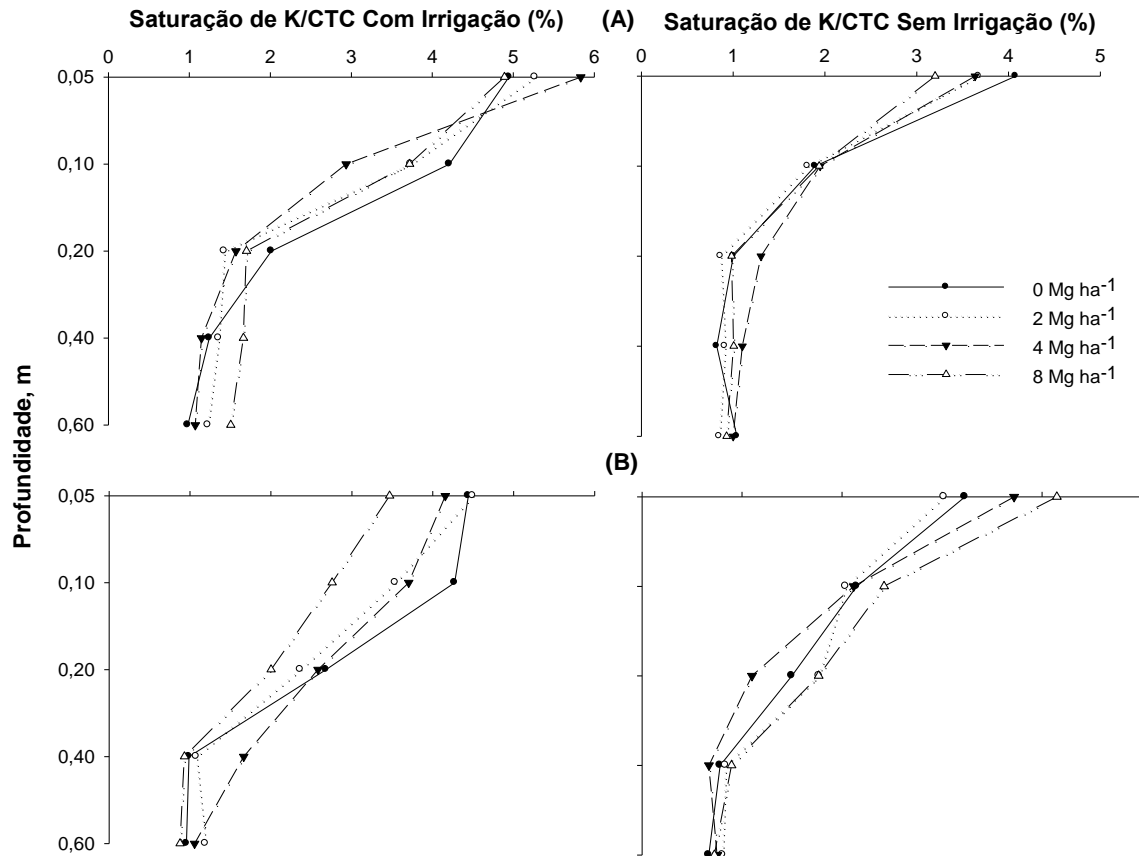


Figura 6 – Gráficos referentes aos teores de K/CTC nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.

Relação Ca/Mg (Ca/Mg)

Para os teores de relação Ca/Mg todos os fatores de variação foram estatisticamente significativos segundo a Tabela 2, isto pode ser explicado por o gesso agrícola, ter na sua composição em torno de 25% de Ca. Sendo significativos para os fatores de profundidade, melhorando o perfil do solo e para o tempo. As interações foram significativas para os fatores dose com profundidade, dose com tempo, profundidade com manejo, profundidade com tempo.

Os teores de relação Ca/Mg segundo médias das doses de gesso agrícola foram significativos (Tabela 2), sendo que a dose de 8 Mg ha⁻¹ foi superior as demais doses, seguida da dose de 4 Mg ha⁻¹ a qual não diferiu da dose testemunha, estas superiores a dose de 2 Mg ha⁻¹. Este resultado pode ser explicado pelo aporte de Ca dado pela aplicação de gesso agrícola sendo que este insumo possui cerca de 21% de Ca na sua formulação.

Em relação ao fator profundidade, os teores da relação Ca/Mg foram superiores na camada de 0,10-0,20 m de profundidade seguidas da camada superficial. Em sequencia, as camadas mais profundas 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m tiveram valores superiores a anteriormente descrita não diferindo entre si, sendo que a camada de 0,40-0,60 não diferiu estatisticamente da profundidade 0,05-0,10 m de profundidade. Para o fator 3, os valores se referem-se ao manejo com auxílio da irrigação ou sem irrigação demonstrando que os valores da relação Ca/Mg foram superiores na área sem irrigação em relação aos valores da área com irrigação. Quanto os teores da relação Ca/Mg no tempo de 10 e 18 meses após aplicação de gesso agrícola na superfície do solo aos 10 meses foi superior estatisticamente aos valores obtidos da relação Ca/Mg aos 18 meses após aplicação este podendo ter reduzido os teores pela extração das culturas e/ou translocado no perfil do solo.

A interação (Tabela 18) entre os fatores dose e profundidade demonstra que a testemunha teve comportamento onde o teor mais elevado da relação Ca/Mg foi na camada de 0,10-0,20 m de profundidade, seguido das profundidades 0,0-0,05 e 0,20-0,40 m sendo que estas não diferiram entre si juntamente com a profundidade de 0,40-0,60 que foi igual as camadas anteriores e a camada de 0,05-0,010 que teve o menor teor da relação Ca/Mg.

Tabela 18 – Teores de Relação cálcio magnésio em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes profundidades do solo.

Doses	Profundidade (m)				
	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
	Relação Ca/Mg (cmol_c dm⁻³)				
0 Mg ha⁻¹	1,8944 bB	1,2757 bC	3,0389 bA	1,7293 aB	1,5683 abBC
2 Mg ha⁻¹	1,8302 bAB	1,3009 bD	2,2556 cA	1,7451 aBC	1,3836 bCD
4 Mg ha⁻¹	2,0272 bB	1,5466 abC	2,6521 bcA	1,8533 aBC	1,6699 abBC
8 Mg ha⁻¹	2,5735 aB	1,9613 aC	3,6008 aA	1,8654 aC	1,8436 aC
DMS	DMS_L 0,4394; DMS_C 0,4394				

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

De acordo com os dados da Tabela 19 a interação dos fatores profundidade com manejo apresentou teores da relação Ca/Mg foram iguais significativamente nas camadas superiores de 0,0 a 0,10 m de profundidade comparando a área com irrigação como a sem irrigação. Na camada de 0,10-0,20 e de 0,40-0,60 m os teores da relação Ca/Mg foram inferiores na área com irrigação em relação a área sem irrigação. Sendo que somente na profundidade de 0,20-0,40 m os teores da relação Ca/Mg foram superiores na área com irrigação.

Este comportamento pode ser observado pela movimentação de Mg no perfil do solo como mostra a Figura 7 o qual mostra a redução de Mg na superfície do perfil, resultando em uma redução da relação Ca/Mg. Analisando as áreas, pode-se observar que a área com irrigação teve um comportamento onde os teores mais elevados da relação Ca/Mg estão nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, seguidas das camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10 e 0,40-0,60 respectivamente. Analisando estes dados, pode-se concluir que a irrigação ajudou na movimentação tanto de Ca como de Mg, acarretando no acúmulo destes nutrientes nas camadas mais profundas do perfil elevando a relação Ca/Mg.

Tabela 19 – Teores de Relação cálcio magnésio em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
	Relação Ca/Mg (cmol_c dm⁻³)			
0,0-0,05	2,0018 bA	2,1608 bA	1,8175 cB	2,3452 aA
0,05-0,10	1,5473 cA	1,4950 cA	0,8533 dB	2,1889 aA
0,10-0,20	2,4859 aB	3,2878 aA	4,0533 aA	1,7204 bB
0,20-0,40	2,3480 aA	1,2486 cB	2,4100 bA	1,1866 cB
0,40-0,60	1,0226 dB	2,2100 bA	2,1937 bA	1,0390 cB
DMS	DMS_L 0,3107; DMS_C 0,3107		DMS_L 0,3107; DMS_C 0,3107	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na área sem o auxílio da irrigação, os teores da relação Ca/Mg foram superiores na mesma camada da área com irrigação, porém em apenas uma camada esta de 0,10-0,20 m de profundidade. Seguida pelas camadas de 0,0-0,05 e 0,40-0,60 m e das profundidades de 0,05-0,10 e 0,20-0,40 m que não diferiram estatisticamente entre si. Este comportamento foi semelhante ao da área com irrigação, porém não tão expressivo talvez pela movimentação mais lenta em relação a área com auxílio da irrigação.

Comparando valores da relação Ca/Mg em cada área segundo a Tabela 19 se observa que na área com irrigação os teores foram superiores nas camadas mais profundas, sendo que na camada de 0,10-0,20 obteve valores mais altos seguidas das camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade a qual não diferiram estatisticamente. Na área sem irrigação este comportamento foi inverso ao da área com irrigação, pois as camadas superficiais até 0,10 m de profundidade, tiveram relação Ca/Mg superior seguidas pela profundidade de 0,10-0,20 m e não diferindo entre si as profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Pode-se visualizar que a área com irrigação sofre influencia da umidade excessiva do solo fazendo que bases como Ca e Mg movimentem-se no perfil do solo se acumulando em camadas mais profundas, o que não ocorre em área sem o auxílio da irrigação a qual os nutrientes continuam por um maior período de tempo na superfície do solo ou nas camadas mais superficiais.

Para interação dos fatores dose com o fator tempo (Tabela 20), no tempo estimado de 10 meses após aplicação de gesso agrícola os teores da relação Ca/Mg foram superiores em todas as doses de gesso agrícola aplicadas, aos teores obtidos nos 18 meses de aplicação. Podendo ser atribuído a redução do teor de Ca ao maior tempo de reações, no caso 18.

Analisando os teores da relação Ca/Mg aos 10 meses após aplicação superficial de gesso agrícola (Tabela 20), observa-se que os valores da testemunha e da dose de 8 Mg ha⁻¹ foram estatisticamente iguais, seguidas das doses de 2 e 4 Mg ha⁻¹ a qual não diferiram. Já aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola, os teores da relação Ca/Mg foram superiores na dose de 8 Mg ha⁻¹, seguidas das doses de 2 e 4 Mg ha⁻¹ que não diferiram e a testemunha a qual apresentou a menor relação Ca/Mg.

Tabela 20 – Teores de Relação Cálcio Magnésio em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Doses	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Relação Ca/Mg (cmol_c dm⁻³)	
0 Mg ha⁻¹	2,4345 aA	1,3681 cB
2 Mg ha⁻¹	1,8795 bA	1,5266 bcB
4 Mg ha⁻¹	2,1259 bA	1,7737 bB
8 Mg ha⁻¹	2,6222 aA	2,1156 aB
DMS	DMS_L 0,2779; DMS_C 0,2779	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Para a interação dos fatores dose e tempo se observa que na camada superficial até a profundidade de 0,10 m de profundidade os teores da relação Ca/Mg foram superiores na área com irrigação. A partir desta camada os teores foram superiores na área com irrigação, o que pode ser explicado pela movimentação de bases mais acelerada com o alto teor de umidade na área com irrigação.

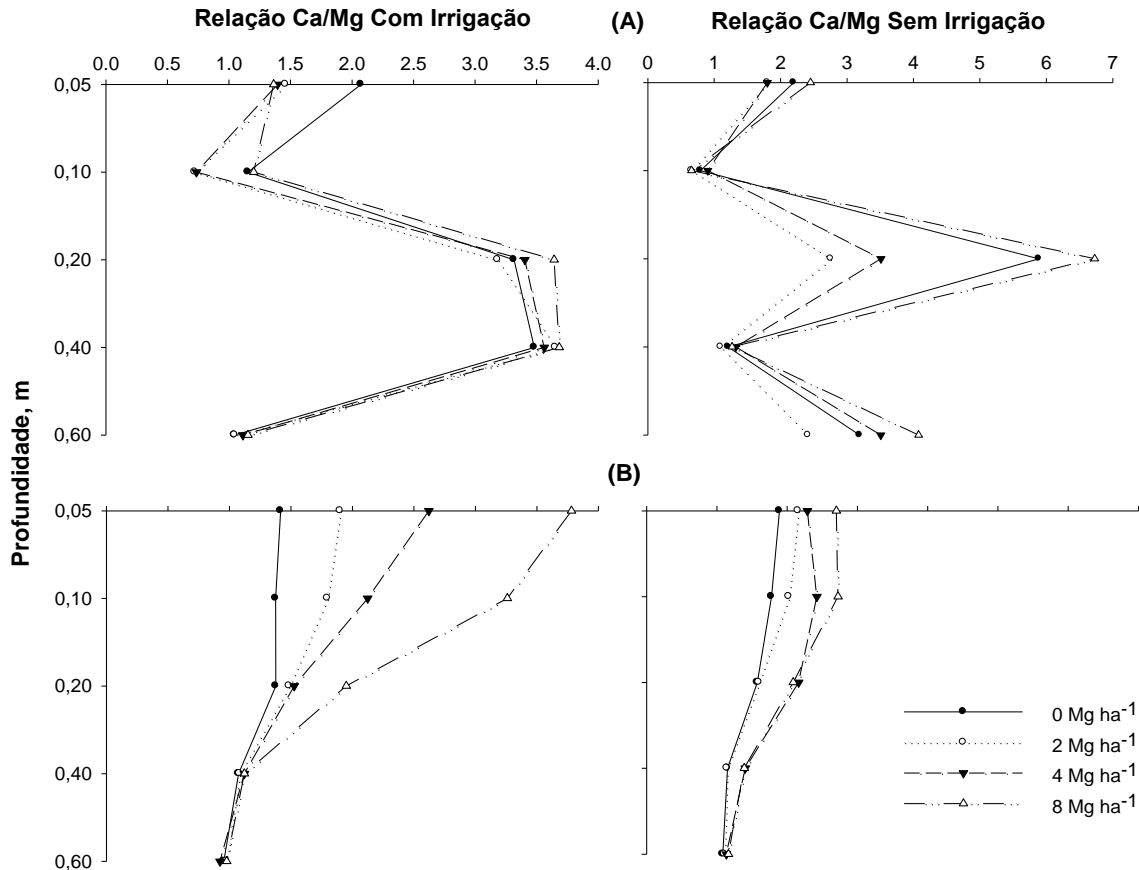


Figura 7 – Gráficos referentes aos teores de Ca/Mg nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.

Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Para os teores de CTC do solo, os fatores de variação significativos foram dose, profundidade e manejo. As interações significativas ao teste F (Tabela 2) foram para os fatores profundidade x manejo e profundidade x tempo e manejo com o tempo.

Fatores significativos quanto as médias dos fatores segundo a Tabela 2, o fator profundidade foi superior estatisticamente nas camadas superficiais do solo, estas camadas foram superiores em média 15% em relação a camada de 0,20-0,40 m de profundidade e 30,7% superior quanto ao teor de CTC na camada de 0,40-0,60 m de profundidade. Para o outro fator significativo quanto as médias de acordo com a Tabela 2 foi o manejo da área, sendo que a área com auxílio da irrigação foi superior estatisticamente em relação a área sem irrigação, onde os teores de CTC foram 19,6% mais altos na área com irrigação.

Para a interação dos fatores profundidade e manejo (Tabela 21), observa-se que em todas as profundidades os valores de CTC foram superiores na área com irrigação comparando com os teores da área sem auxílio da irrigação. Já realizando uma análise dentro de cada área, os valores de CTC na área com irrigação, foram superiores na camada de 0,10-0,20 m de profundidade, sendo seguidos da camada de 0,05-0,10 m a qual foi superior as camadas de 0,0-0,05 e 0,20-0,40 que foram estatisticamente iguais e superiores a ultima camada. Realizando a mesma análise na área sem irrigação os teores observados são que as camadas superiores até 0,10 m de profundidade alcançaram valores mais elevados comparados com de camadas subsequentes. Este comportamento deve-se novamente a irrigação a qual facilita a translocação de nutrientes no perfil do solo, sendo mais lenta na área sem auxílio da irrigação.

Para os fatores profundidade e tempo, a interação foi significativa segundo a Tabela 21 para teores de CTC nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade no tempo de 10 meses foram superiores aos teores de CTC aos 18 meses.

Tabela 21 – Teores de Capacidade de Troca de Cátions do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
Capacidade de Troca de Cátions (cmol_c dm⁻³.)				
0,0-0,05	16,7259 cA	15,7012 aB	14,7794 bB	17,6478 aA
0,05-0,10	17,9920 bA	15,6674 aB	17,6019 aA	16,0576 bB
0,10-0,20	19,6246 aA	14,1027 bB	18,4684 aA	15,2588 bB
0,20-0,40	16,2051 cA	12,6873 cB	13,6515 cB	15,2410 bA
0,40-0,60	13,4031 dA	12,0017 cB	11,7145 dB	13,6902 cA
DMS	DMS_L 1,0115; DMS_C 1,0115		DMS_L 1,0115; DMS_C 1,0115	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Analisando cada tempo, observa-se que as profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m tiveram valores superiores a camada superficial, esta seguida da cada 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m respectivamente. Na área sem irrigação, os valores da profundidade de 0,0-0,05 foram significativamente maiores que das profundidades 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m as quais não diferiram estatisticamente e superiores a profundidade de 0,40-0,60 m. Na área com irrigação, os teores de CTC não diferiram ao longo do tempo, o que não aconteceu na área não com irrigação, esta foi superior quanto aos teores de CTC do solo aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola. Analisando cada manejo, os teores de CTC foram superiores na área com irrigação tanto aos 10 meses como nos 18 meses após aplicação.

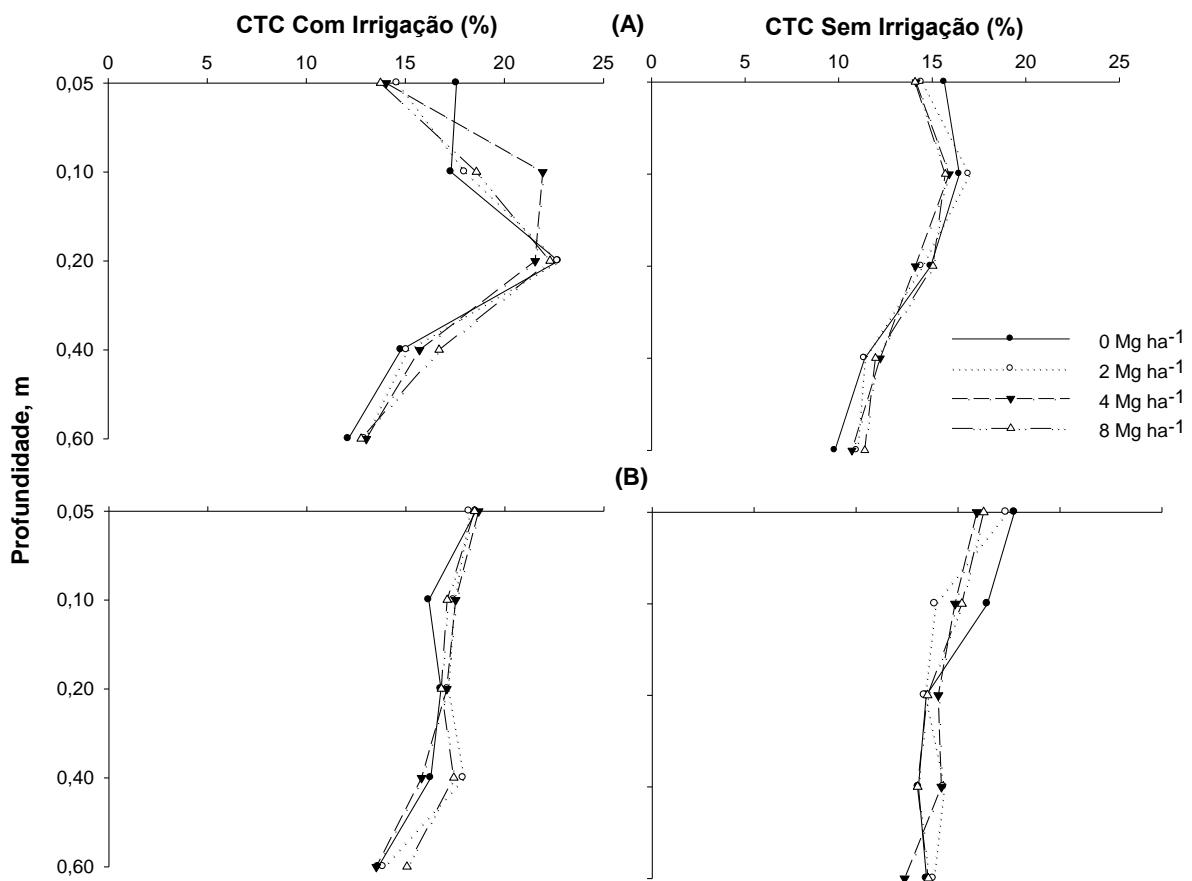


Figura 8 – Gráficos referentes aos teores de CTC nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.

Enxofre (S)

Como mostram os dados da Tabela 2, todos os fatores foram significativos ao teste F, representando fator 1 doses, fator 2 profundidade, fator 3 manejo e fator 4 tempo. Com relação a interação destes fatores, os fatores significativos estatisticamente foram os fatores doses com o fator tempo. Também obtiveram interação os fatores doses x profundidade x tempo e doses x manejo x tempo.

Quanto a médias do primeiro fator significativo (doses), os teores de S foram altos na dose de 8 Mg ha⁻¹ onde o teor de S foi superior as doses de 4 e 2 Mg ha⁻¹ estas com teores 43,3% e 64,2% inferiores respectivamente e a testemunha com teores 82% inferior a dose de 8 Mg ha⁻¹. Para a cultura do milho os teores de S das doses 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ estariam adequados segundo a CQFS-RS/SC (2004) que considera como teores de S nas faixas de alto com valores acima de 5 mg dm⁻³ sendo que somente a testemunha estaria abaixo deste valor. Porém para a cultura da soja os teores ideais foram de acordo com os valores considerados críticos para leguminosas, brássicas e liliáceas estão com teores adequados (acima de 10 mg dm⁻³) somente na dose de 8 Mg ha⁻¹. Para o fator profundidade que também foi significativo, os teores de S nas camadas a partir de 0,05 m de profundidade foram estatisticamente superiores à camada superficial esta de 0,0-0,05 m de profundidade. Os teores de S também foram superiores na área manejada com auxílio da irrigação onde este foi aproximadamente 30% superior a área sem irrigação. Para o fator tempo as médias demonstraram que aos 10 meses os teores de S foram superiores aos teores 18 meses após aplicação de gesso agrícola sob superfície do solo, podendo estar associado a sua alta mobilidade do sulfato no perfil do solo.

Os dados da Tabela 22 demonstram a interação dos fatores doses e tempo, que esboça os valores de S no tempo 10 meses após aplicação, onde os teores de S foram superiores no tratamento de 8 Mg ha⁻¹, seguido das doses de 2 e 4 Mg ha⁻¹ que não diferiram entre si estatisticamente e superiores ao tratamento testemunha. No tempo de 18 meses, novamente o tratamento de 8 Mg ha⁻¹ foi a dose que mais respondeu aos teores de S do solo, seguidas das outras doses que não foram diferentes estatisticamente entre si. Este comportamento pode estar associado ao aporte de S que o gesso agrícola proporciona em torno de 15 % de S para o solo na sua aplicação e conseqüentemente dissociação para a solução do solo.

Tabela 22 – Teores de enxofre em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Doses	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Enxofre (mg dm ⁻³)	
0 Mg ha ⁻¹	2,2380 cA	3,0535 bA
2 Mg ha ⁻¹	6,7531 bA	3,9104 bA
4 Mg ha ⁻¹	11,0657 bA	5,8240 bB
8 Mg ha ⁻¹	19,6630 aA	10,1643 aB
DMS	DMS_L 3,2891; DMS_C 4,3174	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

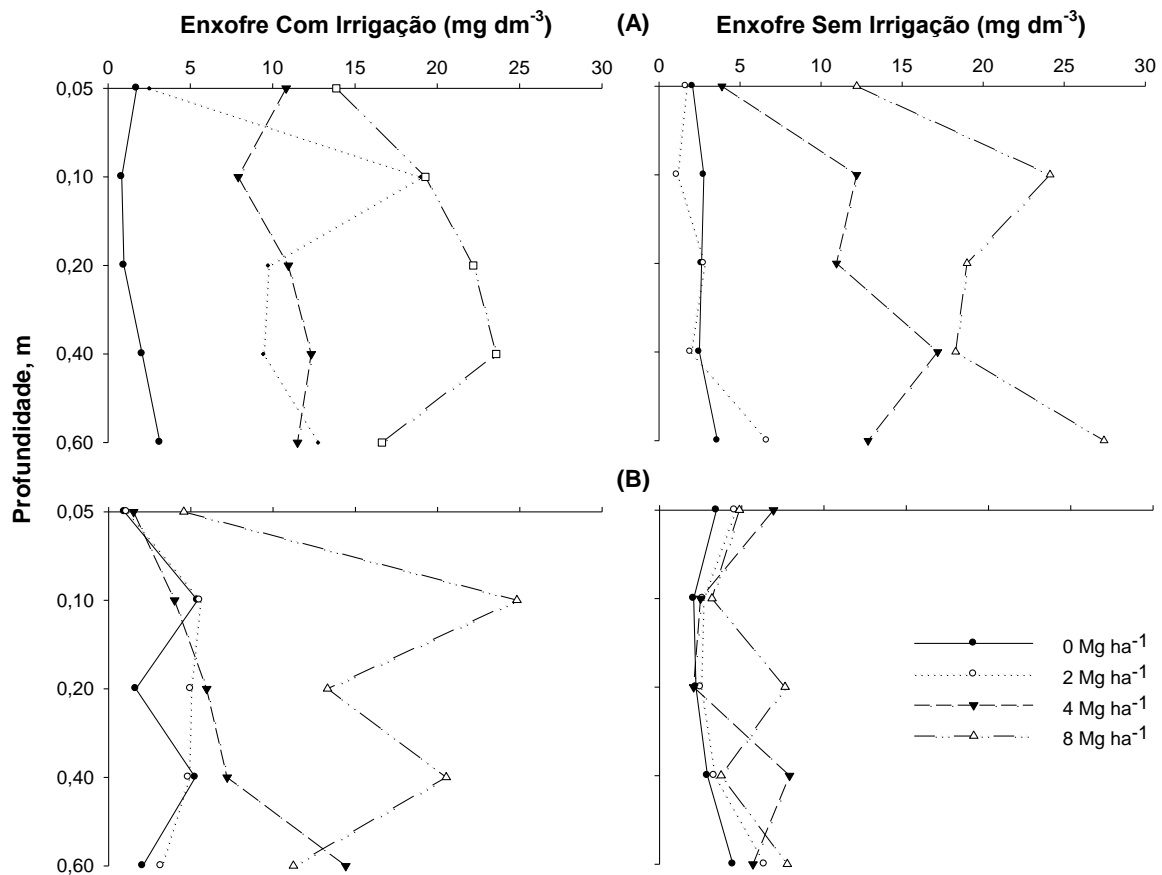


Figura 9 – Gráficos referentes aos teores de S nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola em diferentes manejos de irrigação.

Na Figura 9 pode-se observar que a aplicação de gesso agrícola sob a superfície do solo teve relação com o aumento dos teores de S no solo. Este aumento nos teores foi relativamente crescente à medida que se elevou a dose aplicada. Sendo que os valores da média de S na área com irrigação foram 29,7 % superiores a área sem irrigação, esta superioridade nos teores de S foi significativa principalmente nos 10 meses após aplicação de gesso agrícola, onde os teores das médias aos 10 meses foi de 73,1 % em relação as médias de S aos 18 meses.

Esta elevação dos teores de S nas camadas sub superficiais segundo Caires et al., (2004) com a presença de maiores teores de matéria orgânica na camada superficial mais a calagem condicionou um aumento na CTC do solo aumentando assim a movimentação do SO_4 no perfil do solo. Este S movimentando-se para camadas mais profundas, mas não perdido, e sim ficando adsorvida a fração mineral destas camadas mais profundas reduzindo sua mobilidade e acumulando nestas camadas (Wadt, 2000). Caires et al. (2004) realizaram um estudo onde 43 meses após a aplicação os teores de S no solo aumentaram em profundidade proporcionalmente as doses de gesso aplicada concordando com Raji et al. (1998), em que cita o íon $S-SO_4^{2-}$ é fortemente adsorvido no subsolo, aí permanecendo por muitos anos, evidenciando que neste estudo o S ainda está se movimentando pelo pouco tempo de aplicação e que será adsorvido e depositado provavelmente em camadas sub superficiais.

pH do Solo

Para dados referentes ao pH do solo a Tabela 2 demonstra que os fatores que foram significativos segundo teste F foram os fatores Profundidade, manejo e Tempo. As interações significativas de acordo com teores do pH foram dos fatores profundidade x manejo e profundidade x tempo.

As médias dos fatores que foram significativos demonstraram que o fator profundidade teve teores de pH mais elevado na superfície do solo sendo que foi seguida da segunda e terceira camada (0,05-0,10 e 0,10-0,20 m) estas não diferindo estatisticamente entre si, ficando as camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 com os valores mais baixos (4,7 e 4,6 respectivamente). A área sem irrigação obteve valores superiores a área com irrigação, este fato pode ocorrer pela irrigação acelerar o processo de acidificação do solo sendo mais lento na área sem irrigação

a qual recebe água somente da precipitação. Ao longo do tempo os teores de pH foram estatisticamente diferentes pois aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola os teores foram superiores ao tempo de 18 meses que apresentou valores em torno de 4,7% a menos que aos 10 meses de aplicação.

Nas demais camadas amostradas os resultados foram estatisticamente semelhantes em todos os tratamentos. Na testemunha os valores de pH foram superiores na superfície do solo, sendo que na camada de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 não diferiram estatisticamente. Já nas demais profundidades estes valores reduziram ao longo do perfil, este comportamento foi semelhante em todos os tratamentos onde a medida que a camada amostrada foi mais profunda o teor de pH foi mais baixo.

Na Tabela 23, os valores da interação de doses com o fator profundidade os teores de pH na profundidade de 0,0-0,05 m de profundidade foi inferior na dose testemunha que nas doses de 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola.

Tabela 23 – Teores de pH no solo em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes profundidades do solo.

Doses	Profundidade (m)				
	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
	pH H ₂ O				
0 Mg ha⁻¹	4,9760 bA	4,8155 aAB	4,7700 aBC	4,7240 aBC	4,6100 aC
2 Mg ha⁻¹	5,0855 abA	4,8770 aB	4,8625 aB	4,7465 aBC	4,6355 aC
4 Mg ha⁻¹	5,1790 aA	4,9190 aB	4,8310 aBC	4,7785 aBC	4,6800 aC
8 Mg ha⁻¹	5,1430 abA	4,8530 aB	4,8520 aB	4,7475 aBC	4,6030 aC
DMS	DMS_L 0,1700; DMS_C 0,1700				

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Para a interação dos fatores profundidade e manejo como mostram os dados da Tabela 24, na área com irrigação os valores de pH foram superiores na primeira camada de solo (0,0-0,05 m), sendo seguidas das profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m estas não sendo estatisticamente diferentes assim como as camadas subsequentes que não diferiram da profundidade 0,10-0,20 m. Na área sem

irrigação, o comportamento foi relativamente parecido onde a profundidade de 0,0-0,05 foi superior as demais quanto ao teor de pH. As camadas de 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 não diferiram estatisticamente superiores a profundidade de 0,40-0,60 m. Os valores de pH na área com irrigação foram inferiores aos valores obtidos na área sem irrigação em todas as profundidades.

Na interação dos fatores Profundidade x Tempo (Tabela 24), se verifica que aos 10 e 18 meses após aplicação de gesso agrícola os valores os valores de pH foram superiores como já comentado anteriormente nas camadas superficiais sendo seguidas pelas camadas mais profundas. Com relação as camadas do solo amostradas, observa-se que os valores ao longo do tempo foram estatisticamente iguais nas camadas de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, diferindo em profundidade e na camada superficial do solo. Este resultado semelhante no tempo pode estar associado ao gesso agrícola não ser responsável pela elevação do pH e o pouco tempo após aplicação do calcário antes da implantação do experimento. Caires et al. (2000) verificou que num latossolo vermelho e tempo de máxima reação do calcário foi de 28 a 30 meses após aplicação superficial. Nas profundidades de 0,0-0,05 m e de 0,20-0,40 m, os valores aos 10 meses foram superiores que os valores aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola.

Tabela 24 – Teores de pH do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
	pH H ₂ O			
0,0-0,05	4,9353 aB	5,2565 aA	5,1698 aA	5,0220 aB
0,05-0,10	4,7743 bB	4,9580 bA	4,9225 bA	4,8098 bA
0,10-0,20	4,6578 bcB	5,0000 bA	4,8873 bcA	4,7705 bA
0,20-0,40	4,5678 cB	4,9305 bA	4,9740 bA	4,5243 cB
0,40-0,60	4,5555 cB	4,7088 cA	4,8013 cA	4,4630 cB
DMS	DMS_L 0,1202; DMS_C 0,1202		DMS_L 0,1202; DMS_C 0,1202	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na Figura 10 está demonstrado gráficos dos teores de pH aos 10 e 18 meses após aplicação de gesso agrícola na área com auxílio de irrigação e na área sem auxílio da irrigação. Neste pode-se observar que apesar do teste F não ser significativo estatisticamente segundo a Tabela 2, os teores de pH tiveram um aumento nas camadas abaixo dos 0,10 m de profundidade em relação a testemunha principalmente aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola. A elevação do pH no subsolo, através da aplicação de doses de gesso, foi descrita em outros trabalhos (CARVALHO e RAIJ, 1997; CAIRES et al., 1999) e tem sido atribuído a uma reação de troca de ligantes na superfície das partículas de solo, envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio, com o SO_4^{2-} deslocando OH^- e, assim, promovendo neutralização parcial da acidez (REEVE e SUMNER, 1972). Esta pequena elevação do pH foi mais considerável na área com irrigação aos 18 meses onde se observou uma redução do pH nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade.

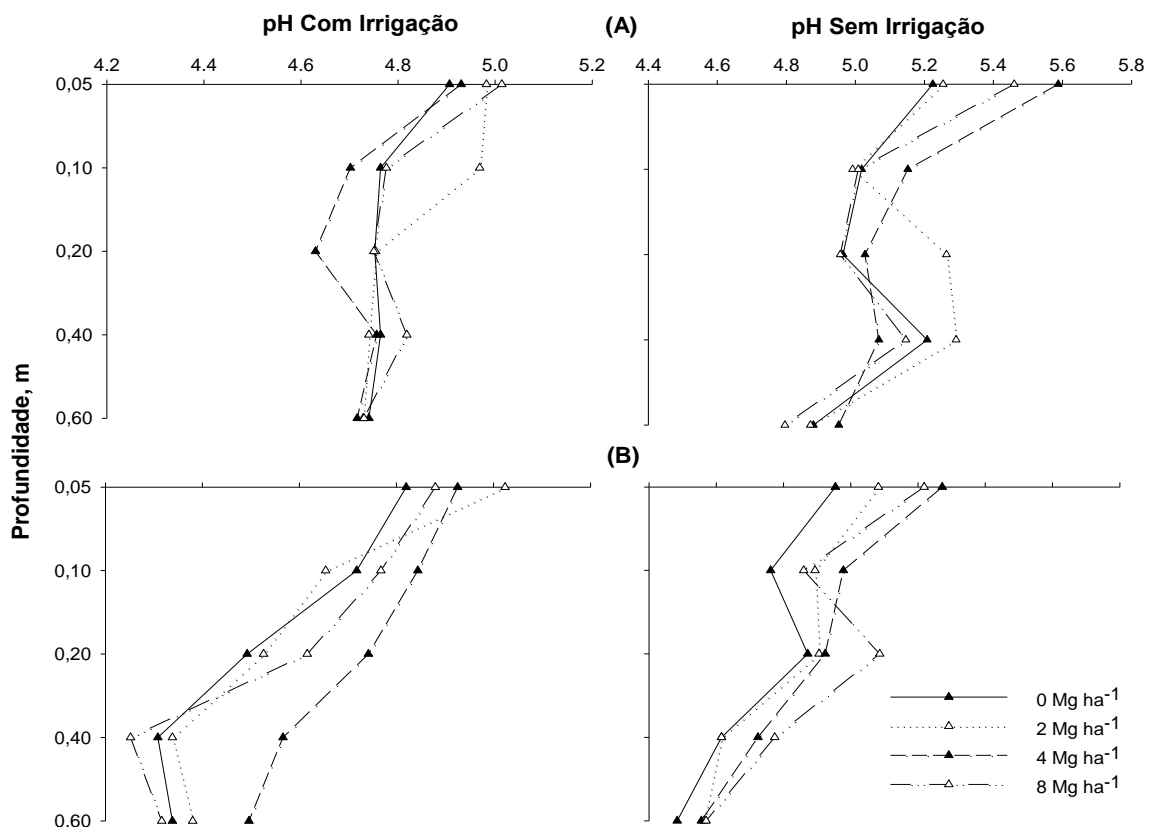


Figura 10 – Gráficos referentes aos teores de pH nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação. Fosforo (P)

Os teores de P do solo segundo o teste F demonstrado na Tabela 2 não foram significativos quanto às doses de gesso agrícola aplicadas ao solo e para o manejo de irrigação, já para a profundidade na mesma tabela observa-se que os valores foram significativamente diferentes assim como para o tempo após aplicação.

Ainda na Tabela 2 observamos as interações dos fatores a qual foram significativas, a interação da dose x profundidade, profundidade x manejo, profundidade x tempo e manejo x tempo.

Para a profundidade, fator significativo estatisticamente, se observa ao altos valores referentes a camadas superficiais do solo em relação a camadas mais profundas. Os teores de P da camada de 0,0-0,05 m ($27,1 \text{ mg dm}^{-3}$) de profundidade foram 63% superiores a camada subsequente que teve valores considerados alto ($9,1-18,0 \text{ mg dm}^{-3}$) segundo a CQFS-RS/RS (2004). Nas profundidades seguintes os valores continuaram reduzindo com a profundidade sendo que na profundidade 0,10-0,20 m a médias dos teores de P foram superiores as camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 que não tiveram diferença significativas entre si. Avaliando os teores de P no tempo se observa que os valores aos 10 meses foram superiores aos valores encontrados aos 18 meses.

De acordo com os dados da Tabela 25, onde os fatores de interação doses e profundidade foram significativos, sendo que os teores de P na camada de 0,0-0,05 m de profundidade os valores foram superiores na dose de 8 Mg ha^{-1} , no restante das doses não se observou diferença significativa. Nas demais camadas de solo avaliadas os valores de P foram iguais estatisticamente não havendo assim diferenças nos teores.

Observando os teores de P dentro de cada tratamento, os teores na testemunha não diferiram nas camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m de profundidade tendo valores de 22,3 e $18,5 \text{ mg dm}^{-3}$ respectivamente, seguidas camadas subsequentes a qual não diferiram entre si estatisticamente. Já nas doses de gesso agrícola aplicadas, os valores na dose de 2 Mg ha^{-1} na camada superficial os teores foram 69,7% superiores a camada subsequente de 0,05-0,10 m de profundidade, que por sua vez foi superior as demais profundidades que não diferiram entre si respectivamente. Para as doses de 4 e 8 Mg ha^{-1} o comportamento foi o mesmo sendo superior na superfície com teores 54% e 118% superiores a camada de 0,05-

0,10 m de profundidade. Desta forma pode-se observar a elevação dos teores de P na superfície do solo com doses elevadas de gesso agrícola.

Tabela 25 – Teores de Fósforo no solo em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes profundidades do solo.

Doses	Profundidade (m)				
	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
	Fósforo (mg dm⁻³)				
0 Mg ha⁻¹	22,3482 bA	18,5557 aA	8,1625 aB	4,2796 aB	3,1560 aB
2 Mg ha⁻¹	26,2836 bA	15,4811 aB	5,8726 aC	4,0584 aC	2,9766 aC
4 Mg ha⁻¹	26,6403 bA	17,2360 aB	7,2274 aC	4,4181 aC	3,2680 aC
8 Mg ha⁻¹	33,2945 aA	15,2364 aB	7,5789 aC	4,2800 aC	3,5093 aC
DMS	DMS_L 5,7652; DMS_C 5,4232				

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Para a interação dos fatores profundidade com o fator manejo (Tabela 26), observa-se que a profundidade como comentado anteriormente os teores na superfície do solo são superiores em relação a camadas avaliadas na profundidade tanto na área com irrigação como sem irrigação. Sendo que na camada de 0,0-0,05 m de profundidade os teores de P foram superiores na área sem auxílio da irrigação. Nas outras camadas avaliadas não se encontrou diferença estatística entre os manejos.

A interação da profundidade com o tempo, sendo que o tempo teve diferença estatística, onde aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola os teores de P foram inferiores se comparados com teores aos 10 meses nas primeiras camadas (0,0-0,05 e 0,05-0,10 m) (Tabela 26). No restante das camadas não foram diferentes estatisticamente. Este comportamento pode ser atribuído à extração das culturas ser maior na área com irrigação, esta tendo uma redução mais significativa dos teores de P das camadas superficiais do solo.

Tabela 26 – Teores de fósforo do solo em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
Fósforo (mg dm⁻³)				
0,0-0,05	24,0470 aB	30,2363 aA	30,1975 aA	24,0858 aB
0,05-0,10	16,5938 bA	16,6608 bA	18,8374 bA	14,4173 bB
0,10-0,20	8,6295 cA	5,7912 cA	7,0533 cA	7,3674 cA
0,20-0,40	4,5077 dA	4,0104 cA	5,3294 cA	3,1887 dA
0,40-0,60	3,1408 dA	3,3141 cA	4,1663 cA	2,2886 dA
DMS	DMS_L 2,9215; DMS_C 4,0766		DMS_L 2,9215; DMS_C 4,0766	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Já a interação de manejo com o tempo segundo a Tabela 27 os teores de P aos 10 meses os teores foram 23% superiores na área sem irrigação em relação a área com irrigação. Já aos 18 meses os teores de P não tiveram diferença estatística entre si. Na área com irrigação os valores de P não diferiram estatisticamente, porém na área sem irrigação os teores de P foram superiores aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola em relação aos teores aos 18 meses.

Tabela 27 – Teores de Fósforo do solo em diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Manejo	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
Fósforo (mg dm⁻³)		
Com Irrigação	11,7632 bA	11,0043 aA
Sem Irrigação	14,4703 aA	9,5348 aB
DMS	DMS_L 1,8477; DMS_C 1,847	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

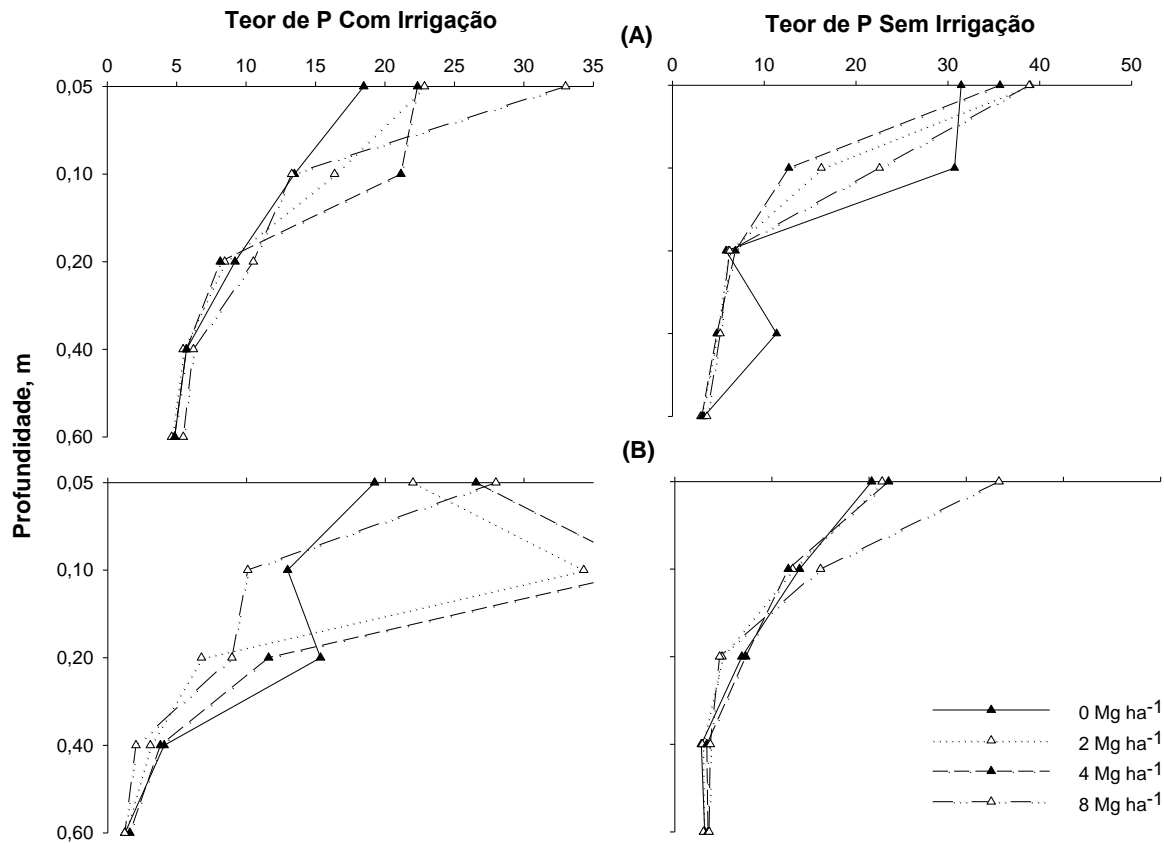


Figura 11 – Gráficos referentes aos teores de P nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.

Saturação por Bases (V%)

A V% foi influenciada diretamente pela aplicação de gesso agrícola na superfície do solo sendo que se correlacionou com todos os fatores de variação segundo dados da Tabela 2. Para as interações os fatores significativos estatisticamente foram entre doses e profundidade, doses e tempo, profundidade e manejo, profundidade e tempo e de manejo com o tempo.

Para as médias dos fatores as doses foram significativas, sendo que a testemunha foi inferior a todas as doses estatisticamente as doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹ e não diferiu da dose de 2 Mg ha⁻¹. Avaliando os teores de V% nas profundidades as médias demonstram que estatisticamente a camada de 0,0-0,05 m de profundidade juntamente com a camada de 0,05-0,10 m a qual não diferiram estatisticamente. A camada de 0,10-0,20 m não diferiu da camada de 0,05-0,10 m e foi superior a camadas subsequentes. Para as médias de V% a área sem irrigação teve teores em

torno de 6% superiores á área com irrigação e aos 10 meses os teores de V% foram 24,9% mais altos que aos 18 meses após aplicação superficial de gesso agrícola.

Os dados das Tabelas 28, 29 e 30 mostram as interações dos fatores o qual foram significativos, sendo que para a interação dos fatores dose e profundidade onde dentro de cada camada as doses não tiveram diferença estatística. Os teores de V% na dose testemunha foram superiores nas camadas superficiais do solo sendo que não diferiram nas 3 camadas iniciais, seguidas da camada de 0,20-0,40 m e da camada de 0,40-0,60 m de profundidade respectivamente.

Tabela 28 – Teores de Saturação por Bases em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes profundidades do solo.

Doses	Profundidade (m)				
	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
	Saturação por Bases (V%)				
0 Mg ha⁻¹	56,2685 aA	54,5784 aA	52,0708 aA	36,0343 aB	27,2153 aC
2 Mg ha⁻¹	57,9562 aA	57,5951 aA	56,4824 aA	37,4174 aB	30,2428 aC
4 Mg ha⁻¹	62,4999 aA	57,1908 aAB	54,9347 aB	38,2441 aC	31,0602 aD
8 Mg ha⁻¹	61,8606 aA	56,5935 aA	56,8331 aA	41,4567 aB	31,6804 aC
DMS	DMS_L 6,3512; DMS_C 6,3512				

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS_C= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

As doses de 2 e 8 Mg ha⁻¹ tiveram o mesmo comportamento da testemunha, já a dose de 4 Mg ha⁻¹ as camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m de profundidade foram iguais e superiores a camada de 0,10-0,20 que não diferiu da camada anterior e foi superior a camada de 0,20-0,40 m de profundidade e a camada de 0,40-0,60 m respectivamente (Tabela 28).

Para a interação do fator profundidade com o manejo (Tabela 29), observa-se que na área com irrigação os valores foram superiores nas camadas até a profundidade de 0,20 m, seguidas das camadas 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m onde tiveram valores de 35,6% e 44,4% inferiores aos teores de V% na camada

superficial. Estes teores de V% são considerados baixos segundo a CQFS-RS/SC que consideram como teor crítico o valor de V% acima de 65%.

Tabela 29 – Teores de Saturação por Bases em diferentes profundidades sob diferentes manejos de irrigação e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Profundidade (m)	Manejo		Tempo após aplicação	
	Com Irrigação	Sem Irrigação	10 meses	18 meses
Saturação por Bases (V%)				
0,0-0,05	56,2906 aB	63,0020 aA	65,8080 aA	53,4846 aB
0,05-0,10	55,9843 aA	56,9945 bA	64,4902 aA	48,4886 bB
0,10-0,20	52,8081 aB	57,3524 bA	63,5699 aA	46,5906 bB
0,20-0,40	36,2159 bA	40,3603 cA	42,9988 bA	33,5774 cB
0,40-0,60	31,2550 cA	28,8444 dA	29,2116 cA	30,8878 cA
DMS	DMS_L 4,4910; DMS_C 4,4910		DMS_L 4,4910; DMS_C 4,4910	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na área sem irrigação os teores de V% ficaram ainda mais concentrados na superfície do perfil do solo onde a camada de 0,0-0,05 m foi superior as camadas de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade que não diferiram entre si sendo seguidas pelas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidade. Analisando cada camada observamos que nas camadas de 0,0-0,05 m e a camada de 0,10-0,20 m de profundidade os teores na área com irrigação foram inferiores a camada sem irrigação. Nas outras camadas avaliadas os teores de V% foram significativamente iguais. Com esta tabela pode-se dizer que provavelmente as bases adicionadas pelo gesso agrícola foram movimentadas na área com irrigação, fato que não ocorreu na área sem irrigação ficando assim concentradas na camada superficial do solo.

Quanto a interação da profundidade com o tempo (Tabela 29) pode-se concluir que a profundidade como comentado anteriormente os valores foram superiores na superfície do solo principalmente na área sem auxílio de irrigação, com relação ao tempo, os teores de V% foram superiores em todas as

profundidades aos 10 meses após aplicação sendo que somente a camada de 0,40-0,60 m de profundidade os teores de V% foram estatisticamente iguais.

A Tabela 30 demonstra outra interação significativa segundo dados da Tabela 2 foram os fatores dose e tempo, onde no tempo de 10 meses após aplicação não ocorreu diferença estatística de teores de V% nas diferentes doses de gesso agrícola. O que não ocorreu aos 18 meses onde a testemunha não diferiu da dose de 2 Mg ha⁻¹ e esta não diferiu das doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹ que foram superiores a testemunha. Quanto as doses foram superiores em todos os tratamentos aos 10 meses em relação aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola. Assim verificamos uma certa redução nos teores de V% ao longo do tempo mesmo com doses elevadas de gesso agrícola.

Tabela 30 – Teores de Saturação por Bases em diferentes doses de gesso agrícola e em diferentes tempos após aplicação de gesso agrícola.

Doses	Tempo após aplicação	
	10 meses	18 meses
	Saturação por Bases (V%)	
0 Mg ha⁻¹	52,5494 aA	37,9176 bB
2 Mg ha⁻¹	53,9463 aA	41,9312 abB
4 Mg ha⁻¹	51,6495 aA	45,9224 aB
8 Mg ha⁻¹	54,7176 aA	44,6521 aB
DMS	DMS_L 4,0168; DMS_C 4,0168	

*DMS= Diferença Mínima Significativa; DMS_L=Comparação nas linhas; DMS= Comparação nas colunas. Médias seguidas de letras minúsculas e diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Médias seguidas de letras maiúsculas e diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Outras médias de interação não foram aplicadas o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

Na Figura 11 pode-se observar que os teores de V% tiveram um comportamento semelhante nas áreas com irrigação e sem irrigação sendo que as doses representaram uma movimentação dos teores aos 18 meses após aplicação de gesso agrícola. Na área com irrigação, pode-se observar os valores da camada de 0,20-0,40 m de profundidade onde os valores de V% para as doses de 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola foram 21,7%, 44,9% e 25,5% mais altas que a testemunha respectivamente. Na área sem irrigação, a dose de 2 Mg ha⁻¹ não teve

diferenças significativas, porém as doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹ tiveram valores em relação a testemunha de 19% e de 135,6% respectivamente.

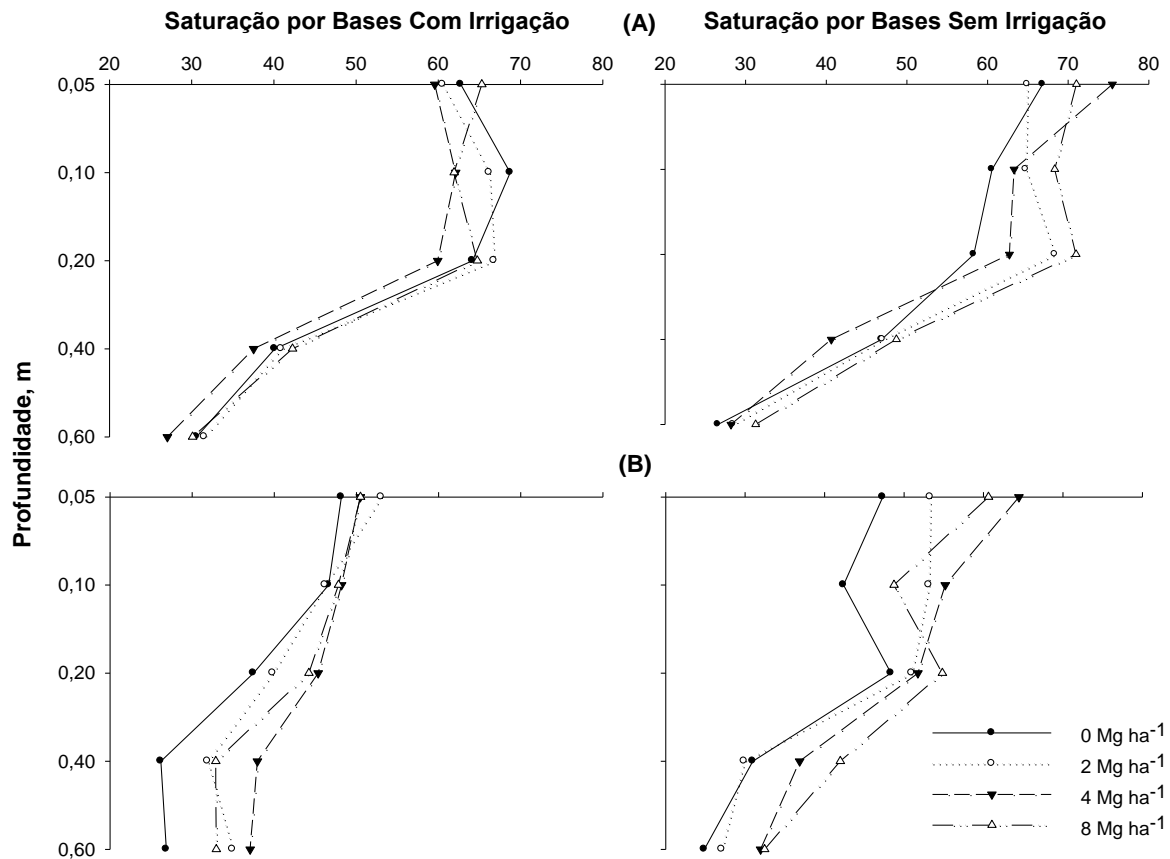


Figura 12 – Gráficos referentes aos teores de Saturação por Bases nos tempos de 10 meses (A) e 18 meses (B) após aplicação de gesso agrícola com irrigação e sem irrigação.

4.3 – Correlação da produtividade e atributos do solo

Nas duas safras agrícolas 2011/12 com a cultura do milho com irrigação e 2012/13 com a cultura da soja com irrigação e sem irrigação observou-se ausência de resposta estatística a produtividade destas culturas a aplicação de gesso agrícola aplicado em superfície do solo.

Para a produtividade da soja com irrigação a média da produtividade chegou a aproximadamente de 3,9 Mg ha⁻¹, já na área sem irrigação, a produtividade média chegou á 3,2 Mg ha⁻¹, variando aproximadamente 0,06 Mg ha⁻¹ entre os

tratamentos. Esta ausência de resposta da soja a aplicação de gesso agrícola já foi estudada e publicada por outros autores como Caires et al. (1999) onde este também não encontrou resposta positiva na produtividade da cultura da soja, além de outros pesquisadores anteriormente também já observaram este comportamento (CARVALHO et al., 1986; QUAGGIO et al., 1993; OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1998) assim como no presente estudo. Considera-se que as gramíneas apresentam raízes com uma menor CTC radicular que as leguminosas, por isto o milho pode ser mais eficiente na absorção de K enquanto as leguminosas são mais eficientes na absorção de Ca e Mg (ROSOLEM, 1989).

A ausência de resposta da soja à aplicação de gesso pode estar relacionada com o fato de o crescimento do sistema radicular da soja, na ausência de déficit hídrico, não ser influenciado pela redução da saturação por Al no subsolo (CAIRES et al., 2001).

Em solos ácidos manejados sob plantio direto no sul do Brasil, altas produtividades de soja tem sido observadas na ausência também de calcário (Caires et al., 1998; Pöttker e Ben, 1998; Moreira et al., 2001) este comportamento tem sido atribuído por estes autores ao menor efeito tóxico do Al, em consequência de uma menor concentração de espécies tóxicas de Al (Al^{3+} e $AlOH^{2+}$) e maior concentração de Al complexado com ligantes orgânicos ou pela elevada CTC decorrente da alta MO do solo disponibilizando Ca e Mg trocáveis (MIYAZAWA et al., 1996; SALET et al., 1999).

Na cultura do milho com irrigação o uso do gesso agrícola causou uma elevação na produtividade dos tratamentos em relação à dose testemunha, sendo que nesta cultura mesmo não sendo estatisticamente diferente, foi realizada uma avaliação através do coeficiente de correlação linear de Pearson.

Na Figura 13 se observa a resposta da produtividade da cultura do milho com irrigação em relação às doses de gesso aplicadas. A produtividade no tratamento testemunha onde a dose foi de 0 Mg ha⁻¹ a produtividade média das parcelas avaliadas foi de 9,08 Mg ha⁻¹. Sendo que os tratamentos onde foram aplicadas diferentes doses de gesso agrícola 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹, a produtividade média das parcelas foi 10,27,; 10,13 e 10,53 Mg ha⁻¹ referentes a 13,1%, 11,5% e 16% respectivamente superior a testemunha.

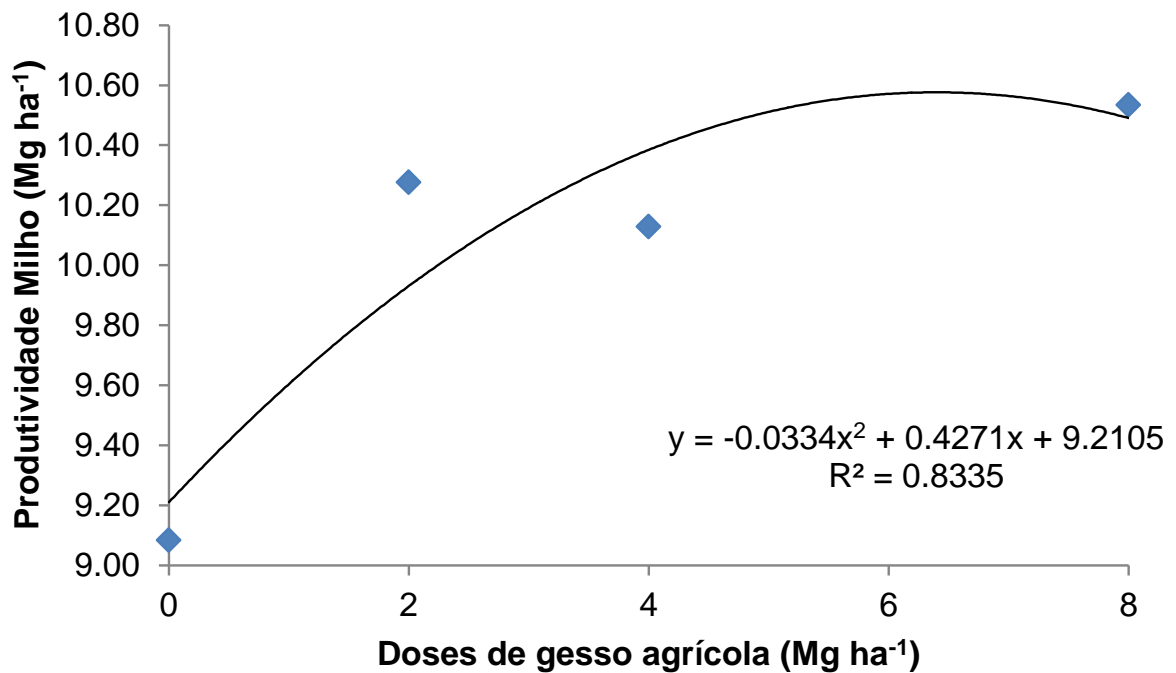


Figura 13 – Produtividade da cultura do milho com irrigação em relação as doses de gesso agrícola aos 10 meses após aplicadas em superfície do solo.

Na Tabela 31, estão descritos os valores da correlação de Pearson da produtividade do milho com o auxílio da irrigação em relação aos fatores de solo avaliados nos 10 meses após aplicação de gesso agrícola.

De acordo com a Tabela 2 os fatores de solo a qual tiveram respostas significativas com as doses de gesso agrícola foram os teores de m%, Ca, Ca/CTC, Ca/Mg, CTC, S e V%. Através destes fatores de solo observou-se a produtividade na correlação de Pearson e suas relações positivas ou negativas na produtividade do milho.

A Tabela 31 demonstra que a correlação dos fatores os quais foram significativos foram o Ca, Ca/CTC, m% e Ca/Mg obtendo correlação positiva e o S obteve correlação negativa com a produtividade na camada de 0,05-0,10 m de profundidade. De acordo com Prochnow et al. (2010), a cultura do milho exige em torno de 3 a 3,5 Mg ha⁻¹ de S para cada Mg ha⁻¹ de grãos, sendo que este nutriente no solo deve estar com teores superiores a 10 mg dm⁻³. Nesta área os teores na camada diagnostico de 0,20-0,40 m estavam com 2,1 mg dm⁻³, bem abaixo do recomendado. Na camada subsequente, os teores de Ca/CTC e V% tiveram uma correlação negativa muito forte com a produtividade podendo talvez explicar o

porquê da produtividade na dose testemunha ter alcançado uma produtividade inferior aos demais tratamentos. Possivelmente a aplicação de gesso agrícola elevou estes teores em profundidade e assim eliminou este fator limitante o qual estava sendo prejudicial a produtividade.

Tabela 31 – Correlação de Pearson com a produtividade do milho com irrigação na dose de 0 Mg ha⁻¹.

Correlações com Produtividade (Dose 0 Mg ha⁻¹)					
PRODUTIVIDADE	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
pH	-0,11	-0,30	-0,51	-0,08	-0,52
P	0,04	0,03	0,04	-0,06	0,76
K	0,70	-0,16	-0,17	-0,05	0,21
Ca	-0,16	0,68	-0,48	0,23	-0,01
Mg	-0,66	-0,49	-0,56	0,53	-0,72
Al	0,56	0,63	0,69	0,30	0,62
S	-0,06	-0,77	-0,34	0,32	0,23
Ca/CTC	-0,10	0,71	-0,92	-0,25	0,09
Mg/CTC	-0,49	-0,82	-0,55	-0,11	-0,69
K/CTC	0,68	0,04	-0,12	-0,83	0,44
m%	0,40	0,81	0,72	0,10	0,62
Ca/Mg	0,40	0,68	-0,02	-0,07	0,50
V%	-0,43	0,30	-0,88	-0,26	-0,34
CTC	-0,26	-0,03	-0,09	0,72	-0,46

Fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), enxofre (S), Saturação de cálcio na CTC (Ca/CTC), Saturação de magnésio na CTC, Saturação de potássio na CTC (K/CTC), saturação por alumínio (m%), relação cálcio magnésio (Ca/Mg), saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (CTC).

Na camada de 0,20-0,40 m de profundidade outro fator importante e negativo à produtividade segundo a correlação de Pearson foi os teores de K/CTC o qual os teores nesta camada na dose testemunha aos 10 meses após aplicação de gesso agrícola estavam com teores de 1,25% de K/CTC, bem abaixo do recomendado por Escosteguy (2012), que define como faixa ideal teores de 2-4%. Na camada de 0,40-0,60 outro fator relevante foi a relação Ca/Mg que obteve uma correlação positiva com a produtividade. Outro fator de solo importante é o Mg/CTC que teve correlação negativa nas camadas de 0,05-0,10 e 0,40-0,60 m de profundidade onde estes estavam com teores abaixo do recomendado, sendo que os teores ideais que são de

9%, podendo também ter contribuído para a redução da produtividade na testemunha (VITTI e FAVARIN, 2007).

Para a correlação da produtividade com fatores de solo de acordo com a Tabela 32 apesar de os teores de Al e m% tiveram uma correlação positiva com a produtividade, porém os teores nas camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m estavam com teores relativamente baixos 3,2 e 2,5% respectivamente que não seria fator limitante segundo a CQFS-RS/SC (2012).

Tabela 32 – Correlação de Pearson com a produtividade do milho com irrigação na dose de 2 Mg ha⁻¹.

Correlações com Produtividade (Dose 2 Mg ha⁻¹)					
PRODUTIVIDADE	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
pH	-0,32	-0,37	-0,31	0,43	0,21
P	-0,54	-0,16	0,01	0,56	0,15
K	-0,35	-0,14	-0,04	0,14	-0,16
Ca	-0,65	-0,16	0,14	0,04	0,30
Mg	-0,37	-0,07	-0,46	0,42	-0,09
Al	0,71	0,40	0,08	-0,21	-0,14
S	0,40	-0,25	-0,13	-0,28	-0,22
Ca/CTC	-0,65	-0,23	0,11	0,03	0,04
Mg/CTC	-0,32	-0,33	-0,49	0,47	-0,20
K/CTC	-0,15	-0,17	-0,07	0,30	-0,36
m%	0,90	0,79	0,04	-0,34	-0,17
Ca/Mg	-0,21	-0,02	0,46	-0,94	0,17
V%	-0,92	-0,81	-0,04	0,16	-0,17
CTC	-0,33	0,23	0,19	0,04	0,18

Fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), enxofre (S), Saturação de cálcio na CTC (Ca/CTC), Saturação de magnésio na CTC, Saturação de potássio na CTC (K/CTC), saturação por alumínio (m%), relação cálcio magnésio (Ca/Mg), saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (CTC).

A saturação por bases teve uma correlação negativa com a produtividade, mesmo este tendo teores entre 60 e 65% nas camadas as quais obteve correlação significativa. Neste tratamento também os teores de Ca e Ca/CTC tiveram correlações negativas com a produtividade. Já os teores da relação Ca/Mg foi negativa na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, os teores desta relação estavam dentro do considerado ideal 3-5 cmolc dm⁻³ aos 10 meses após aplicação

de gesso agrícola valores superiores aos encontrados na caracterização inicial (Tabela 1) que os teores da relação Ca/Mg estavam com teores de $1,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$.

Abaixo a Tabela 33 demonstra a correlação da produtividade com os teores do solo na dose de 4 Mg ha^{-1} onde nas camadas iniciais os fatores que se destacaram positivamente foram S e CTC, estes na primeira camada mais P, K e S na segunda camada de solo. Estes fatores segundo a correlação contribuíram para o aumento da produtividade. Dando destaque para o S que em três camadas do perfil se correlacionou positivamente com a produtividade de milho. Na camada de 0,40-0,60 m fatores com P, K, Ca, Mg, S, K/CTC e V% tiveram correlação positiva demonstrando a importância da qualidade química do solo em profundidade para se obter boas produtividades.

Tabela 33 – Correlação de Pearson com a produtividade do milho com irrigação na dose de 4 Mg ha^{-1} .

Correlações com Produtividade (Dose 4 Mg ha^{-1})					
PRODUTIVIDADE	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
pH	-0,18	-0,47	0,06	-0,04	0,22
P	0,76	0,89	-0,21	0,78	0,74
K	0,43	0,61	-0,07	0,20	0,68
Ca	0,00	-0,64	-0,51	0,65	0,75
Mg	0,19	-0,39	0,05	0,53	0,63
Al	0,06	0,35	-0,14	-0,03	-0,17
S	0,80	0,87	0,45	0,14	0,92
Ca/CTC	-0,33	-0,66	-0,36	0,25	0,57
Mg/CTC	0,05	0,04	0,32	0,50	0,56
K/CTC	0,13	0,66	0,16	0,19	0,87
m%	-0,08	0,47	-0,03	-0,18	-0,62
Ca/Mg	-0,28	-0,53	-0,54	-0,37	-0,39
V%	-0,39	-0,59	-0,10	0,32	0,60
CTC	0,92	-0,58	-0,74	0,10	0,16

Fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), enxofre (S), Saturação de cálcio na CTC (Ca/CTC), Saturação de magnésio na CTC, Saturação de potássio na CTC (K/CTC), saturação por alumínio (m%), relação cálcio magnésio (Ca/Mg), saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (CTC).

Na Tabela 34 a correlação de Pearson com a produtividade na dose de 8 Mg ha^{-1} , onde os teores iniciais na superfície do solo de alguns fatores tiveram

correlação negativa com a produtividade, os teores de Mg tiveram uma redução na superfície do solo com acúmulo em camadas mais profundas o que deve explicar este comportamento, já o Al e m% a correlação negativa foi provavelmente devido a eficiência da aplicação do gesso agrícola reduzindo este elemento na superfície do solo e se correlacionando com a melhor produtividade obtida nesta camada. O S se destacou por ter correlação direta com a produtividade da superfície até a camada de 0,20-0,40 m de profundidade a qual é considerada a camada diagnóstico para avaliação de teores para aplicar ou não gesso agrícola (Quaggio e Raij, 1996), esta camada que também obteve correlações positivas com Ca, Mg, Mg/CTC e V%. Provavelmente a produtividade foi superior neste tratamento pela maior correlação positiva dos fatores de solo nesta camada diagnóstico segundo a correlação de Pearson. Sendo que estes fatores como mostra a tabela 2 foram fatores que foram significativos aos tratamentos aplicados a campo com diferentes doses de gesso agrícola. Caires et al. (2001) constatou que na dose de 12 Mg ha⁻¹ utilizada no seu estudo, cerca de 80% do Ca e 95% do S-So₄ foram absorvidos pelas plantas ou lixiviados para camadas além dos 0,60 m de profundidade 64 meses após aplicação de gesso agrícola, concluindo que devemos ser muito criteriosos quanto a dosagens elevadas de gesso agrícola evitando excesso de lixiviação de bases.

Tabela 34 – Correlação de Pearson com a produtividade do milho com irrigação na dose de 8 Mg ha⁻¹.

Correlações com Produtividade (Dose 8 Mg ha⁻¹)					
PRODUTIVIDADE	0,0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
pH	0,59	0,41	0,19	0,46	0,27
P	0,59	0,65	-0,06	0,34	-0,03
K	0,15	-0,18	-0,40	-0,41	-0,79
Ca	-0,34	0,00	0,07	0,78	0,19
Mg	-0,85	-0,26	-0,18	0,97	0,51
Al	-0,93	-0,28	0,30	-0,50	-0,31
S	0,99	0,90	0,95	0,93	0,58
Ca/CTC	-0,03	0,05	0,26	0,57	0,15
Mg/CTC	-0,85	-0,04	-0,07	0,80	0,48
K/CTC	0,51	0,20	-0,25	-0,54	-0,77
m%	-0,83	-0,33	0,39	-0,57	-0,37
Ca/Mg	0,40	0,12	0,50	-0,27	-0,17
V%	-0,62	0,01	0,18	0,62	0,35
CTC	-0,77	-0,22	-0,40	0,09	-0,16

Fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), enxofre (S), Saturação de cálcio na CTC (Ca/CTC), Saturação de magnésio na CTC, Saturação de potássio na CTC (K/CTC), saturação por alumínio (m%), relação cálcio magnésio (Ca/Mg), saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (CTC).

A figura 14 demonstra as regressões avaliadas de acordo com a média das produtividades da cultura do milho com irrigação, onde estas de Ca/CTC, Mg/CTC, m%, Ca/Mg, CTC, S e V% não foram estatisticamente significativas quanto a produtividade. Porém pode-se observar a tendência deste fatores com a relação da produtividade, onde os teores de Ca/CTC, Ca/Mg, CTC, S e V% tem uma tendência segundo a curva que quanto maior o valor destes fatores maior a produtividade, porém como não foi significativo não pode-se afirmar esta hipótese, e sim sendo uma possibilidade de resposta.

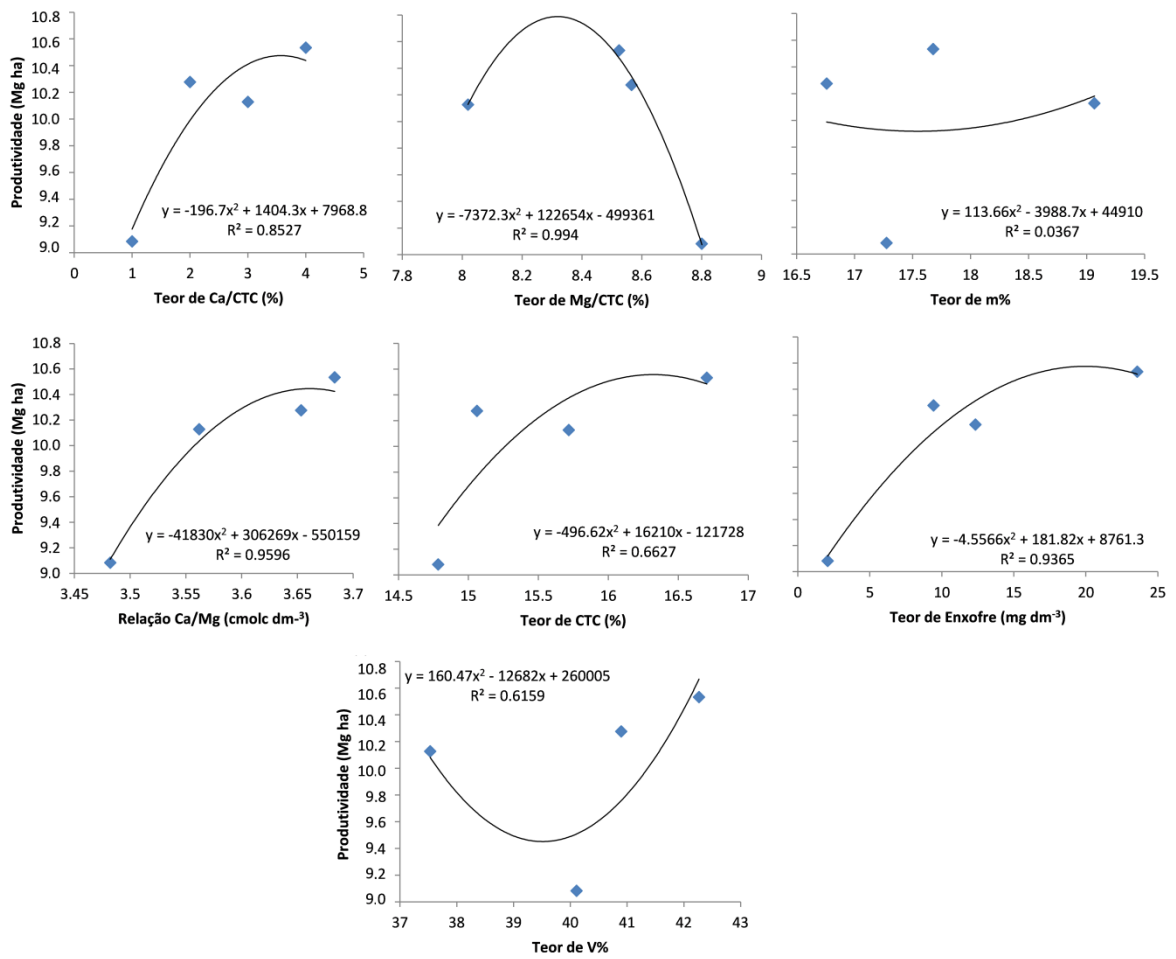


Figura 14 – Regressões entre a produtividade em Mg ha⁻¹ e os teores de Ca/CTC, Mg/CTC, S, Ca/Mg, CTC, S e V% na camada de 20 a 40 cm de profundidade.

5 – CONCLUSÃO

O gesso agrícola aplicado superficialmente, foi uma eficiente alternativa para a melhoria da qualidade química da camada sub superficial de um Latossolo vermelho manejado sob sistema plantio direto.

A produtividade das culturas do milho e da soja não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos, possivelmente pelo pouco tempo após aplicação.

Os fatores m%, Ca, Ca/CTC, Ca/Mg, CTC, S e V% foram influenciados pela aplicação de gesso agrícola aplicado em superfície.

Todos os fatores avaliados foram significativos quanto à profundidade, avaliadas até a camada de 0,60 m de profundidade.

Os teores de Al, Ca, Ca/CTC, Mg, Mg/CTC, Ca/Mg, S, pH, P e V% foram influenciados quanto ao manejo (com irrigação e sem irrigação) e quanto ao tempo de 10 e 18 meses após aplicação de gesso agrícola, menos para os teores de Al.

Os teores de m% foram reduzidos com a aplicação de gesso, sendo os teores mais elevados em sub superfície, com a irrigação a redução foi mais acelerada na camada superficial. Os teores de Ca foram superiores proporcionalmente as doses de gesso, principalmente na área sem irrigação e aos 10 meses após aplicação.

Na área com irrigação os teores de Ca foram superiores aos 10 meses e superiores nas camadas de 0,10-20 e 0,20-0,40 m em relação a sem irrigação tendo uma concentração deste nutriente na camada de 0,10-0,20 m.

A CTC teve teores mais elevados na área com irrigação e aos 10 meses após aplicação. Os teores de enxofre foram crescentes de acordo com as doses de gesso agrícola. Já o pH e a sat. Bases (V%) não tiveram influência da aplicação de gesso agrícola, porém tendo valores superiores aos 10 meses após aplicação de gesso em relação há 18 meses.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. R. B.; FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Repartição da lâmina de irrigação, aplicada via pivô central, na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.67-70, 2001.

AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEMAINSKI, C. L.; SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.831-843, 2009.

AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L. A. S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.8, p.1101-1110, 2007.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B. H.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in Southern Brazil. **J. Environ. Qual.**, v.35, p.1599-1607, 2006.

AMADO, T. J. C.; GIOTTO, E. A sua lavoura na tela. **Revista A Granja**, São Paulo, SP, p.38-42, 2009.

BAKHSH, A.; JAYNES, D. B.; COLVIN, T. S.; KANWAR, R. S. Spatio-temporal analysis of yield variability for cornsoybean field in Iowa. **American Society of Agricultural Engineers**, v.43, p.31-38, 2001.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. ; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, no. 2, p. 237-245, 2006.

BRASIL. Instrução Normativa nº 010 de 06/05/2004. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**. Diário Oficial da União, nº 90, de 12/05/2004. 2004b.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Plantio direto**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plantio-direto>>. Acesso em: 02 set. 2013.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil**. Levantamento de Recursos Naturais, Rio de Janeiro: DNPV, v.31, p.764, 1983.

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**, v.27, p.275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p.27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.1029-1040, 2001.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.315-327, 1999.

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**, v.28, p.125-136, 2004.

CALLEGARI, J.; SIDIA, M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, p.255, 2003.

CARVALHO, L. J. C. B.; GOMIDE, R. L.; RODRIGUES, G. C.; SOUSA, D. M. G.; FREITAS-JÚNIOR, E. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, **Anais...Brasília**: EMBRAPA-DDT, p.61-83, 1986.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, v.192, p.37-48, 1997.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, Núcleo Regional Sul, 400p, 2004.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, agosto 2013 / **Companhia Nacional de Abastecimento**. – Brasília : Conab, 2013.

CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J. M.; SIQUEIRA NETO, M. Soil carbono storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. **Global Change Biology**, Malden, v. 12 n. 9, p. 1773-1787, 2006.

DALLA NORA, D.; AMADO, T. J. C. Improvement in Chemical Attributes of Oxisol Subsoil and Crop Yields under No-Till. **Agronomy Journal**, v.105, 2013.

DANTAS NETO, J.; SILVA, J. C. S.; FARIAS, M. S. S.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V. Desempenho do sistema de irrigação por aspersão, tipo pivô central rebocável. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.4, p.481-491, 2009.

DICK, W. A. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, n. 1, p. 102-107, 1983.

DICK, W. A.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W.; PETERS, S. E.; CHRISTENSON, K. R.; PIERCE, F. J.; VITOSH, M. L. Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 47, n. 3-4, p. 235-244, 1998.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESCOSTEGUY, P. A. V. Deficiência de potássio em lavouras de soja do Planalto do Rio Grande do Sul. **Revista Plantio Direto**, Ed. 127, p. 36-46, 2012.

FARINA, M. P. W., CHANNON, P.; THIBAUD, G. R. A comparison of strategies for ameliorating subsoil acidity: I. Longterm growth effects. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.646–651, 2000.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO E IRRIGAÇÃO – **FEBRAPDP**. Disponível em: http://www.febrapdp.org.br/download/AREA_PD_MUNDO.pdf Acesso em: 09 set. 2013.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.2267-2276, 1999.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO-NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. (Org.). **Irrigação**. Jaboticabal-SP: FUNEP, 1 ed., v. 2, p. 573-651, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. Disponível em:
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201305c_omentarios.pdf. Acesso em 07 set. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. Disponível em:
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201304.pdf. Acesso em 07 set. 2013.

LAMB, J. A.; DOWDY, R. H.; ANDERSON, J. L.; REHM, G. W. Spatial and temporal stability of corn grain yields. **J. Prod. Agric.** v.10, p.410-414, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, p. 638, 2006.

MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MALUF, J. R. T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural**, v. 33, p.1013-1019, 2003.

MATZENAUER, R.; VIANA, D. R.; BUENO, A. C.; MALUF, J. R. T.; CARPENEDO, C. B. Regime anual e estacional de chuvas no estado do Rio Grande do Sul. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju. **Anais**, 2007.

METAY, A.; MOREIRA, J. A. A.; BERNOUX, M.; BOYER, T.; DOUZET, J.; FEIGL, B.; FELLER, C.; MARAUX, F.; OLIVER, R.; SCOPEL, E. Storage and forms of organic carbon in a no-tillage under cover crops system on clayey Oxisol in dryland rice production (Cerrados, Brazil). **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 94, n. 1, p. 122-132, 2007.

MIAO, Y.; MULLA, D. J.; ROBERT, P. C. Spatial variability of soil properties, corn quality and yield in two Illinois, USA fields: Implications for precision corn management. **Precision Agriculture**. v.7, p.5-20, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - **MAPA**. Disponível em : <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/exportacao/alimentos>. Acesso em: 06 set. 2013.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; SANTOS, J. C. F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANTSOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., Belo Horizonte, 1996. Abstracts. Belo Horizonte, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ EMBRAPA-CPAC**, p.8, 1996.

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.71-81, 2001.

NUERNBERG, N. J.; RECH, T. D.; BASSO, C. **Usos do gesso agrícola**. 2.ed. Florianópolis: Epagri, Boletim Técnico, 122, p.36, 2005.

OATES, K. M.; CALDWELL, A. G. Use of by product gypsum to alleviate soil acidity. **Soil Science Society of America Journal**, v.49, p.915-918, 1985.

OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.38, p.47-57, 1996.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o Censo Agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.2, p.163-176, Abr./Jun., 2011.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.33-38, 1984.

PAVAN, M.A. & VOLKWEISS, S.J. Efeitos do gesso nas relações solo-planta: princípios. In: seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura, 1, Brasília, DF, 1985. **Anais... Brasília**, EMBRAPA-DDT, p. 107-18, 1986.

POLOMSKI, J.; FLUHLER, H.; BLASER, P. Fluoride-induced mobilization and leaching of organic-matter, iron and aluminum. **J. Environ. Qual.**, v.11, p.452-456, 1982.

PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.675-684, 1998.

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas, v.3, **Anais.../Piracicaba**: IPNI - Brasil, 2010.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V. Correção da acidez do solo. In: Raij, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, p.14-19, Boletim Técnico. 100, 1996.

QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. V. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e a lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p.189-194, 1982.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V.; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.3, p.375-383, 1993.

RAIJ, B. V. GESSO NA AGRICULTURA. São Paulo: IPNI – **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Informações Agronômicas 122, 2010.

RAIJ, B. V. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: Anda, p.88, 1988.

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**, v.35, p.1687-1698, 2011.

REEVE, N. G.; SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface applied amendments. **Agrochemophysica**, v.4, p.1-6, 1972.

ROSOLEM, C. A. Interpretação dos teores de bases trocáveis do solo. In: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C.A. (Eds.). *Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação*. Botucatu: **Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais**, p.97-128, 1989.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeito da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.103-109, 1984.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENSKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbono sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, n.5, p.1486-1499, 2001.

SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade de alumínio na solução de um solo no sistema plantio direto. **R. Ci. Unicruz**, 1:9-13, 1999.

SANTOS, A. O.; MAZIERO, J. V. G.; CAVALLI, A. C.; VALERIANO, M. M.; OLIVEIRA H. DE; MORAES, J. F. L.; YANAI, K. Monitoramento localizado da produtividade de milho cultivado sob irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.88-95, 2001.

SERAFIM, M. E.; LIMA, J. M.; LIMA, V. M. P.; ZEVIANI, W. M.; PESSONI, P. T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.75-81, 2012

SINGH, S. J. Effect of chloride and sulfate anions on the chemical characteristics of some acid soils. Can. **J. Soil Sci.**, v.62, p. 549-557, 1982.

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 de Ciência do Solo**, v.32, p.675-688, 2008.

SULGESSO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Disponível em: <http://www.sulgesso.com/gesso-agricola-sulgesso>. Acesso em 12 ago. 2013.

SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: JAYAWARDANE, N.S.; STEWART, B.A. (Eds.). Subsoil management techniques. Athens: **Lewis Publishers**, p.147-185, 1995.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros minerais.** UFRGS: Depto. de Solos. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, p.174, 1995.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.301-309, 1998

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.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.3, p.487-495, 2007.

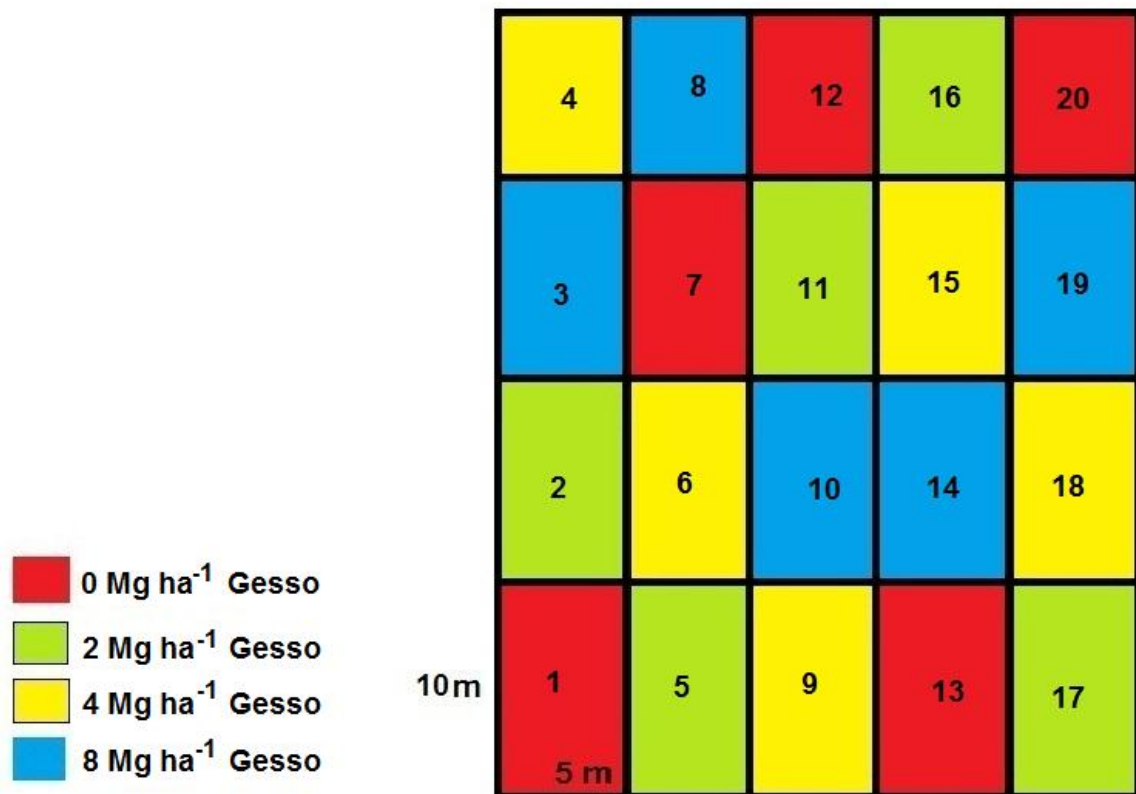
Anexo 1 – Imagem ilustrativa da estiagem ocorrida na safra 2011/12 onde não ocorreu precipitação durante 58 dias.



Anexo 2 – Profundidade de coleta de solo ocorrida na caracterização inicial antes da instalação do experimento, após 10 meses e 18 meses da aplicação de gesso agrílico.



Anexo 3 – Croqui da área experimental



Anexo 4 – Aplicação de Calcário na dose de 2 Mg ha⁻¹ logo após a aplicação de gesso agrícola.



Anexo 5 – Cultura da aveia utilizada para cobertura de solo no período da entre safra.

