

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

FÁBIO DA SILVA TOSTA

**ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS DA REGIÃO DOS
CHAPADÕES**

CHAPADÃO DO SUL – MS
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

FÁBIO DA SILVA TOSTA

**ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS DA REGIÃO DOS
CHAPADÕES**

Orientador: Prof. Dr. Aguinaldo Jose Freitas Leal

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título
de Mestre em Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS
2014

FICHA CATALOGRÁFICA



Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Câmpus de Chapadão do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Fábio da Silva Tosta

ORIENTADOR(A): Prof.(a) Dr.(a) Aguinaldo José Freitas Leal

Atributos Químicos dos Solos da região dos chapadões.

Prof.(a) Dr.(a) Cassiano Garcia Roque

Prof.(a) Dr.(a) Fábio Henrique Rojo Baio

Prof.(a) Dr. (a) Rafael Montanari

Chapadão do Sul, 03 de fevereiro de 2014

“Dedico primeiramente a Deus, pois na vida sem ele nada tem sentido, a minha família pelo apoio, e especialmente ao meu orientador e amigo Aguinaldo Jose Freitas Leal, pois me contribuiu muito na minha vida profissional e pessoal.”

AGRADECIMENTOS

“Agradeço a UFMS – Campus de Chapadão do Sul/MS, formado pelo seu quadro de Docentes pela contribuição na minha formação e a Fundação Chapadão pela contribuição no meu trabalho”

EPÍGRAFE

“O SEGREDO DOS QUE TRIUNFAM É SEMPRE COMEÇAR DE NOVO”

RESUMO

TOSTA, Fabio da Silva. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
Análise dos atributos químicos dos solos da região dos chapadões.
Professor Orientador: Aguinaldo Jose Freitas Leal.

O presente trabalho avaliou e classificou os atributos químicos do solo, em áreas exploradas com agricultura intensiva, com cultivo de culturas anuais, subsidiando futuras recomendações de adubação e corretivos na região dos Chapadões. Foram amostrados diferentes talhões cultivados com culturas anuais no verão (soja, milho e algodão) e integração lavoura pecuária, localizados nos municípios de Chapadão do Sul, Costa Rica, Paraíso das Águas, Água Clara, Cassilândia e Chapadão do Céu durante o período de entressafra do ano de 2012, e onde que as amostras foram coletadas pela empresa Actu e pela Fundação Chapadão, compreendendo uma área de 15.500 ha analisados totalizando 3.100 análises, onde algumas foram completas (Macro+Micro+MO) e outras não, variando o número de amostras analisadas para cada atributo. Foram determinadas as relações entre os atributos e posteriormente foram classificados segundo Sousa & Lobato (2004) os atributos químicos do solo: pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, S, B, M.O., C, T. C., V%, S,m%, B, Zn, Mn, Cu e Fe. Concluiu-se que a recomendação de calagem utilizando a elevação da saturação de bases apresenta-se adequando para região dos Chapadões, pois promove a neutralização de Alumínio tóxico, fornecimento de Ca e Mg, elevação do pH, mas é pouco utilizado, pois os solos apresentam deficiência desses nutrientes e muita concentração de Alumínio tóxico disponível para as culturas. A matéria orgânica do solo, associada à prática de calagem é fundamental para elevar a CTC do solo, melhorando as condições nutricionais do solo, que está muito desigual, pois os coeficientes de variação apresentam muito elevados. Mesmo com um manejo adequado da fertilidade do solo existe uma ampla heterogeneidade dos atributos químicos na região dos chapadões. A grande maioria dos agricultores têm adotado a correção do solo segundo recomendações, refletindo em valores adequados de pH e m% em grande parte das amostras. Os micronutrientes Cu e Zn estão equilibrados, apontando uma correta adoção na adubação dos mesmos. Os solos apresentam em maior porcentagem teores adequados de fósforo, potássio e boro. Portanto, o sistema de produção e manejo da adubação adotada apresenta-se equilibrado quanto a esses nutrientes. Há uma adequada qualidade química do solo quanto aos atributos pH, m%, P, K, B, Zn e Cu. Os valores encontrados para Ca, Mg mostraram que há necessidade de calagem em cerca de 50% das áreas analisadas, pois os teores estão abaixo dos necessários, e o calcário dolomítico é o recomendado.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Solo. Fertilidade do solo. Cerrado.

ABSTRACT

TOSTA, Fabio da Silva. Federal University of Mato Grosso do Sul
 Analysis of the chemical characteristics of the soils in chapadões region.
 Adviser: Aguinaldo José Freitas Leal.

This study evaluated and ranked them for soil in areas with intensive agriculture explored with cultivation of annual crops, future subsidizing fertilizer recommendations and corrective in the region of Chapadões. Different cultivated plots were sampled in summer with annual crops (soybeans, corn and cotton) and integrated crop livestock in the municipalities of Plain South, Costa Rica, Paraíso das Águas, Agua Clara, Cassilândia and Plain of Heaven during the off-season the year 2012, and where the samples were collected by the company Actu and Fundação Chapadão, comprising an area of 15.500 ha analyzed totaling 3.100 analyzes , where some were complete (Macro + Micro + MO) and others not, varying the number of samples for each attribute. We determined the relationships between attributes and were subsequently classified according to Sousa & Lobato (2004), for soil pH, P , K , Ca , Mg , Al , H + Al , SB, M.O. , CTC , V % S , m % , B , Zn , Mn , Cu and Fe was found that the liming using the elevation of base saturation is presented for adapting Chapadões region, it promotes the neutralization of toxic aluminum, providing Ca and Mg , raising the pH, but it is rarely used because the soils are deficient of these nutrients and a lot of concentration of toxic aluminum available for crops. The soil organic matter associated with the practice of liming is essential to raise the soil CTC, improving the nutritional status of the soil, which is very uneven, since the coefficients of variation show very high. Even with proper management of soil fertility there is a wide heterogeneity of chemical properties in the region of plateaus. The vast majority of farmers have adopted soil correction according to recommendations, reflecting appropriate pH and m% in most samples. The Cu and Zn micronutrients are balanced, indicating a correct adoption in the fertilization of the same. The soils have a greater percentage adequate levels of phosphorus, potassium and boron. Therefore, the system of production and fertilization management adopted presents balanced as these nutrients. There is an appropriate chemical soil quality attributes regarding pH , m% , P , K , B, Zn and Cu . The values found for Ca, Mg showed that liming is needed in about 50 % of the areas analyzed, because the levels are below those needed , and lime is recommended.

KEY-WORDS: Soil Analysis. Soil Fertility. Savannah

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS DA REGIÃO DOS CHAPADÕES.....15

Figura 1. Relações de atributos do solo com valores de R^2 menores de 80% e maiores que 50% ($50\% < R^2 < 80\%$), apresentados por: CTCe x K, CTC x K, CTC x Mg, pHxV% e CTC x MO.21

Figura 2. Relações de atributos do solo com valores de R^2 maiores de 80% apresentados por: CTCe x Mg, V% x Al, pH x Al, pH x m%, CTC x Ca, V% x m% e CTCe x Ca.22

CAPÍTULO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS CULTIVADOS DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL27

Figura 1 Porcentagem dos valores de pH em CaCl_2 de amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).31

Figura 2 Porcentagem dos valores de saturação por bases (V%) em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).32

Figura 3 Porcentagem dos valores de cálcio e magnésio em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).33

Figura 4 Porcentagem dos valores de saturação por alumínio (m%) em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).34

Figura 5 Porcentagem dos valores de fósforo em resina trocadora de íons em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).35

Figura 6 Porcentagem dos valores de potássio em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).36

Figura 7 Porcentagem dos valores da relação cálcio/potássio em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).38

Figura 8 Porcentagem dos valores da relação magnésio/potássio em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).38

Figura 9 Porcentagem dos valores da relação $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/\text{K}^+$ em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).39

Figura 10 Porcentagem dos valores de enxofre em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).39

Figura 11 Porcentagem dos valores de boro em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).40

Figura 12 Porcentagem dos valores de cobre em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).	40
Figura 13 Porcentagem dos valores de manganês em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).....	41
Figura 14 Porcentagem dos valores de zinco em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).	42

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS DA REGIÃO DOS CHAPADÕES.....	15
Tabela 1. Análise descritiva dos valores de: Média, Erro Padrão, Mínimo, Máximo, Amplitude, Desvio Padrão (DP) e Coeficiente de Variação (CV) dos atributos do solo da região dos chapadões, no ano 2012.	18
Tabela 2. Valores da Correlação de Pearson, R^2 e a equação da regressão das principais relações dos atributos do solo da região dos chapadões, no ano 2012.	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
4 REFERÊNCIAS	8
CAPÍTULO 1 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS DA REGIÃO DOS CHAPADÕES.....	15
RESUMO	15
1 INTRODUÇÃO	16
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4 CONCLUSÕES	24
4 REFERÊNCIAS	25
CAPÍTULO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS CULTIVADOS DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL	27
RESUMO	27
1 INTRODUÇÃO	28
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4 CONCLUSÕES	42
4 REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O manejo convencional da fertilidade do solo baseia-se na utilização de teores médios de referência dos nutrientes para o cálculo da dose de fertilizante a ser aplicada em cada talhão, selecionados e separados aparentemente homogêneos. Cavalcante et. al. (2007) relataram que apesar dessa preocupação, é comum a ocorrência de valores extremos de alguns elementos químicos localizados espacialmente, sobretudo daqueles de menor mobilidade no solo, de modo que a utilização de valores médios pode resultar na aplicação de doses superestimadas em determinadas áreas e insuficientes em outras.

A amostragem de solo é feita com a coleta de sub-amostras, que homogeneizadas representam as características de fertilidade, assumida como uniforme daquele talhão como um todo. Com base nesta interpretação, fazem a aplicação de dosagens uniformes de insumos. Porém, é notório que as propriedades do solo variam de local para local no campo, em função das diferentes intensidades, na qual ocorreram os processos de formação do solo.

Dentre os atributos do solo, o pH índice que indica o grau de acidez ativa do solo, talvez seja, isoladamente, o mais relevante no que se refere a utilização de fertilizantes. De maneira especial, a disponibilidade de nutrientes contidos no solo, ou a ele adicionado por meio das adubações, é bastante variável em função do pH do solo (MALAVOLTA 2006, MALAVOLTA et al. 1997). Assim, a calagem prévia dos solos ácidos, além de proporcionar aumento do pH e da saturação por bases, promove a neutralização do alumínio e de grande parte do ferro e do manganês, aumentando a atividade biológica e a eficiência dos fertilizantes, resultando ainda em diminuição na capacidade de fixação via precipitação do P, favorecendo, conseqüentemente, o desenvolvimento vegetal (ERNANI et al. 1996).

Em relação ao fósforo (P), os solos de regiões tropicais, particularmente aqueles mais intemperizados, apresentam baixos teores de P disponíveis para as plantas e exigem adequada correção da deficiência de P para se tornarem produtivos. Em razão da elevada capacidade de retenção de P desses solos, principalmente naqueles com maior capacidade tampão de P, há uma forte competição do solo com a planta pelo P aplicado como fertilizante (NOVAIS & SMYTH 1999).

Lima (2004), utilizando dados de 293 talhões com cultivo de soja comercial em Campo Novo do Parecis-MT, divididos em solos de textura argilosa e arenosa média, evidenciou a sustentabilidade da produção da cultura sob agricultura intensiva. A produtividade média de soja elevou-se, ao longo de cerca de 10 anos de cultivo, de 3,1 e de

2,6 t ha⁻¹ para os patamares de 3,5 e de 3,3 t ha⁻¹ nos solos argilosos e de textura arenosa a média, respectivamente, fato que também evidencia a maior resposta da cultura às técnicas empregadas no processo produtivo. Novais (1996) ressalta a importância de pesquisas dessa natureza, em que se tem a possibilidade de observar as grandes tendências em substituição aos estudos de caso.

A pesquisa teve como objetivo analisar e classificar os atributos químicos do solo da região dos chapadões, e as relações entre esses atributos, e o que eles influenciaram nas práticas agrícolas recomendadas para a região, com a finalidade de se ter um solo mais equilibrado, incrementando a produção agrícola da região dos Chapadões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A fertilidade do solo é um parâmetro importante na avaliação da aptidão pedoclimática de culturas. Nos processos de modelagem ambiental, que envolvem a modelagem da fertilidade, propriedades químicas devem ser analisadas, especializadas e integradas em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (BÖNISCH, 2001).

A adição de fertilizantes nitrogenados amoniacais na superfície do solo promove acidificação do solo, com abaixamento do pH a partir da camada superficial, porém sem alterar a saturação por bases nem aumentar a toxidez por alumínio (SALET, 1994).

Essas variações nos teores de nutrientes no solo normalmente resultam em “manchas de fertilidade”, que podem conduzir a um estado de nutrição diferenciado nas plantas, incrementando a variação na produção, tendo em vista a relação entre teor de nutrientes no tecido vegetal e o crescimento e desenvolvimento da planta (BERNARDI et al., 2002).

Calibrar um método de análise do solo consiste em determinar ou relacionar o teor do elemento no solo (nutriente de plantas), utilizando-se para isso um método de avaliação (análise do solo) com características de plantas (índice de crescimento, teor do nutriente e, ou, rendimento da cultura) cultivadas em campo (ROUSE, 1968; CATE & NELSON, 1973; ANGHINONI & VOLKWEISS, 1984; EVANS, 1987).

No sistema plantio direto (PD), em virtude da localização dos fertilizantes adicionados, da concentração de resíduos vegetais e da menor taxa de erosão de solo, ocorre, na camada superficial, acúmulo de matéria orgânica e de cálcio + magnésio, de fósforo e de potássio (SÁ, 1993; DE MARIA et al., 1999; MATOWO et al., 1999; SANTOS & TOMM, 1999; SILVEIRA & STONE, 2001).

Nos trabalhos desenvolvidos por Sá (1993), com vários tipos de solo, no estado do Paraná, observou-se aumento de 9 a 27 % no teor de matéria orgânica no plantio direto sobre o preparo convencional de solo. O acúmulo de matéria orgânica ocorreu na camada de 0 - 0,10 m. De Maria et al. (1999), em Campinas (SP), em Plantio Direto (PD), verificaram acúmulo de matéria orgânica, de P e de K, na superfície do solo (0 - 0,05 m), em relação à camada mais profunda (0,10 - 0,20 m). Santos & Tomm (1999), no estado do Paraná, em Latossolo Bruno álico, em PD, observaram valores de Ca + Mg trocáveis diminuíram na camada de 0 - 0,05 m, em relação à camada de 0,15 - 0,20 m. Silveira & Stone (2001), no estado de Goiás, em Latossolo Vermelho perférico, em PD, verificaram maiores teores de Ca + Mg, de P e de K na superfície do solo (0 - 0,10 m) do que na camada de 0,10 - 0,20 m.

Tem sido relatado o efeito de sistemas de rotação de culturas sobre características de fertilidade de solo para produção de grãos; entretanto, são escassas as informações sobre esses efeitos em sistemas de produção mistos, ou seja, em que há integração de lavoura com pecuária. Alguns trabalhos relatam o efeito benéfico de pastagens perenes sobre a produtividade das culturas, principalmente soja, pois quebra o ciclo de muitas pragas, fazendo um controle cultural, além de melhorar a estrutura física e química desse solo (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990), em razão da melhoria da fertilidade de solo (BAYER & MIELNICZUCK, 1997).

Os solos tropicais são altamente intemperizados, a MO é um componente importante para fornecer pontos de carga negativa em quantidade superior aos disponibilizados pelos principais constituintes dos minerais de argila destes solos (caulinita e principalmente óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio). Isso, porque nos valores de pH das camadas superficiais, a matéria orgânica possui carga líquida negativa, tendo uma CTC maior do que a CTA.

A matéria orgânica apresenta correlação direta significativa com a CTC, o que mostra a relação entre esses dois atributos, ou seja, a CTC tende a ser maior em locais onde os teores de MO são igualmente maiores e a MO explica 77,5 % da variação na CTC a pH 7,0, relação essa apontada por Silva et. al. (2013), ao avaliar um Latossolo vermelho-amarelo, cultivado com soja na região de Rio Verde - GO.

Bottega et. al. (2013) estudando os efeitos do acúmulo de matéria orgânica sobre a capacidade de troca de cátions de um solo com argila de baixa reatividade, concluíram que o acúmulo de matéria orgânica, 21 anos após a adoção do Sistema de Plantio Direto (SPD), em solo argiloso e com mineralogia oxidica, promoveu aumento expressivo na CTC do solo, fundamental para este cenário onde se tem predominância de minerais de baixa atividade na fração argila.

Foi encontrado por Montanari et. al. (2013) valores baixos para o coeficiente de variação do atributo pH, onde avaliaram os atributos químicos de um Latossolo em Selvíria/MS, 121 amostras em uma malha geoestatística, em área cultivada com braquiária.

Silva et al. (2000) verificaram que as maiores partes das raízes da pastagem se concentraram na camada de 0 - 0,20 m, camada que apresentou maiores valores de pH, maior concentração de nutrientes e carbono orgânico e menor concentração de Al trocável, mostrando na prática os resultados da correlação negativa entre estes dois atributos do solo, onde que quando se aumenta o pH do solo, ocorre uma liberação de nutrientes e uma redução de Al nesta camada.

Nos solos do cerrado, um fator condicionador da redução do pH do solo, evidenciado por Franchini e. al. (2000), é a utilização de frequentes e altas doses de adubação nitrogenada, prática comum nessa região no cultivo de milho e algodão.

Entretanto, as culturas anuais exploradas em região de Cerrado toleram baixas saturações de alumínio. Assim, A saturação por Al^{3+} (m%) máxima tolerada pelo algodoeiro é de 10%, hortaliças 5%, segundo Alvarez & Ribeiro (1999).

Fageria (2001) obteve em latossolo (EMBRAPA, 1997), no Cerrado, máxima produtividade para a cultura da soja com saturação de bases (V%) de 63, milho 60 e feijão 53. Sousa & Lobato (2004) recomendam para os solos de Cerrado os valores de V% de 50 e 60, respectivamente para a cultura da soja e milho. Raij et. al. (1997) recomendam valores de 60% para soja e 70% para milho e feijão.

Corá (2004) avaliando a variabilidade espacial de atributos do solo na cultura da cana-de-açúcar, na região de Jaboticabal/SP, coletou 421 amostras de solo. Esse autor determinou o pH, matéria orgânica (MO), P, K, Ca, Mg, H+Al, CTC e a saturação por bases (V%), e afirma que o manejo no solo realizado na área ao longo do tempo alterou a dependência espacial dos atributos do solo na camada superficial de forma a diminuir a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em relação à camada mais profunda. Apontando que o manejo da fertilidade do solo, além de propiciar maior produtividade às culturas, pode melhorar a qualidade química do mesmo.

Leal et al. (2013) ao avaliar a resposta da cultura do milho, durante três anos agrícolas, a modos de aplicação de calcário em sistema plantio direto, em Latossolo Vermelho Distrófico com saturação de bases na camada de 0 – 0,2 m igual a 48%, não obtiveram resposta dessa cultura. Esses autores ressaltam que essa saturação de bases apresenta-se suficiente, em região de Cerrado, sistema de produção de sequeiro e plantio direto. Assim a

recomendação de Souza & Lobato (2004) de elevação da saturação de bases a 50%, para essas condições apresenta-se adequada.

Caires et. al. (1999) avaliando as produções de soja, milho e trigo, em Ponta Grossa-PR, em sistema plantio direto, com calcário e gesso aplicados na superfície, relata que essa apresentou eficiência na correção da acidez das camadas superficiais e subsuperficiais do solo e o gesso foi eficiente na melhoria do ambiente radicular do subsolo, causando redução do alumínio trocável e aumento do cálcio e do sulfato, embora tenha provocado lixiviação do magnésio trocável do solo.

Resultados obtidos por Leal et al. (2010) nessa região indicam que as melhores produtividades de soja são obtidas em solos com saturação de bases igual ou superior a 50% e teor de magnésio mínimo de $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os resultados obtidos por Caires et al. (1998) ao avaliarem a soja cultivada em plantio direto, concluíram que mesmo em condições de alta acidez, é possível obter elevada produção de soja, desde que os teores de cálcio, magnésio e potássio sejam suficientes e os teores de alumínio não sejam muito elevados.

Oliveira & Parra (2003) avaliando a resposta do feijoeiro às relações variáveis de cálcio e magnésio, em um solo que apresenta teores adequados desses nutrientes, observou que não houve resposta do feijoeiro às variações na relação Ca:Mg do solo, tanto no rendimento de matéria seca no estágio de florescimento quanto na produção de grãos.

Paterniani & Fulani (2002) destacam que níveis elevados de alumínio impedem o crescimento radicular das plantas e, aliados a períodos de deficiência hídrica (veranicos), reduzem drasticamente a produtividade do milho, inviabilizando, às vezes, seu cultivo em área de solos ácidos.

De acordo Machado (1997) o elevado teor de alumínio no solo, causa alterações na membrana das células da raiz, inibição da síntese de DNA e da divisão celular, inibição do alongamento celular, alterações na absorção de nutrientes e no balanço nutricional, efeito sobre a simbiose rizóbio/leguminosa.

Resultados de Joris et al. (2013) confirmam que as culturas de milho e soja quando expostas a stress hídrico, em sistema plantio direto, são mais sensíveis a toxidez de alumínio em suas raízes. Assim, teores de saturação de alumínio acima de 20%, encontrados em 14% das amostras de solo analisadas, promove redução no desenvolvimento das raízes de soja, milho e principalmente de algodão, em consequência limitará a produção dessas culturas.

Segundo levantamentos da Conab e da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP, 2014) a adoção desse sistema de semeadura tem aumentado muito nas últimas duas décadas no Brasil. Dados dessa mesma federação, apontam que no ano de 1992 essa

prática era adotada em uma área inferior a 2 milhões de hectares, enquanto no ano de 2012 estima-se que a mesma foi adotada em mais de 31 milhões de hectares (aumento de mais de 1500%). E essa prática contribuiu para a elevação do teor de M.O. do solo, além do aumento da biota do solo.

Concordando com essa possibilidade, Loke et al. (2013) em pesquisa de longa duração (mais de trinta anos) em Plintossolo ácido, localizado no semi-árido da África do Sul, apontam que a adoção de sistema plantio direto em detrimento a aração periódica, permite ao logo dos anos aumento nos teores de fósforo no solo.

Provavelmente por reduzir os sítios de fixação desse elemento no solo, com aumento das cargas positivas e maior retenção de alumínio e ferro, cátions que precipitam fósforo em solução. Pesquisas realizadas no Brasil também indicam hipóteses semelhantes. Giacomini et al. (2003) avaliando a liberação de fósforo em sistema de plantio direto, em Santa Maria-RS, concluiu que a quantidade de fósforo solúvel esta associado a quantidade de fósforo que as plantas de cobertura incorporaram na sua biomassa.

Kluthcouski et al. (2000) avaliaram o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em sistema de plantio direto, no município de Santa Helena-GO, verificaram a ausência de resposta das culturas à adubação indica que a partir de certa concentração de nutrientes no solo, há necessidade de mudança nas quantidades de nutrientes a serem aplicadas para manutenção da fertilidade do solo e posteriormente a obtenção de altos rendimentos pelas culturas, principalmente soja, milho e feijão.

A rotação de culturas é de grande relevância, pois segundo Franchini et al. (2000) influenciam os teores de potássio. Nesse sentido, Torres & Pereira (2008) avaliaram a liberação de potássio sob plantio direto em diferentes culturas produtoras de cobertura ou “palhada” para o sistema plantio direto em Uberaba-MG, concluíram que o milheto, aveia, braquiária e a crotalária, promoveram maior liberação desse elemento até os primeiros 42 dias após o manejo. Outro ponto a se destacar é que esses solos, normalmente, propiciam altas resposta a adubação potássica, mesmo com teor classificado como médio. Como a obtida por Uchôa et al. (2009) avaliando doses de potássio em seis variedades de cana-de-açúcar, no cerrado de Boa Vista/RO.

Além disso, Leal et al. (2008) encontraram acúmulo de potássio nas camadas superficiais em solos de cerrado, manejado em sistema plantio direto por três anos, com aplicação anual de potássio. Esses autores atribuíram esse fato a uma provável extração de K de camadas inferiores, pelas raízes da cultura da soja e principalmente de cobertura (*Sorghum* e *Eleusine coracana*) e sua posterior deposição na superfície do solo, por meio da

decomposição dos restos culturais, caracterizando, assim, um processo importante de ciclagem deste nutriente.

Caires et al. (1999) avaliando as produções de soja, milho e trigo, em Ponta Grossa - PR verificaram que somente a cultura do milho apresentou aumento de produção com a aplicação de gesso em decorrência do fornecimento de enxofre, da melhoria do teor de cálcio trocável em todo o perfil do solo.

Fageria (2000) ao avaliar os níveis de boro adequados e tóxicos no solo, concluiu que a máxima produção de matéria seca da parte aérea foi obtida quanto os teores se encontravam entre 0,4 e 4,7 mg kg⁻¹ de solo, nas culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo e as doses tóxicas variaram de 3 a 8,7 mg kg⁻¹ de solo, para as mesmas culturas. Apesar de 14 % das amostras com teores altos, esses não atingiram valores de toxidez.

Assim, apesar de trabalhos de Junior et al. (2000) relatarem que a calagem em solos da região do Cerrado, reduz a disponibilidade de Manganês, portanto essa seria uma preocupação. Entretanto, na presente condição essas preocupações não procederam em função das frequentes aplicações de Manganês foliar na cultura soja, prática essa que se tornou praticamente comum nos cultivos de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato, liberada no Brasil a partir de 2005. Isso porque trabalhos como os de Serra et al. (2011), Santos et al. (2007) e Cakmak et al. (2009), apontaram que a aplicação de glifosato afeta os teores foliares de micronutrientes nessa cultura. Entretanto, após 8 anos agrícolas com o cultivo desses materiais e adoção da adubação foliar frequente com manganês a preocupação passa a ser com os elevados teores desse nutriente no solo, fato que pode culminar com a toxidez dessa as culturas.

Fageria (2000) em casa de vegetação em Santo Antônio de Goiás - GO avaliou os teores adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado e conclui que a resposta variou conforme a cultura, e os teores adequados variaram de 0,5 a 5 mg dm⁻³ e os teores tóxicos variaram de 25 a 94 mg dm⁻³, pelo extrator Mehlich 1.

A hipótese deste trabalho é que existe um desbalanceamento nutricional do solo da região dos chapadões, e o objetivo foi classificar e analisar descritivamente os atributos químicos desses solos, e fazer inferências quanto à adubação dos mesmos.

4 REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., orgs. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 5.ed. Viçosa, MG, 1999. p. 44-58.
- ANGHINONI, I. & VOLKWEIS, J.S. Recomendações de uso de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais**. Brasília, Embrapa/DEP, 1984. p.179-204.
- BAIO, F.H.R.; LEAL, A. J. F. Agricultura de precisão: Mapeamento da fertilidade e adubação de taxa variável. **Pesquisa, Tecnologia e Produtividade**, Chapadão do Sul, n. 5, p. 12-18, 2011.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:235-239, 1997.
- BERNARDI, A. C. C.; CARMO, C. A. F. S.; MACHADO, P. L. O.; SILVA, C. A.; VALENCIA, L. I. O.; MEIRELLES, M.S. **Variabilidade espacial de teores de nutrientes em folhas de soja como ferramenta para agricultura de precisão**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2002. 5p. (Comunicado Técnico 17)
- BÖNISCH, S. **Geoprocessamento ambiental com tratamento de incerteza: o caso do zoneamento pedoclimático para a soja no Estado de Santa Catarina**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2001. 189p. Dissertação (Mestrado)
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M. D.; PINTO, F. D. A. D. C.; SOUZA, C. M. A. D. Spatial variability of soil attributes in no a no-tillage system with crop rotation in the Brazilian savannah. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.
- 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**, v. 22, p. 27-34, 1998.

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, n. 2, p. 315-327, 1999.

CAKMAK, I.; YAZICI, A.; TUTUS, Y.; OZTURK, L. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium, and iron in non-resistant soybean. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 31, n.3, p. 114-119, 2009.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. **Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo**. R. Bras. Ci. Solo, 14:99-105, 1990.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M. & PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Solo, 31:1329-1339, 2007.

CATE, R.B. & NELSON, L.A. **Discontinuous models for rapid correlation, interpretation and utilization of soil analysis and fertilizer response data**. International soil fertility evaluation and improvement program [S.l.], North Carolina, 1973. 77p. (Technical Bulletin, 7)

CORÁ, J.E. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, 2004.

DE MARIA, I.C.; NNABUDE, P.C. & CASTRO, O.M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil Till. Res.**, 51:71-79, 1999.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 1997.

ERNANI, P.R.; FIGUEIREDO, O.R.A.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J.A. Decréscimo da retenção de P pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.159-162, 1996.

EVANS, E.E. Soil test calibration. In: BROWN, J.R., ed. Soil testing: Sampling, correlation, calibration end interpretation. Madison, **Soil Science Society of America**, 1987. p.23-29 (Special Publication, 21).

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 390-395, 2000.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n.3, Campina Grande, p. 416-424, 2001.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/?i1=34eAcoBnLhRWY05WYsBXYlJXYa12&i2=4b8QYlJXYfd&i3=e46ARQBSZkBSYlJXwece&i4=&i5=34eAcoBnLhRWY05WYsBXYlJXYa12&m=1>. Acesso em 10 de janeiro de 2014.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 459-467, 2000.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.I. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

JORIS, H. A. W.; CAIRES, E. F.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A.; HALISKI, A. Effects of soil acidity and water stress on corn and soybean performance under a no-till system. **Plant and Soil**, V. 365, p. 409-424, 2013.

JUNIOR, J. A. O.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. EFEITOS DO MANGANÊS SOBRE A SOJA CULTIVADA EM SOLO DE CERRADO DO TRIÂNGULO MINEIRO. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1629-1636, 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L.R.; MARCANDALLI, L.H. Aplicação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p. 491-501, 2013.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W.A.S.; MARCANDALLI, L.H.; FRAZOTE, F.H. Utilização de corretivos e fertilizantes na cultura da soja. **Pesquisa, Tecnologia, Produtividade**, Chapadão do Sul, n.4, p. 13 – 23, 2010.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L.R.; MURAISHI, C.T.; BUZETTI, S.; MASCARENHAS, H.A.A. Aplicação de calcário e culturas de cobertura na implantação do sistema plantio direto em cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 2771 – 2777, 2008.

LIMA, R.O. **Sustentabilidade da produção de soja no Brasil Central: Características químicas do solo e balanço de nutrientes no sistema solo-planta**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 65p. (Tese de Mestrado)

LOKE P. F., KOTZÉ E., DU PREEZ C. C. Impact of long-term wheat production management practices on soil acidity, phosphorus and some micronutrients in a semi-arid Plinthosol. **Soil Research**, v. 51, n. 5, 2013, 415–426

MACHADO, P. L. O. A. Considerações gerais sobre a toxicidade do alumínio nas plantas. **EMBRAPA-CNPS**, Rio de Janeiro, 22P, 1997.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Potafos**, 1997. 258p.

MATOWO, P.R.; PIERZYNSKI, G.M.; WHITNEY, D. & LAMOND, R.E. Soil chemical properties as influenced by tillage and nitrogen source, placement, and rates after 10 years of continuous sorghum. **Soil Till. Res.**, 50:11-19, 1999.

MONTANARI, R.; CARVALHO, M. P.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. e DALCHIAVON, F. C. Produção de matéria seca da braquiária de acordo com os atributos químicos de um Latossolo em Selvíria, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 60, n.4, p. 519-527, 2013.

NOVAIS, R.F. A pesquisa em fertilidade do solo. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1996. p. 397-409.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solos e plantas em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399p.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S. Resposta do feijoeiro a relações variáveis entre cálcio e magnésio na capacidade de troca de cátions de latossolos. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 27, n. 05, p. 859-866, 2003.

PATERNIANI, M. E. A. G.; FURLANI, P. R.. Tolerância à toxicidade de alumínio de linhagens e híbridos de milho em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 61, n. 1, p. 4, 2002.

RAIJ, E.V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo – Boletim Técnico 100**. Atual: 2ª Ed, Campinas-SP, 285 p, 1997.

ROUSE, R.D. **Soil test theory and calibration for cotton, corn, soybean and coastal Bermuda grass**. Auburn, Agricultural Experiment Station Auburn University, 1968. 65p. (Technical Bulletin, 375)

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo, 1993. p.37-60

SALET, R.L Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto. Porto Alegre, **Universidade Federal do Rio Grande Sul**, 1994. 111p.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITAS, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.25, n.1, p. 165 – 171, 2007.

SANTOS, H.P.& TOMM, G.O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos: efeitos na fertilidade do solo em plantio direto. **Ciência Rural**, 29:259-265, 1999.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M. E.; CANDIDO, A.C.S.; DIAS, A.C.S.; CHISTOFFOLETI, P.J. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.1, p. 77-84, 2011.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 16-23, 2013.

SILVA, V.R; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 191-199, 2000.

SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:387-394, 2001

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

TORRES, J L. R.; PEREIRA, M. G.. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 04, p. 1609-1618, 2008.

UCHÔA, S. C. P.; Júnior, H. D. O. A.; Alves, J. M. A., Melo, V. F.; Ferreira, G. B.. Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de potássio em ecossistema de cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 505-513, 2009.

CAPÍTULO 1 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS DA REGIÃO DOS CHAPADÕES.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os atributos químicos do solo em áreas exploradas com agricultura intensiva, na região dos Chapadões, localizado no bioma cerrado. Foram amostrados diferentes talhões cultivados com culturas anuais no verão (soja, milho e algodão) e integração lavoura pecuária, localizados nos municípios de Chapadão do Sul, Costa Rica, Paraíso das Águas, Cassilândia e Chapadão do Céu; no ano de 2012. Totalizando 3.100 amostras e 15.500 ha analisados. Determinou-se os atributos químicos do solo: pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, S. B., M.O., C. T. C., V%, m%, S e as relações entre teores; confeccionando análise descritiva dos dados. Concluiu-se que a recomendação de calagem utilizando a elevação da saturação de bases apresenta-se adequando para região dos Chapadões, pois promove a neutralização de Alumínio tóxico, fornecimento de Ca e Mg, elevação do pH, mas é pouco utilizado, pois os solos apresentam deficiência desses nutrientes e muita concentração de Alumínio tóxico disponível para as culturas. A matéria orgânica do solo, associada à prática de calagem é fundamental para elevar a CTC do solo, melhorando as condições nutricionais do solo, que está muito desigual, pois os coeficientes de variação apresentam muito elevados. Mesmo com um manejo adequado da fertilidade do solo existe uma ampla heterogeneidade dos atributos químicos na região dos chapadões.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Solo. Fertilidade do solo. Cerrado.

CHAPTER 1 - CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL IN CHAPADÃO REGION.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate chemical properties of soil in areas explored with intensive agriculture in the region of Chapadões, located in the savannah biome. In 2012; different cultivated with annual crops in summer (soybean, corn and cotton) and integrated crop livestock in the municipalities of Plain South, Costa Rica, Paraíso das Águas, Cassilândia and Chapadão do Céu. Total 3.100 samples and analyzed 15.500 ha. Determined if the chemical soil pH, P, K, Ca, Mg, Al, H + Al, SB, MO, CTC, V % m % S and the relationships between levels; crafting descriptive data analysis. It was concluded that liming using the elevation of the base saturation is presented for adapting Chapadões region, it promotes the neutralization of toxic aluminum, providing Ca and Mg, increased pH, but is little used because the soils have a deficiency of these nutrients and a lot of concentration of toxic aluminum available for crops. The soil organic matter associated with the practice of liming is essential to raise the soil CTC, improving the nutritional status of the soil, which is very uneven, since the coefficients of variation show very high. Even with proper management of soil fertility there is a wide heterogeneity of chemical properties in the region of plateaus.

KEY WORDS: soil analysis. Soil Fertility. Savannah.

1 INTRODUÇÃO

Na agricultura tradicional, a amostragem de solo é feita com a coleta de sub-amostras, que homogeneizadas representam as características de fertilidade, assumida como uniforme daquele talhão como um todo. Com base nesta interpretação, fazem a aplicação de dosagens uniformes de insumos. Porém, é notório que as propriedades do solo variam de local para local do campo, em função das diferentes intensidades, na qual ocorreram os processos de formação do solo.

O manejo convencional da fertilidade do solo baseia-se na utilização de teores médios de referência dos nutrientes para o cálculo da dose de fertilizante a ser aplicada em glebas selecionadas e separadas por serem as mais homogêneas entre si. Cavalcante et. al. (2007) relata que apesar dessa preocupação, é comum a ocorrência de valores extremos de alguns elementos químicos localizados espacialmente, sobretudo daqueles de menor mobilidade no solo, de modo que a utilização de valores médios pode resultar na aplicação de doses superestimadas em determinadas áreas e insuficientes em outras .

Dentre os atributos do solo o pH, índice que indica o grau de acidez ativa do solo, talvez seja, isoladamente, o mais relevante, no que se refere a utilização de fertilizantes. De maneira especial, a disponibilidade de nutrientes contidos no solo, ou a ele adicionado por meio das adubações, é bastante variável em função do pH do solo (MALAVOLTA, 2006; MALAVOLTA et al. 1997). Assim, a calagem prévia dos solos ácidos, além de proporcionar aumento do pH e da saturação por bases, promove a neutralização do alumínio e de grande parte do ferro e do manganês, aumentando a atividade biológica e a eficiência dos fertilizantes, resultando ainda em diminuição na capacidade de fixação via precipitação do P, favorecendo, conseqüentemente, o desenvolvimento vegetal (ERNANI et al. 1996).

Em relação ao P, os solos de regiões tropicais, particularmente aqueles mais intemperizados, apresentam baixos teores de P disponíveis para as plantas e exigem adequada correção da deficiência de P para se tornarem produtivos. Em razão da elevada capacidade de retenção de P desses solos, principalmente naqueles com maior capacidade tampão de P, há uma forte competição do solo com a planta pelo P aplicado como fertilizante (NOVAIS & SMYTH 1999).

Novais (1996) ressalta a importância de pesquisas dessa natureza, em que se tem a possibilidade de observar as grandes tendências em substituição aos estudos de caso. O presente trabalho teve como objetivo analisar os atributos químicos do solo, e o que as

relações entre esses atributos podem ser influenciados por práticas recomendadas para os mesmos, através da análise de solo da região dos Chapadões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das amostras de solo utilizadas no presente trabalho foi entre Maio a Setembro de 2012. Foram amostrados diferentes talhões cultivados com: soja, milho, algodão e integração lavoura pecuária, compreendendo uma área de 15.500 ha e de 3.100 amostras, que foram coletadas pela Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão (Fundação Chapadão) e a empresa Actu.

A região de amplitude das amostras é conhecida como região dos Chapadões e compreendem os municípios de Chapadão do Sul, Cassilândia, Costa Rica, Água Clara e Paraíso das Águas (região nordeste do Estado de Mato Grosso do Sul), Chapadão do Céu e Mineiros (Sudoeste de Goiás) e Alto Taquari (Sudeste de Mato Grosso). Os solos amostrados estão localizados predominantemente sobre relevo plano, pertencentes em sua maioria à classe dos Latossolos (EMBRAPA, 2013) encontra-se em altitude variando entre 600 a 900 m. Essas áreas são exploradas em sistema de agricultura intensiva ou integração agricultura pecuárias.

O clima segundo a Classificação de Köppen da região de estudo é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando média de 1890 mm de precipitação anual.

A metodologia de coleta das amostras é a descrita por Baio & Leal (2011), que consiste que todos os talhões amostrados tiveram as amostras realizadas no contorno do ponto central (raio de 10 m) de células com área de 5 ha, esses pontos estão dispostos aproximadamente a 230 m de distância um do outro. Para amostragem foi utilizando um sistema de trado de rosca elétrico, sendo amostrada a camada de 0 - 0,20 m, sendo retiradas 15 amostras simples por talhão que deu origem a uma única amostra composta, enviada ao laboratório, e realizada a análise desse solo.

Foram determinados os atributos químicos do solo: matéria orgânica (MO), pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), H+Al, soma de bases (SB), CTC, CTCe, saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), enxofre (S) e os micronutrientes ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), boro (B) e cobre (Cu). A caracterização química relativa foi realizada segundo metodologia apresentada por Embrapa (1997): pH em solução de cloreto de cálcio; P por colorimetria após extração com resina

trocadora de íons; K, Ca, Mg e os micronutrientes cátions foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, após extração com solução de Mehlich 1; Para H+Al adotou-se o método da solução tampão SMP. Al foi determinado por titulometria. De posse dos dados, foram calculadas as variáveis complementares das análises de solo (CTC a pH 7,0; CTC efetiva, soma de bases (SB), porcentagem de saturação por bases (V%) e porcentagem saturação por alumínio (m%).

Posteriormente os atributos químicos do solo foram analisados por meio de estatística descritiva e classificados segundo Sousa & Lobato (2004). Os dados obtidos foram submetidos à análise descritiva e encontrados os valores de: Média, Erro Padrão, Mínimo, Máximo, Amplitude, Desvio Padrão (DP) e Coeficiente de Variação (CV); utilizando o programa SISVAR para realizar a análise descritiva dos atributos e o programa GENES para a determinação mais exata dos valores de R^2 e a equação que melhor representa o comportamento de cada relação entre os atributos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros para os atributos químicos dos solos da região dos Chapadões indicaram grande variação, exceto para o atributo pH em CaCl_2 , o que reflete uma grande variabilidade entre os valores máximos e mínimos (Tabela 1).

Tabela 1. Análise descritiva dos valores de: Média, Erro Padrão, Mínimo, Máximo, Amplitude, Desvio Padrão (DP) e Coeficiente de Variação (CV) dos atributos do solo da região dos chapadões, no ano 2012.

Variável	Média	Erro	Mín	Máx	Ampl	DP	CV(%)	Classificação
pH(CaCl_2)	5,05	0,01	4,00	6,30	2,30	0,41	8,22	Adequada
Ca+Mg(cmolc dm^{-3})	2,87	0,03	0,20	9,80	9,60	1,88	65,65	Adequada
Ca(cmolc dm^{-3})	2,12	0,03	0,10	8,20	8,10	1,48	69,52	Adequada
Mg(cmolc dm^{-3})	0,74	0,01	0,10	2,50	2,40	0,46	62,16	Adequada
Al(cmolc dm^{-3})	0,12	0,01	0,01	11,00	10,99	0,27	155,65	Baixa
H+Al(cmolc dm^{-3})	3,26	0,02	1,10	8,60	7,50	1,29	39,62	Baixa
K(cmolc dm^{-3})	0,16	0,01	0,02	0,83	0,81	0,13	84,38	Adequada
P-res(mg dm^{-3})	15,34	0,26	1,80	123,60	123,60	14,78	96,40	Adequada
S(mg dm^{-3})	5,37	0,08	0,10	66,30	66,30	4,79	89,16	Média
Matéria Orgânica(%)	2,48	0,24	7,70	59,60	77,70	13,28	53,49	Adequada ¹
Carbono total(%)	1,43	0,14	4,47	37,30	72,30	7,99	55,80	Adequada ¹
CTC(cmolc dm^{-3})	6,28	0,05	1,93	13,79	11,86	2,85	45,28	Adequada ¹
V%	44,93	0,27	5,70	87,90	82,20	15,16	33,75	Adequada
m%	10,01	0,29	0,20	77,00	76,80	16,04	160,16	Baixa

Classificação da média segundo Sousa & Lobato (2004). Onde CV (Coeficiente de Variação) e DP (Desvio Padrão).¹ MO, CO e CTC foram classificados de acordo com a textura média.

De acordo com o critério de classificação para atributos do solo estabelecido por Warrick & Nielsen (1980), o coeficiente de variação é classificado em: baixo, médio e alto.

Dentre os valores baixo, que possui coeficiente de variação menor que 12%, apresentado apenas para os valores de pH (Tabela 1). Valor baixo para o coeficiente de variação do atributo pH também foi encontrado por Grego et al. (2010) ao avaliar 97 amostras em um talhão cultivado com cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto/SP e por Montanari et. al. (2013) avaliando os atributos químicos de um Latossolo em Selvíria/MS, ao avaliar 121 amostras em uma malha geoestatística, em área cultivada com braquiária.

Os valores considerados médios são aqueles que o coeficiente de variação variando de 12% a 60%, intervalo que encontra os atributos: matéria orgânica (MO), carbono total (CO), CTC do solo, saturação de bases (V%) e H^+ Al (De acordo com a Tabela 1). Montanari et al. (2013) encontrou classificação semelhante para os atributos MO e H+Al.

Para os valores considerados Alto, ou seja, coeficiente de variação maior do que 60%. Nesse caso foram encontrados para os atributos: Ca+Mg, Ca, Mg, Al, K, P, S e m%.

Portanto, os solos cultivados nessa região apresentam uma grande heterogeneidade quanto aos atributos químicos, revelando que apesar do uso intensivo dessas áreas para produção agrícola, principalmente de grãos de soja. A adubação e correção dos mesmos apresentam-se desequilibradas, conforme a análise descritiva dos dados analisados. Nesse sentido, há uma grande amplitude de variação entre os teores dos atributos químicos avaliados, conforme a Tabela 1.

Apesar dos valores médios dos atributos de fertilidade do solos avaliados apontar para solos com ideal qualidade química, com teores considerados adequados para cultivo intensivo, de acordo com classificação proposta por Sousa & Lobato (2004). Em função da elevada amplitude dos valores obtidos e o alto coeficiente de variação dos atributos (Tabela 1), os solos da região ainda apresenta desequilíbrio químico.

Na tabela 2 encontram-se os dados de R^2 das equações de relação das regressões entre os atributos do solo. A grande diferença entre os valores do coeficiente de determinação obtido R^2 é decorrente da dispersão da nuvem de pontos em torno da reta ideal (Figura 1).

Os modelos de correlações entre os atributos químicos do solo da região dos Chapadões, descritas na Tabela 2, foram divididos em três níveis de R^2 : menores de 50%, $50\% < R^2 < 80\%$ e maiores de 80%, para melhor visualizar os resultados.

Tabela 2. Valores da Correlação de Pearson, R^2 e a equação da regressão das principais relações dos atributos do solo da região dos chapadões, no ano 2012.

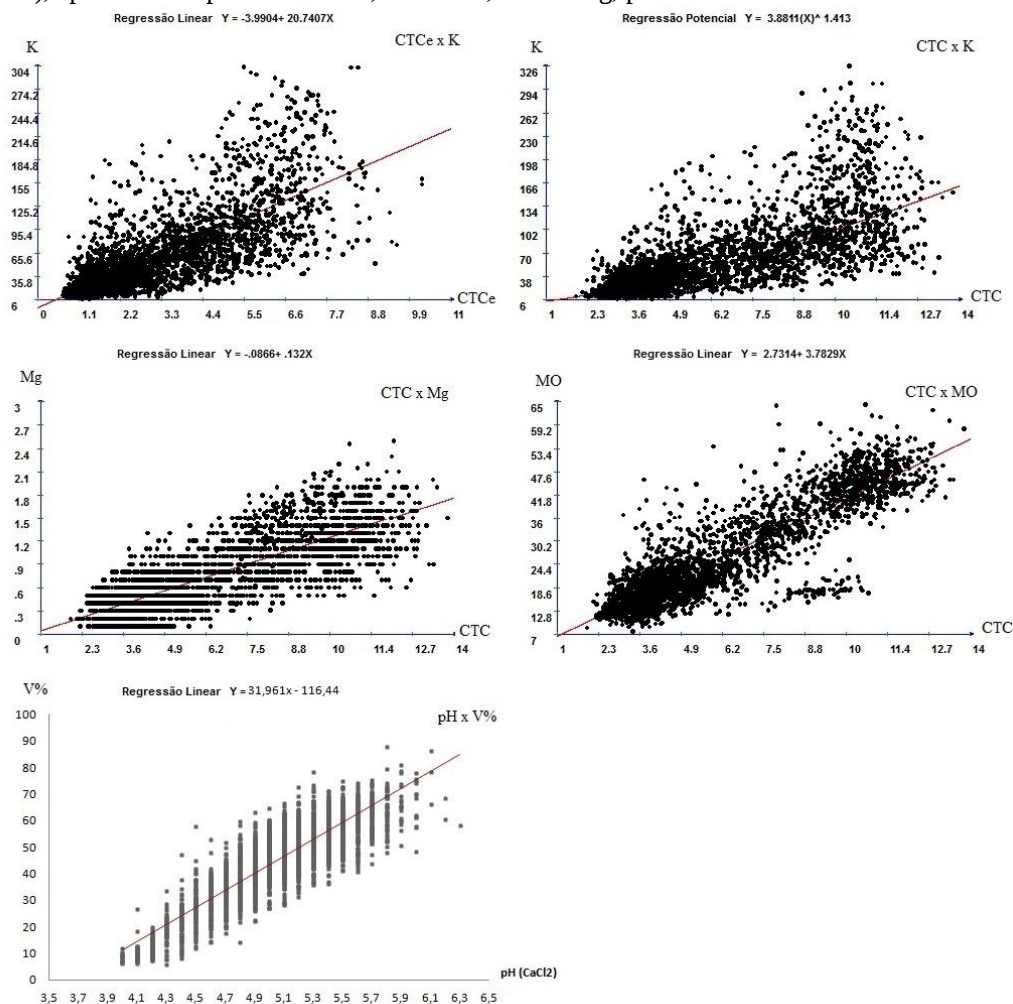
Relações	n ¹	Corr.Pearson ²	Equação	R ² (%) ³
V% <i>x</i> H+Al	3105	-0,0986**	$\hat{y}=3,6275-0,0084x$	0,97
V% <i>x</i> Mn	848	0,0552 ^{ns}	$\hat{y}=14,567+0,1581x$	2,37
pH <i>x</i> H+Al	3108	-0,2655**	$\hat{y}=7,3817-0,818x$	7,05
pH <i>x</i> Mn	856	0,1224**	$\hat{y}=35,8063-0,3692x$	13,76
V% <i>x</i> Zn	848	0,4521**	$\hat{y}=-0,3441+0,0661x$	20,43
pH <i>x</i> Fe	853	-0,4689**	$\hat{y}=315,0697-45,2779x$	21,98
V% <i>x</i> P	2967	0,4945**	$\hat{y}=-4,5251+0,4551x$	24,44
V% <i>x</i> Fe	852	-0,5262**	$\hat{y}=148,1752-1,3699x$	27,68
CTC <i>x</i> K	3110	0,7519**	$\hat{y}=-3,9904+20,7407x$	56,53
CTC <i>x</i> K	3112	0,7205**	$\hat{y}=3,8811(x)^{1,413}$	60,56
CTC <i>x</i> Mg	3112	0,8132**	$\hat{y}=-0,0866+0,132x$	66,12
pH <i>x</i> V%	3112	0,8750**	$\hat{y}=-116,44+31,961x$	76,56
CTC <i>x</i> MO	2956	0,8806**	$\hat{y}=2,7314+3,7829x$	77,54
CTC <i>x</i> Mg	3108	0,8963**	$\hat{y}=0,0484+0,2172x$	80,33
V% <i>x</i> Al	3107	-0,7860**	$\hat{y}=1,1478-0,0507x+0,00081x^2-0,000005x^3$	81,14
pH <i>x</i> Al	3110	-0,7879**	$\hat{y}=34,3056-18,1359x+3,19958x^2-0,188017x^3$	85,35
pH <i>x</i> m%	3111	-0,7639**	$\hat{y}=3945,2578-2145,7381x+388,77804x^2-23,453111x^3$	88,59
CTC <i>x</i> Ca	3112	0,9119**	$\hat{y}=-0,9329+0,5214x$	90,56
V% <i>x</i> m%	3111	-0,8265**	$\hat{y}=108,4151-5,3323x+0,8945x^2-0,000502x^3$	95,67
CTC <i>x</i> Ca	3110	0,9720**	$\hat{y}=-0,3246+0,7662x$	97,42

¹ número de amostras analisadas. ² Coeficiente de Correlação de Pearson, e marcados com * e ** diferem entre si pelo teste F a um nível de significância de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, e para ^{ns} significa que não foi significativo. ³ Valores de R^2

Para os valores de R^2 menores de 50%, onde podemos encontrar as relações: V% *x* (H+Al), V% *x* Mn, pH *x* (H+Al), pH *x* Mn, V% *x* Zn, pH *x* Fe, V% *x* P e V% *x* Fe, considerado como valor muito baixo de R^2 e portanto, essas relações pouco explicam as variações nos teores desses atributos, possuindo pequena ou nenhuma implicação prática. Pois, provavelmente, as variações estão mais relacionadas ao manejo empregado em cada área.

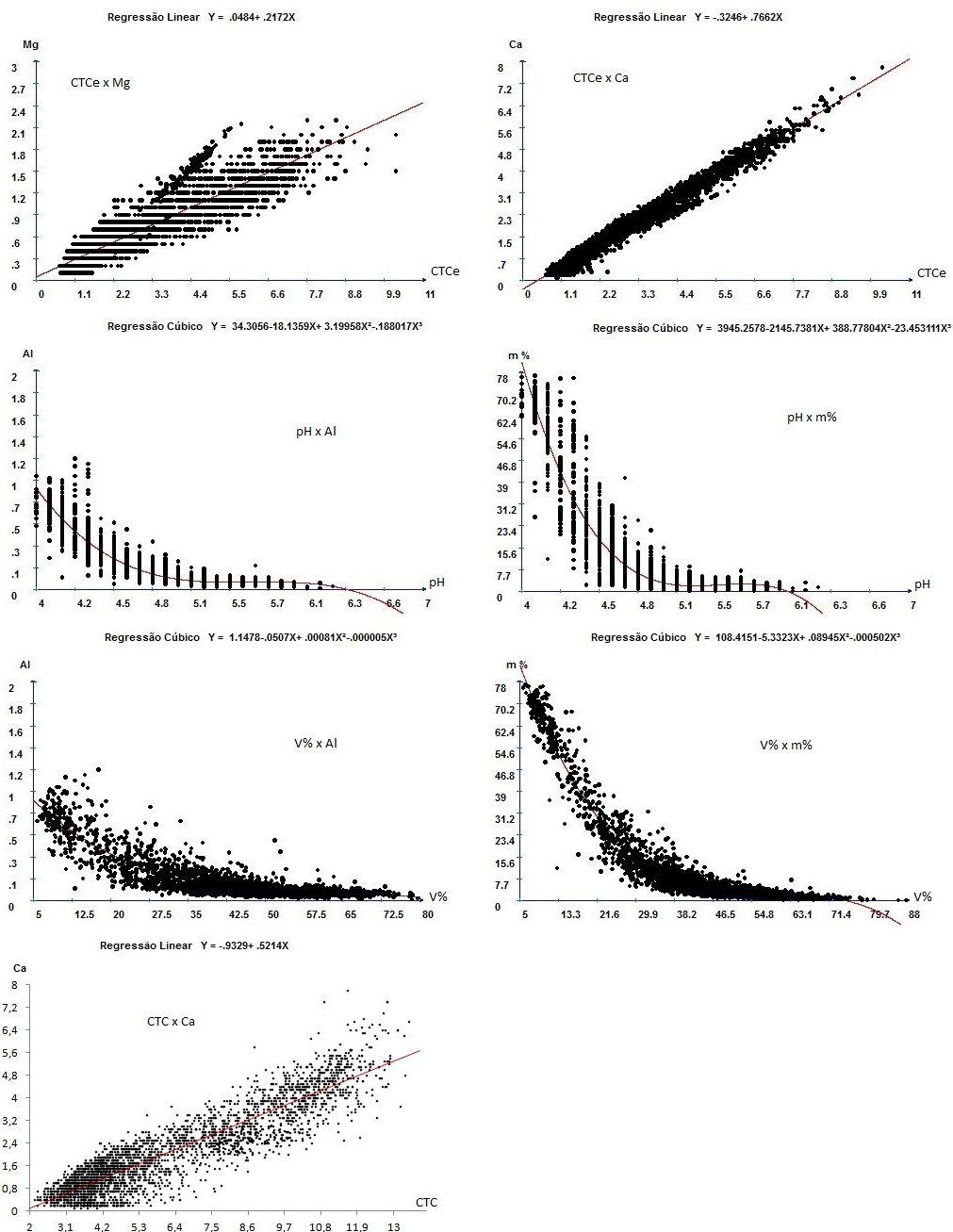
Os valores de R^2 menores de 80% e maiores que 50% ($50\% < R^2 < 80\%$), apresentados pelas relações entre: CTCe *x* K, CTC *x* K, CTC *x* Mg, pH *x* V% e CTC *x* MO (Figura 1); Esses apresentam uma correlação direta e positiva, pois CTC, CTCe e pH do solo maiores permitiram a obtenção de K, Mg, V% superiores. Revelando que a MO do solo, associada a prática de calagem é fundamental para promover aumento de nutrientes para as culturas, como os encontrados na região dos Chapadões.

Figura 1. Relações de atributos do solo com valores de R^2 menores de 80% e maiores que 50% ($50\% < R^2 < 80\%$), apresentados por: CTCe x K, CTC x K, CTC x Mg, pHxV% e CTC x MO.



Valores de R^2 maiores de 80%, onde estão contidas às relações de: CTCe x Mg, V% x Al, pH x Al, pH x m%, CTC x Ca, V% x m% e CTCe x Ca (Figura 2); Esses valores elevados de R^2 , revelam que a equação tem aplicabilidade alta na realidade dos solos da região dos Chapadões, pois quando se tem um valor de alguma relação dessas citadas, podemos estimar o valor da outra variável relacionada, jogando os valores da fórmula proposta e calculando. A CTCe e CTC possui uma correlação positiva alta com Ca e Mg, pois esses são as bases retidas em maior quantidade nos solos avaliados. Enquanto o V% e pH possuem correlação negativa com Al^{+3} e m%, reduzindo a solubilidade de Al^{+3} com o aumento desses.

Figura 2. Relações de atributos do solo com valores de R^2 maiores de 80% apresentados por: CTCe x Mg, V% x Al, pH x Al, pH x m%, CTC x Ca, V% x m% e CTCe x Ca.



A matéria orgânica apresentou correlação direta significativa com a CTC, o que mostra a relação entre esses dois atributos, ou seja, a CTC tende a ser maior em locais onde os teores de MO são igualmente maiores e a MO explica 77,5 % da variação na CTC a pH 7,0. Essa relação também foi apontada por Silva et al. (2013), ao avaliar um Latossolo vermelho-amarelo, cultivado com soja na região de Rio Verde - GO.

Os solos tropicais são altamente intemperizados, como os solos do Cerrado, a MO é um componente importante para fornecer pontos de carga negativa em quantidade superior aos disponibilizados pelos principais constituintes dos minerais de argila destes solos (caulinita e principalmente óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio). Isso, porque nos valores de pH das camadas superficiais, a matéria orgânica possui carga líquida negativa, tendo uma CTC maior do que a CTA.

Bottega et al. (2013) estudando os efeitos do acúmulo de matéria orgânica sobre a capacidade de troca de cátions de um solo com argila de baixa reatividade concluíram que o acúmulo de matéria orgânica, 21 anos após a adoção do Sistema de Plantio Direto, em solo argiloso e com mineralogia oxidica, promoveu aumento expressivo na CTC do solo, fundamental para este cenário onde se tem predominância de minerais de baixa atividade na fração argila.

Os teores de Al^{+3} em solução e a saturação de alumínio (m%) determinados nos solos da região dos Chapadões estão diretamente relacionados com o pH e saturação de bases do solo. Esse íon apresenta redução da solubilidade com a elevação das concentrações de OH^- no solo, aumento de pH. A presença do Al^{+3} tem relação com o material de origem, sendo que a presença de MO, que possui a capacidade de complexar o Al^{+3} , pode reduzir seu efeito tóxico às plantas.

Esse aspecto também foi destacado por Silva et al. (2000) na cultura do milho. Esses autores verificaram que, as maiores partes das raízes da pastagem se concentraram na camada de 0 - 0,20 m, camada que apresentou maiores valores de pH, maior concentração de nutrientes e carbono orgânico e menor concentração de Al trocável, mostrando na prática os resultados da correlação negativa entre estes dois atributos do solo, onde que quando se aumenta o pH do solo, ocorre uma liberação de nutrientes e uma redução de Al nesta camada, sendo essa uma explicação para os resultados obtidos na Figura 2.

Entretanto, o efeito da matéria orgânica sobre os teores de Al^{+3} no presente trabalho não foi verificado. Diante desses resultados pode-se inferir que os materiais de origem dos solos dessa região propiciaram elevados teores de Al^{+3} para os solos. Esses teores foram reduzidos em função da correção do pH e elevação da saturação de bases, através da prática da calagem.

Portanto, é necessário um monitoramento constante desses dois atributos, visando evitar futura toxidez de alumínio às raízes das culturas nessa região. Segundo o modelo polinomial cúbico que representa a relação entre saturação de alumínio (m%) e saturação de bases (V%), Tabela 2, para um teor zero de m (%) é necessário nesses solos a elevação da

saturação a 74,65% (aproximadamente 75%), o que na prática não é utilizado, pois sempre vai ter que conviver com um com valores baixos alumínio, que influenciam muito pouca as culturas, pois um solo equilibrado quimicamente não é aquele que tem os valores mais altos ou baixos para todos os atributos.

As culturas anuais exploradas na região do Cerrado toleram baixas saturações de alumínio. Assim, Fageria (2001) obteve em solo de Cerrado máxima produtividade para a cultura da soja com V(%) de 63, milho 60 e feijão 53. De acordo com o modelo obtido (Tabela 2) a saturação inferior (53%) propicia um m(%) inferior a 2,5 e a superior (63%) o m(%) é inferior a 2,0%. Valores abaixo da máxima saturação por Al^{3+} tolerada por essas culturas, pelo algodoeiro (10%) e até mesmo por hortaliças (5%), segundo Alvarez & Ribeiro (1999). Sousa & Lobato (2004) recomendam para os solos de Cerrado os valores de saturação de bases (V%) de 50 e 60, respectivamente para a cultura da soja e milho. Segundo o modelo obtido (Figura 1) esses valores de saturação de bases propiciam pH em $CaCl_2$ de respectivamente 5,2 e 5,52, apontados por esses autores como adequados.

Corá (2004) avaliando a Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura da cana-de-açúcar, na região de Jaboticabal/SP, coletou 421 amostras de solo. Esse autor determinou o pH, matéria orgânica (MO), P, K, Ca, Mg, H+Al, CTC e a saturação por bases (V%), os valores médios encontrados para esses atributos assim como o coeficiente de variação são praticamente iguais aos encontrados no presente trabalho, e apontando que o manejo da fertilidade do solo, além de propiciar maior produtividade às culturas, pode melhorar a qualidade química do mesmo.

4 CONCLUSÕES

1. O método da recomendação de calagem utilizando a elevação da saturação de bases apresenta-se adequando para região dos Chapadões pois promove a neutralização de Alumínio tóxico, fornecimento de Ca e Mg e também a elevação do pH, mas é pouco utilizado, pois os solos apresentam deficiência desses nutrientes e muita concentração de Alumínio tóxico disponível para as culturas.

2. A matéria orgânica do solo, associada à prática de calagem é fundamental para elevar a CTC do solo, melhorando as condições nutricionais do solo, que está muito desigual, pois os coeficientes de variação apresentam muito elevados

3. Mesmo com um manejo adequado da fertilidade do solo existe uma ampla heterogeneidade dos atributos químicos na região dos chapadões.

4 REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., orgs. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a. Aproximação. 5.ed. Viçosa, MG, **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, 1999. p. 44-58.

BAIO, F.H.R.; LEAL, A. J. F. Agricultura de precisão: Mapeamento da fertilidade e adubação de taxa variável. **Pesquisa – Tecnologia – Produtividade**, Chapadão do Sul, n. 5, p. 12-18, 2011.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M. D.; PINTO, F. D. A. D. C.; SOUZA, C. M. A. D. Spatial variability of soil attributes in no a no-tillage system with crop rotation in the Brazilian savannah. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M. & PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Solo, 31:1329-1339, 2007.

CORÁ, J.E. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, 2004.

ERNANI, P.R.; FIGUEIREDO, O.R.A.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J.A. Decréscimo da retenção de P pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.159-162, 1996.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n.3, Campina Grande, p. 416-424, 2001.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Potafos**, 1997. 258p.

MONTANARI, R.; CARVALHO, M. P.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. e DALCHIAVON, F. C. Produção de matéria seca da braquiária de acordo com os atributos químicos de um Latossolo em Selvíria, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 60, n.4, p. 519-527, 2013.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fósforo em solos e plantas em condições tropicais. Viçosa, MG: **UFV**, 1999. 399p.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 16-23, 2013.

SILVA, V.R; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 191-199, 2000.

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

CAPÍTULO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS CULTIVADOS DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar e interpretar os atributos químicos do solo de 3100 amostras, totalizando 15.500 ha de áreas cultivadas na região central do Brasil. Objetivou-se avaliar a qualidade química dos solos bem como se está sendo adequada adoção de corretivos e fertilizantes pelos agricultores. Foram amostrados diferentes talhões cultivados com culturas anuais no verão (soja, milho e algodão) e integração lavoura pecuárias, no ano de 2012. As avaliações constaram na determinação dos atributos químicos do solo: pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, V%, m (%), B, Mn, Zn, Cu e Fe e as relações Ca/K, Mg/K, (Ca+Mg)/K. Concluí-se que a grande maioria dos agricultores têm adotado a correção do solo segundo recomendações, refletindo em valores adequados de pH e m% em grande parte das amostras. Os micronutrientes Cu e Zn estão equilibrados, apontando uma correta adoção na adubação dos mesmos. Os solos apresentam em maior porcentagem teores adequados de fósforo, potássio e boro. Portanto, o sistema de produção e manejo da adubação adotada apresenta-se equilibrado quanto a esses nutrientes. Há uma adequada qualidade química do solo quanto aos atributos pH, m%, P, K, B, Zn e Cu. Os valores encontrados para Ca, Mg mostraram que há necessidade de calagem em cerca de 50% das áreas analisadas, pois os teores estão abaixo dos necessários, e o calcário dolomítico é o recomendado.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Solo. Fertilidade do solo. Cerrado.

CHAPTER 2 - CLASSIFICATION OF CHEMICAL ATTRIBUTES OF CULTIVATED SOILS OF CENTRAL REGION OF BRAZIL.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze and interpret the chemical soil samples from 3100, totaling 15.500 ha of cultivated areas in central Brazil. This study aimed to evaluate the chemical quality of the soil as well as being suitable adoption of lime and fertilizer by farmers. Different cultivated with annual crops in summer (soybean, corn and cotton) and livestock farming integration in 2012 plots were sampled. The evaluations consisted in the determination of chemical soil pH, P, K, Ca, Mg, Al, H + Al, V%, m%, B, Mn, Zn, Cu and Fe and the ratio of Ca / K, Mg / K, (Ca + Mg) / K. We conclude that the vast majority of farmers have adopted soil correction according to recommendations, reflecting appropriate pH, m% in most samples. The Cu and Zn micronutrients are balanced, indicating a correct adoption in the fertilization of the same. The soils have greater percentage adequate levels of phosphorus, potassium and boron. Therefore, the system of production and fertilization management adopted presents balanced as these nutrients. There is an appropriate chemical soil quality attributes regarding pH, m%, P, K, B, Zn and Cu. The values found for Ca, Mg showed that liming is needed in about 50 % of the areas analyzed, because the levels are below those needed, and lime is recommended.

KEY WORDS: soil analysis. Soil Fertility. Savannah.

1 INTRODUÇÃO

A última década foi marcada pela preocupação mundial com o impacto ambiental, além da busca de alternativa viável para minimizá-lo, sem acarretar alterações nos padrões de vida da sociedade mundial. Na agricultura, os esforços se concentraram em almejar a recuperação do equilíbrio natural do solo (LEAL et al. 2013), que passa, necessariamente, pelo uso da análise de solo para interpretação e recomendação da correção e adubação desse. Nesse sentido, quando da adoção correta de práticas de manejo da fertilidade do solo, como a calagem e adubação, os atributos químicos apresentaram teores classificados como adequados e esse se apresentará em condição de equilíbrio químico.

Portanto, a interpretação dos valores dos atributos químicos do solo, determinados na análise química do mesmo é um fator determinante na definição das práticas de correção e adubação do solo. Nash & Halliwell (1999) afirmaram que uma correta análise de solo reduz o custo associado a aplicação desnecessária de fertilizantes, reduzindo o risco da contaminação ambiental pela aplicação em excesso, bem como os resultados prejudiciais com possíveis excessos de fertilizantes.

Caires et al. (1999) avaliando as produções de soja, milho e trigo, em Ponta Grossa-PR, verificou que somente a cultura do milho apresentou aumento de produção com a aplicação de gesso. Em decorrência do fornecimento de enxofre, da melhoria do teor de cálcio trocável em todo o perfil do solo, da redução da saturação por alumínio e do aumento da relação Cálcio/Magnésio do solo.

Orlando et al. (1992) avaliando os teores de zinco, cobre, manganês e ferro em dois Latossolos sob plantio direto e convencional concluíram que o sistema de plantio direto no Latossolo de textura argilosa provocou um aumento nos teores de cobre e manganês no solo. Enquanto, no de textura média só ocorreu aumento de cobre na camada de 0 – 0,10 m por causa do PD.

Com as crescentes demandas dos consumidores por uma produção sustentável, serão frequentes os questionamentos sobre possíveis impactos ambientais da produção ou mesmo sobre o equilíbrio e manutenção do potencial produtivo, sendo esses alguns dos quesitos a serem considerados na avaliação da sustentabilidade do sistema. Portanto, é importante a realização de levantamentos relacionados a qualidade dos solos explorados na produção agrícola.

Apesar da análise de solo ser uma prática usual no sistema de produção de culturas anuais no Brasil, poucos trabalhos avaliam sua efetiva adoção, bem como os critérios adotados

para sua interpretação e posterior recomendação de adubação e/ou correção do solo. Além disso, são escassos na literatura trabalhos que avaliam a qualidade química dos solos utilizados intensivamente na produção agrícola, principalmente em região de Cerrado.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar e interpretar os atributos químicos do solo da região dos Chapadões e fazer inferências sobre a recomendação de corretivos e fertilizantes, de acordo com os resultados apresentados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das amostras de solo utilizadas no presente trabalho foi realizada no período de Maio a Setembro de 2012. Foram amostrados diferentes talhões cultivados soja, milho, algodão ou integração lavoura pecuária compreendendo uma área de 15.500 ha e totalizando 3.100 amostras, que foram coletadas pela Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão (Fundação Chapadão) e a empresa Actu.

A região de coleta das amostras é conhecida como região dos Chapadões e compreende os municípios de Chapadão do Sul, Cassilândia, Costa Rica, Água Clara e Paraíso das Águas (região nordeste do Estado de Mato Grosso do Sul), Chapadão do Céu e Mineiros (Sudoeste de Goiás) e Alto Taquari (Sudeste de Mato Grosso).

Os solos amostrados estão localizados predominantemente sobre relevo plano, pertencentes em sua maioria à classe dos Latossolos (EMBRAPA, 1997) e encontra-se em altitude variando de 600 a 900 m. O clima segundo a Classificação de Köppen-Geiger da região de estudo é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando média de 1890 mm de precipitação anual.

A metodologia de amostragem adotada foi segundo metodologia descrita por Baio & Leal (2011), a qual recomenda que as amostras sejam realizadas no contorno do ponto central (raio de 10 m), no caso do presente trabalho essas células possuem área de 5 ha. Portanto, esses pontos estão dispostos aproximadamente a 230 m de distância um do outro. Para amostragem foi utilizando um sistema de trado de rosca elétrico (tipo Saci), sendo coletada a camada de 0 - 0,20 m e retiradas 15 amostras simples por ponto de coleta, que deu origem a uma única amostra composta. Posteriormente, essa foi enviada ao laboratório para análise química.

Foram determinados os seguintes atributos químicos do solo: MO, pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, CTC, CTCe, V%, m%, S e os micronutrientes Fe, Zn, Mn e Cu, sendo que para os micronutrientes o volume de amostras foi menor (718). A caracterização química

foi realizada segundo metodologia recomendada por Embrapa (1997): pH em solução de cloreto de cálcio; P por colorimetria após extração com resina trocadora de íons; K, Ca, Mg e os micronutrientes cátions foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, após extração com solução de Mehlich 1; Para H+Al adotou-se o método da solução tampão SMP. Al foi determinado por titulometria. Foram calculadas as variáveis complementares das análises de solo (CTC a pH 7,0; CTC efetiva, soma de bases (SB), porcentagem de saturação por bases (V%) e porcentagem saturação por alumínio (m%).

Posteriormente os atributos químicos do solo foram analisados segundo a classificação proposta por Sousa & Lobato (2004) para região do Cerrado. Essas análises dos dados permitiram realizar inferências quanto à fertilidade dos solos cultivados nessa região, bem como a qualidade química dos mesmos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de solo apresentam os teores dos atributos químicos classificados desde baixo até adequados. Provavelmente em função de que alguns produtores utilizam corretivos e fertilizantes adequadamente e outros não, pois os solos dentro da microrregião apresentam características químicas diferentes, em função da pedogênese do solo e do intemperismo que é constante. Além da adoção de práticas de manejo para reposição dos nutrientes ao solo, exportados com as colheitas.

Segundo classificação de Sousa & Lobato (2004) para valores de pH, 66% das amostras de solos analisadas apresentaram valores considerados adequados, variando de 4,9 a 5,5. Enquanto, 22% dessas apresentaram teor médio (4,5 a 4,8), enquanto em 7% os valores de pH do solo em Cloreto de Cálcio, são baixos, menores ou igual a 4,4. Em contra partida em 4% das amostras, os valores de pH encontrados são considerados altos (5,6 a 5,8) e apenas 1% esse são classificadas como muito alto, valores acima de 5,9 (Figura 1). Portanto, 27% das amostras avaliadas possuem pH do como fator limitante a produção necessitando da utilização de calcário para elevação do mesmo.

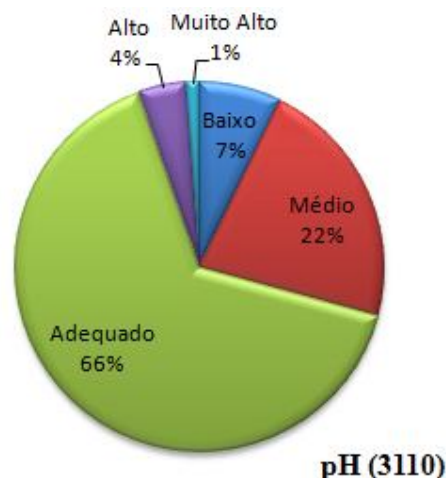


Figura 1 Porcentagem dos valores de pH em CaCl_2 de amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Os solos da região do Cerrado são naturalmente ácidos, havendo a necessidade da adoção da prática da calagem periodicamente para a manutenção dos valores de pH do solo dentro de valores considerados adequados, portanto em 66% das amostras essa prática está sendo realizada com efetividade. Em função de a acidez ser uma característica natural desses solos, sempre o pH tende a valores baixos, com o cultivo desses e a exportação de bases (Ca, Mg e K) pelas colheitas ou lixiviação. Outro fator condicionador da redução do pH do solo, evidenciado por Franchini et al. (2000), é a utilização de frequentes e altas doses de adubação nitrogenada, prática comum nessa região no cultivo de milho e algodão.

A saturação de bases (V%) em 63% das amostras de solo apresentam valores classificados como adequados que variaram de 36 a 60% (Figura 2), 16% possuem valores classificados como médios (21 a 35%), 9% apresentam valores baixos (menor ou igual a 20%). Apenas 11% apresentam valores altos (61 a 70%) e 1% valores muito altos (maiores ou igual a 71%). Leal et al. (2013) ao avaliar a resposta da cultura do milho, durante três anos agrícolas, a modos de aplicação de calcário em sistema plantio direto, em Latossolo Vermelho Distrófico com saturação de bases na camada de 0 – 0,2 m igual a 48%, não obtiveram resposta dessa cultura; Esses autores ressaltam que essa saturação de bases apresenta-se suficiente, em região de Cerrado, sistema de produção de sequeiro e plantio direto. Assim a recomendação de Souza & Lobato (2004) de elevação da saturação de bases a 50%, para essas condições apresenta-se adequada. Nesse sentido, 63% das áreas em questão apresentam saturação de bases próximo do índice considerado adequado para o cultivo de soja ou mesmo da cultura do milho.

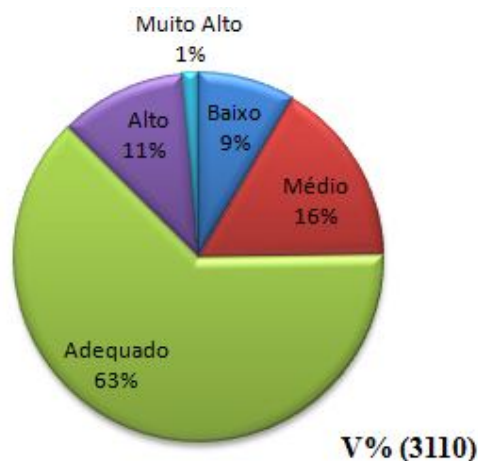


Figura 2 Porcentagem dos valores de saturação por bases (V%) em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Portanto, apesar do sistema de semeadura predominante na região não adotar o preparo do solo, os solos apresentam, em sua maioria, com correção satisfatória. Caires et al. (1999) avaliando as produções de soja, milho e trigo, em Ponta Grossa-PR, em sistema plantio direto, com calcário e gesso aplicados na superfície, relata que essa apresentou eficiência na correção da acidez das camadas superficiais e subsuperficiais do solo e o gesso foi eficiente na melhoria do ambiente radicular do subsolo, causando redução do alumínio trocável e aumento do cálcio e do sulfato, embora tenha provocado lixiviação do magnésio trocável do solo.

Apesar da saturação de bases na maioria das amostras apresenta-se valores satisfatórios (Figura 2), os teores de cálcio (Figura 3), de 45% são classificadas como baixos (menor que $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e 55% das amostras estão com valores adequados ($1,5$ a $7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Resultado semelhante ao obtido para os teores de magnésio (Figura 3), que apresenta os mesmos 55% das amostras estão com valores adequados ($0,5$ a $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

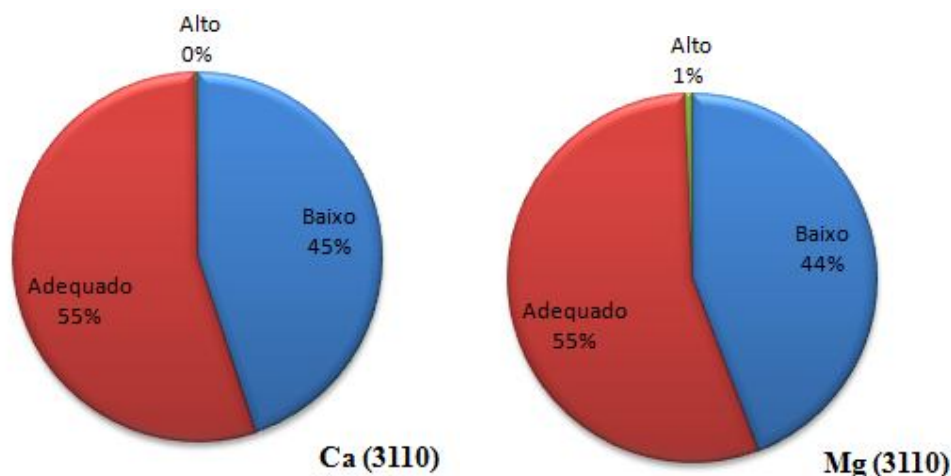


Figura 3 Porcentagem dos valores de cálcio e magnésio em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Resultados obtidos por Leal et al. (2010) nessa região indicam que as melhores produtividades de soja são obtidas em solos com saturação de bases igual ou superior a 50% e teor de magnésio mínimo de $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Portanto, 45% das áreas avaliadas necessitam de maior adição de Ca^{2+} e Mg^{2+} , por meio da aplicação adicional de calcário, principalmente o dolomítico, que representa a fonte mais barata de magnésio utilizada no Brasil. Os resultados obtidos por Caires et al. (1998) avaliaram a soja cultivada em plantio direto, contribuem com essa afirmação ao concluíram que mesmo em condições de alta acidez, é possível obter elevada produção de soja, desde que os teores de cálcio, magnésio e potássio sejam suficientes e os teores de alumínio não sejam muito elevados.

Oliveira & Parra (2003) avaliando a resposta do feijoeiro às relações variáveis de cálcio e magnésio, em um solo que apresenta teores adequados desses nutrientes, observou que não houve resposta do feijoeiro às variações na relação Ca:Mg do solo, tanto no rendimento de matéria seca no estágio de florescimento quanto na produção de grãos, e não permitiu o estabelecimento de uma relação Ca:Mg no solo mais apropriada para o cultivo desta espécie.

Em relação a soma dos dois nutrientes, cálcio mais magnésio (Figura 3) 57% das amostras estão com valores adequados ($2 \text{ a } 9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e 43% foram classificadas como baixo (menor que $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Reafirmando a necessidade de elevar os teores desses nutrientes através da calagem, utilizando calcário dolomítico que fornece ambos ao solo.

Os teores de saturação de alumínio (m%) de 86% das amostras são classificados como baixos (menores que 20%). Enquanto 10% dos solos analisados apresentaram saturação de

alumínio alta (20 a 60%) e em 4% das amostras se apresentaram muito alta (maiores que 60%), Figura 4.

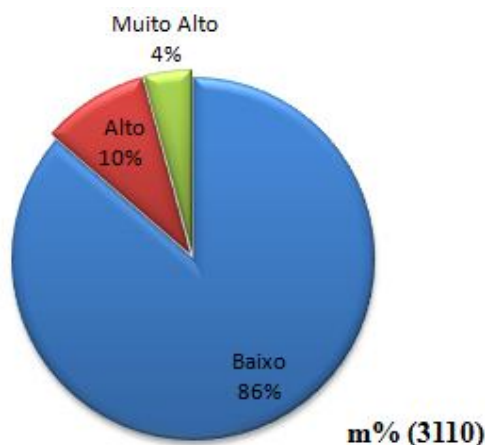


Figura 4 Porcentagem dos valores de saturação por alumínio (m%) em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Paterniani & Fulani (2002) destacam que níveis elevados de alumínio impedem o crescimento radicular das plantas e, aliados a períodos de deficiência hídrica (veranicos), reduzem drasticamente a produtividade do milho, inviabilizando, às vezes, seu cultivo em área de solos ácidos. De acordo Machado (1997) o elevado teor de alumínio no solo, causa alterações na membrana das células da raiz, inibição da síntese de DNA e da divisão celular, inibição do alongamento celular, alterações na absorção de nutrientes e no balanço nutricional, efeito sobre a simbiose rizóbio/leguminosa. Resultados de Joris et al. (2013) confirmam que as culturas de milho e soja quando expostas a stress hídrico, em sistema plantio direto, são mais sensíveis a toxidez de alumínio em suas raízes. Assim, teores de saturação de alumínio acima de 20%, encontrados em 14% das amostras de solo analisadas, promove redução no desenvolvimento das raízes de soja, milho e principalmente de algodão, em consequência limitará a produção dessas culturas.

Analizando os teores de fósforo, extraído pela resina trocadora de íons, para o sistema agrícola sequeiro, das 3110 amostras, 53% apresentam nível classificado como alto (maior do que 20 mg dm⁻³); 31% apresentam nível adequado (15 a 20 mg dm⁻³) e 16% apresentaram valores médios (9 a 14 mg dm⁻³), Figura 5.

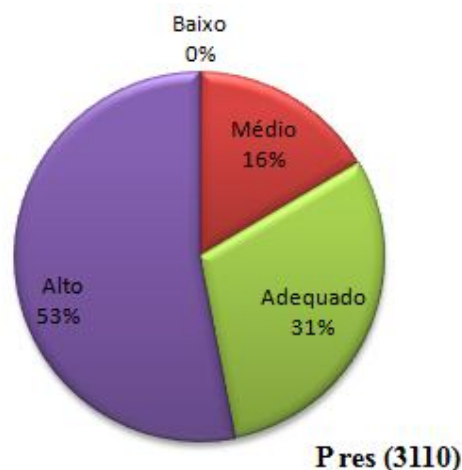


Figura 5 Porcentagem dos valores de fósforo em resina trocadora de íons em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

O fator a ser considerado é que apesar dos solos do Cerrado apresentarem grande capacidade de fixação de fósforo na formulas não disponíveis a absorção das raízes das plantas, a crescente adoção do sistema plantio direto nessa região pode estar contribuindo para minimizar esse problema, melhorando a utilização do fertilizante aplicado.

Segundo levantamentos da Conab e da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP, 2014) a adoção desse sistema de semeadura tem aumentado muito nas últimas duas décadas no Brasil. Dados dessa mesma federação, apontam que no ano de 1992 essa pratica era adotada em uma área inferior a 2 milhões de hectares, enquanto no ano de 2012 estima que a mesma foi adotada em mais de 31 milhões de hectares.

Concordando com essa possibilidade, Loke et al. (2013) em pesquisa de longa duração (mais de trinta anos) em Plintossolo ácido, localizado no semi-árido da África do Sul, apontam que a adoção de sistema plantio direto em detrimento a aração periódica, permite ao logo dos anos aumento nos teores de fósforo no solo. Provavelmente por reduzir os sítios de fixação desse elemento no solo, com aumento das cargas positivas e maior retenção de alumínio e ferro, cátions que precipitam fósforo em solução. Pesquisas realizadas no Brasil também indicam hipóteses semelhantes. Giacomini et al. (2003) avaliando a liberação de fósforo em sistema de plantio direto, em Santa Maria-RS, concluiu que a quantidade de fósforo solúvel esta associado a quantidade de fósforo que as plantas de cobertura incorporaram na sua biomassa.

kluthcouski et al. (2000) avaliaram o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em sistema de plantio direto, no município de Santa Helena-GO, sob cerrado e concluíram que a

ausência de resposta das culturas à adubação indica que a partir de certa concentração de nutrientes no solo, há necessidade de mudança nas quantidades de nutrientes a serem aplicadas para manutenção da fertilidade do solo e posteriormente a obtenção de altos rendimentos pelas culturas, principalmente soja, milho e feijão.

Para interpretação dos teores de potássio, de acordo com a classificação de Sousa & Lobato (2004), os mesmos são divididos em dois grupos (Figura 6), considerando a CTC a pH 7. A primeira classificação se refere aos solos com CTC inferior ou igual a $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e a segunda, respectivamente, os que possuem capacidade de troca catiônica superior a esse valor de referência. No volume de amostras analisadas 27,76% apresentaram CTC inferior a $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, portanto, mais de um quarto do sistema de produção da região se encontra sobre solos frágeis com baixa capacidade de retenção de cátions e consequente grande propensão a lixiviação desses, principalmente do potássio. A classificação dos teores de potássio para os valores de CTC menor do que $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são: baixo (menor ou igual a 15 mg dm^{-3}) 32% das amostras; médio (16 a 30 mg dm^{-3}), 41%; adequada (31 a 40 mg dm^{-3}) 14% e alto (maior do que 40 mg dm^{-3}), 13% dos solos.

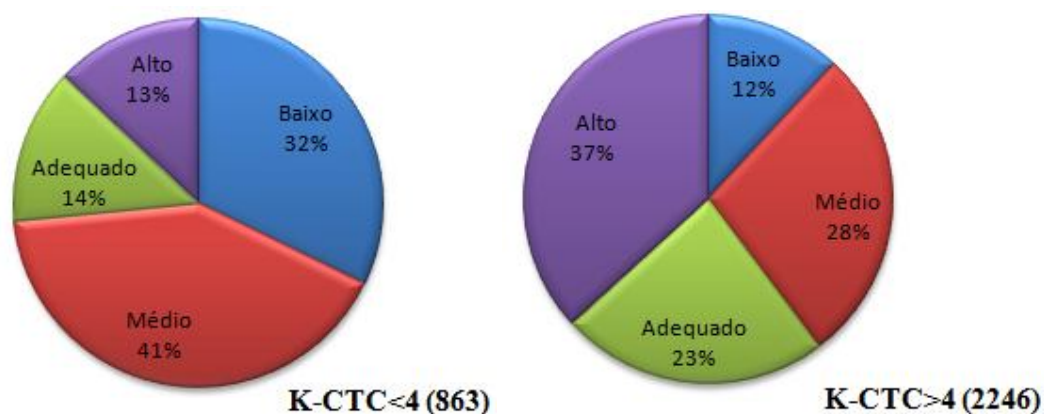


Figura 6 Porcentagem dos valores de potássio em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Como esses solos apresentam baixa CTC, e baixa retenção de cátions de K^+ nos coloides, necessitam de um maior volume de adubação com esse elemento para suprir as necessidades das culturas. Entretanto, sua aplicação deve ser parcelada, pois tem grande propensão a perdas por lixiviação. Assim, essas áreas necessitam de adoção de um sistema de manejo diferenciado, focado na rotação de culturas, sistema plantio direto e culturas de cobertura capazes de promover maior ciclagem desse nutriente, para aumentar a eficiência da

adubação. A rotação de culturas é de grande relevância, pois segundo Franchini et al. (2000) sistemas de rotação podem influenciar os teores de potássio.

Nesse sentido, Torres & Pereira (2008) avaliaram a liberação de potássio sob plantio direto, em diferentes culturas produtoras de cobertura ou “palhada” para o sistema plantio direto em Uberaba-MG. Obtendo que o milheto, aveia, braquiária e a crotalária, nessa ordem promoveram maior liberação desse elemento até os primeiros 42 dias após o manejo. Outro ponto a se destacar é que esses solos, normalmente, propiciam altas respostas a adubação potássica, mesmo com teor classificado como médio. Como a obtida por Uchôa et al. (2009) avaliando doses de potássio em seis variedades de cana-de-açúcar, no cerrado de Boa Vista – RO.

Os teores de potássio para os solos com CTC maior do que $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ apresentaram a seguinte classificação: 37% teor alto (maior do que 80 mg dm^{-3}); 28% classificados como médio (26 a 50 mg dm^{-3}); 23% das amostras estão adequada (51 a 80 mg dm^{-3}) e 12% classificadas como baixa (menor ou igual a 25 mg dm^{-3}). Esse segundo grupo de solos possuem maior capacidade de retenção dos cátions de K^+ nos coloides e normalmente maior teor de matéria orgânica, por isso apenas 12% possuem valores baixos.

Além disso, Leal et al. (2008) encontraram acúmulo de potássio nas camadas superficiais em solos de cerrado com essa característica, manejado em sistema plantio direto a três anos, com aplicação anual de potássio. Esses autores atribuíram esse fato a uma provável extração de K de camadas inferiores, pelas raízes da cultura da soja e principalmente de cobertura (*Sorghum* e *Eleusine coracana*, nesse caso) e sua posterior deposição na superfície do solo, por meio da decomposição dos restos culturais, caracterizando, assim, um processo importante de ciclagem deste nutriente.

As relações entre os teores de cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) no solo são importante em função das possíveis inibições competitivas nos sítios de absorção de cátions em função do desequilíbrio no teor desses no solo, com excesso ou menos teor muito baixo de um desses nutrientes.

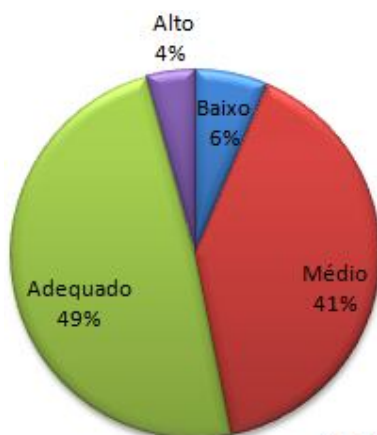
Para a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$ (Figura 7), 41% das amostras estão com valores médios (7 a 14); 31% foram classificadas como adequado (15 a 25); 15% foram classificadas como alto (maior que 25) e 13% foram classificados como baixo (menor que 7). Em função de um teor abaixo do adequando de cálcio em grande número de amostras (Figura 3), a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$ apresentou-se com desequilíbrio em 54% dos solos avaliados.



Ca/K (3103)

Figura 7 Porcentagem dos valores da relação cálcio/potássio em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Assim como ocorreu com a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ os valores baixos de Mg^{2+} (Figura 3), refletiram na relação $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$ (Figura 8), com 49% das amostras apresentado valores adequados (5 a 15); 41% médio (2 a 4); 6% baixo (menor que 2) e em 4% valores classificados como altos (maior que 15).



Mg/K (3103)

Figura 8 Porcentagem dos valores da relação magnésio/potássio em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Em relação a relação $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/\text{K}^{+}$ (Figura 9), apenas 27% estão com valores adequados (20 a 30). Para as demais essa relação se apresenta desequilibrada e os valores com valores muito dispersos.

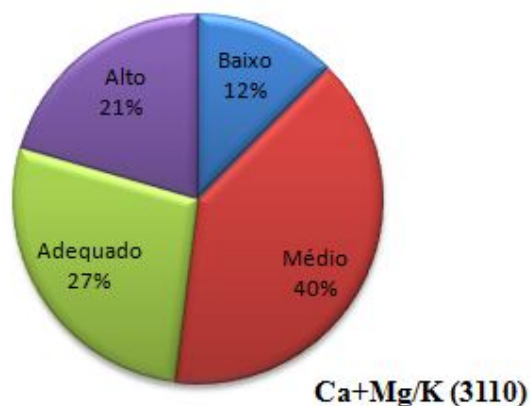


Figura 9 Porcentagem dos valores da relação $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/K^{+}$ em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Para a classificação teores de enxofre Sousa & Lobato (2004) consideram a média aritmética dos teores nas profundidades de 0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m (Figura 10), e onde que os valores 45% das amostras estão com valores baixo (menor ou igual a 4 mg/dm³); 44% foram classificadas como médio (5 a 9 mg/dm³) e 11% foram classificados como alto (maior ou igual a 10 mg/dm³). Mostrando que há necessidade de elevar os valores de S que estão baixos, onde pode ser utilizado o gesso agrícola que é a principal fonte utilizada na região, ou utilizar super simples como fonte de fósforo e enxofre. Caires et al. (1999) avaliando as produções de soja, milho e trigo, em Ponta Grossa-PR verificou que somente a cultura do milho apresentou aumento de produção com a aplicação de gesso em decorrência do fornecimento de enxofre, da melhoria do teor de cálcio trocável em todo o perfil do solo.

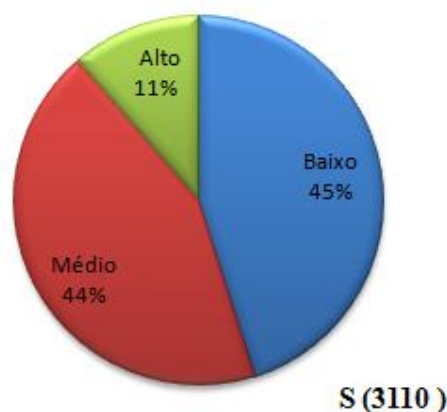
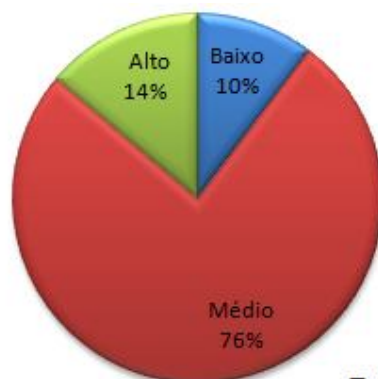


Figura 10 Porcentagem dos valores de enxofre em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Para os teores de boro (Figura 11) 76% das amostras apresentaram teores médios (0,3 a 0,5 mg dm⁻³); 14% altos (maior que 0,5 mg dm⁻³) e apenas 10% teores baixos (menor que

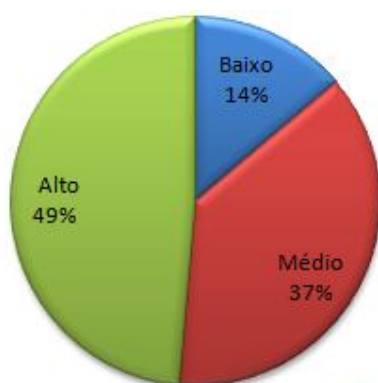
0,2 mg dm⁻³). Como o boro é um nutriente que não está retido nos coloides do solo, sendo facilmente lixiviado, o presente resultado indica uma adoção frequente de adubação com esse micronutriente. Fageria (2000) ao avaliar os níveis de boro adequados e tóxicos no solo, concluiu que a máxima produção de matéria seca da parte aérea foi obtida quando os teores se encontravam entre 0,4 e 4,7 mg kg⁻¹ de solo, nas culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo e as doses tóxicas variaram de 3 a 8,7 mg kg⁻¹ de solo, para as mesmas culturas. Apesar de 14 % das amostras com teores altos, esses não atingiram valores de toxidez.



B (718)

Figura 11 Porcentagem dos valores de boro em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Um grande número de amostras 49% apresenta teores altos de Cu (maior que 0,8 mg dm⁻³); 37% médios (0,5 a 0,8 mg dm⁻³) e 14% teores baixos (menor que 0,4 mg dm⁻³), conforme figura 12. Portanto, a grande maioria das áreas não possuem problemas com relação a esse micronutriente.



Cu (718)

Figura 12 Porcentagem dos valores de cobre em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Em relação aos teores de manganês (Figura 13), 96% das amostras apresentam teores considerados altos (maior que 5 mg dm^{-3}) e 4% foram classificados como médios (2 a 5 mg dm^{-3}). Portanto, os solos da região dos Chapadões não apresentam problemas de deficiência de manganês. Assim, apesar de trabalhos de Junior et al. (2000) relatarem que a calagem em solos da região do Cerrado, reduz a disponibilidade de Mn, portanto essa seria uma preocupação

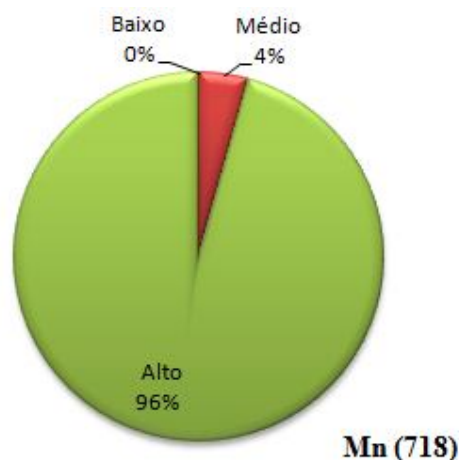


Figura 13 Porcentagem dos valores de manganês em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Entretanto, na presente condição essas preocupações não procederam em função das frequentes aplicações de Mn foliar na cultura soja, prática essa que se tornou praticamente padrão nos cultivos de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato, liberada no Brasil a partir de 2005. Isso porque trabalhos como os de Serra et al. (2011), Santos et al. (2007) e Cakmak et al. (2009), apontaram que a aplicação de glifosato afeta os teores foliares de micronutrientes nessa cultura. Entretanto, após 8 anos agrícolas com o cultivo desses matérias e adoção da adubação foliar frequente com manganês a preocupação passa a ser com os elevados teores desse nutriente no solo, fato que pode culminar com a toxidez dessa as culturas.

Em relação aos teores de zinco (Figura 14) 54% das amostras estão com teores altos (maior que 1,6 mg dm^{-3}); 32% foram classificados como baixo (menor que 1 mg dm^{-3}) e 14% médios (1,1 a 1,6 mg dm^{-3}). Portanto, 68% das amostras apresentam teores de zinco adequados. Fageria (2000) em casa de vegetação em Santo Antônio de Goiás - GO, avaliou os teores adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado e conclui que a resposta variou conforme a cultura, e os teores adequados variaram de 0,5 a 5 mg dm^{-3} e os teores tóxicos variaram de 25 a 94 mg dm^{-3} , pelo extrator Mehlich 1.

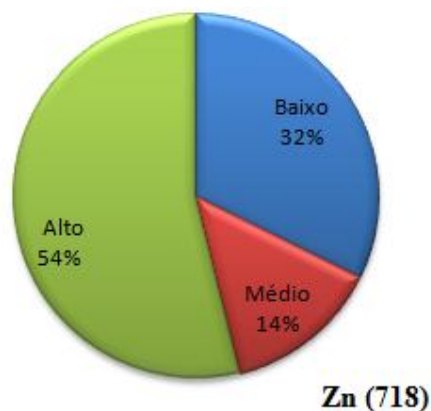


Figura 14 Porcentagem dos valores de zinco em amostras de solos cultivados na região dos Chapadões nas diferentes classes de interpretação da análise de solo, propostas por Sousa & Lobato (2004).

Em relação aos teores de ferro no solo, Sousa & Lobato (2004) não classifica esse micronutriente para os solos do cerrado. Pois, possuem como características de serem ácidos e ricos em óxidos de ferro e ferro solúvel, e a região dos chapadões apresenta 88% das amostras estão com valores acima de 40 mg dm^{-3} ; 10% estão variando de 25 a 40 mg dm^{-3} e apenas 2% com valores menores que 25 mg dm^{-3} .

4 CONCLUSÕES

1. A grande maioria dos agricultores têm adotado a correção do solo segundo recomendações, refletindo em valores adequados de pH e m% em grande parte das amostras.
2. Os micronutrientes Cu e Zn estão equilibrados, apontando uma correta adoção na adubação dos mesmos;
3. Os solos apresentam em maior porcentagem teores adequados de fósforo, potássio e boro. Portanto, o sistema de produção e manejo da adubação adotada apresenta-se equilibrado quanto a esses nutrientes;
4. Há uma adequada qualidade química do solo quanto aos atributos pH, m%, P, K, B, Zn e Cu;
5. Os valores encontrados para Ca, Mg mostraram que há necessidade de calagem em cerca de 50% das áreas analisadas, pois os teores estão abaixo dos necessários, e calcário dolomítico é o recomendado.

4 REFERÊNCIAS

- BAIO, F.H.R.; LEAL, A. J. F. Agricultura de precisão: Mapeamento da fertilidade e adubação de taxa variável. **Pesquisa, Tecnologia e Produtividade**, Chapadão do Sul, n. 5, p. 12-18, 2011.
- 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. **Bras. Ci. Solo**, v. 22, p. 27-34, 1998.
- 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, n. 2, p. 315-327, 1999.
- CAKMAK, I.; YAZICI, A.; TUTUS, Y.; OZTURK, L. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium, and iron in non-resistant soybean. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 31, n.3, p. 114-119, 2009.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 1997.
- FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 390-395, 2000.
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/?i1=34eAcoBnLhRWY05WYsBXYIJXYa12&i2=4b8QYIJXYfd&i3=e46ARQBSZkBSYIJXwece&i4=&i5=34eAcoBnLhRWY05WYsBXYIJXYa12&m=1>. Acesso em 10 de janeiro de 2014.
- FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 459-467, 2000.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.I. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

JORIS, H. A. W.; CAIRES, E. F.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A.; HALISKI, A. Effects of soil acidity and water stress on corn and soybean performance under a no-till system. **Plant and Soil**, V. 365, p. 409-424, 2013.

JUNIOR, J. A. O.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. EFEITOS DO MANGANÊS SOBRE A SOJA CULTIVADA EM SOLO DE CERRADO DO TRIÂNGULO MINEIRO. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1629-1636, 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L.R.; MARCANDALLI, L.H. Aplicação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p. 491-501, 2013.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W.A.S.; MARCANDALLI, L.H.; FRAZOTE, F.H. Utilização de corretivos e fertilizantes na cultura da soja. **Pesquisa, Tecnologia, Produtividade**, Chapadão do Sul, n.4, p. 13 – 23, 2010.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L.R.; MURAISHI, C.T.; BUZETTI, S.; MASCARENHAS, H.A.A. Aplicação de calcário e culturas de cobertura na implantação do sistema plantio direto em cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 2771 – 2777, 2008.

LOKE P. F., KOTZÉ E., DU PREEZ C. C. Impact of long-term wheat production management practices on soil acidity, phosphorus and some micronutrients in a semi-arid Plinthosol. **Soil Research**, v. 51, n. 5, 2013, 415–426

MACHADO, P. L. O. A. Considerações gerais sobre a toxicidade do alumínio nas plantas. **EMBRAPA-CNPS**, Rio de Janeiro, 22P, 1997

NASH, DAVID M.; HALLIWELL, DAVID J. Fertilizers and phosphorus loss from productive razing systems. **Australian Journal of Soil Research**, v. 37, n. 3, p. 403-429, 1999.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S. Resposta do feijoeiro a relações variáveis entre cálcio e magnésio na capacidade de troca de cátions de latossolos. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 27, n. 05, p. 859-866, 2003.

ORLANDO, M. C.; CAMARGO, O. A.; CANTARELLA, H.; VIEIRA, S. D.; FALCIDECHEN, S. C. Teores de zinco, cobre, manganês e ferro em dois latossolos sob plantios direto e convencional. **Bragantia**, v. 51, n. 1, 1992.

PATERNIANI, M. E. A. G.; FURLANI, P. R.. Tolerância à toxicidade de alumínio de linhagens e híbridos de milho em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 61, n. 1, p. 4, 2002.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITAS, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.25, n.1, p. 165 – 171, 2007.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M. E.; CANDIDO, A.C.S.; DIAS, A.C.S.; CHISTOFFOLETI, P.J. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.1, p. 77-84, 2011.

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

TORRES, J L. R.; PEREIRA, M. G.. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 04, p. 1609-16.18, 2008.

UCHÔA, S. C. P.; Júnior, H. D. O. A.; Alves, J. M. A., Melo, V. F.; Ferreira, G. B.. Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de potássio em ecossistema de cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 505-513, 2009.