

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

MONICA CRISTINA REZENDE ZUFFO BORGES

**DETERMINAÇÃO DE Cd, Cu E Zn EM LATOSSOLO VERMELHO SUBMETIDO A  
DIFERENTES SISTEMAS NA REGIÃO DOS CHAPADÕES-MS**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2014

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

MONICA CRISTINA REZENDE ZUFFO BORGES

**DETERMINAÇÃO DE Cd, Cu E Zn EM LATOSSOLO VERMELHO SUBMETIDO A  
DIFERENTES SISTEMAS NA REGIÃO DOS CHAPADÕES-MS**

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Matildes Blanco

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Mato  
Grosso do Sul, para obtenção do  
Título de Mestre em Agronomia, área  
de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS

2014



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**



## **CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

DISCENTE: Monica Cristina Rezende Zuffo Borges

ORIENTADOR (A): Prof.(a) Dr.(a) Matildes Blanco

### **DETERMINAÇÃO DE Cd, Cu E Zn EM LATOSSOLO VERMELHO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS NA REGIÃO DOS CHAPADÕES-MS**

---

Prof.(a) Dr.(a) Presidente

---

Prof.(a) Dr.(a)

---

Prof.(a) Dr. (a)

Chapadão do Sul, \_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

## DEDICATÓRIA

Ao meu esposo, Vespasiano, que sempre me incentivou para a realização dos meus ideais, encorajando-me a enfrentar todos os momentos difíceis da vida.

Aos meus filhos: Caio e Guilherme que são a razão dos meus esforços.

Aos meus pais: Judith e Antonio Guilherme (*In Memoriam*) que sempre me incentivaram e mostraram o valor do estudo.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente, a Deus, pela força e coragem durante toda esta caminhada.

Agradeço minha família que sempre acreditou em mim; a meus pais, Antonio e Judith que sempre me incentivaram, também agradeço ao Tio Regi que sempre me apoiou.

Ao meu esposo, Vespasiano, que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades.

Aos meus filhos Caio e Guilherme pela oportunidade de experimentar a mais pura forma de amor e pela paciência nos momentos em que estive ausente.

A professora Dr. Matildes que confiou irrestritamente no meu trabalho, pelo apoio e amizade na execução desse trabalho.

Ao professor Dr. Cassiano Roque Garcia pela co-orientação, confiança, apoio e incentivo.

Ao parceiro Rafael Belisário Teixeira e Wagner Miotto, pelo apoio nas atividades de campo. Aos amigos de turma : Anderson, Epitácio, Fábio, Rafael pelos momentos de estudo e incentivo.

Aos vários alunos da graduação da Agronomia e Engenharia Florestal, frequentadores do Laboratório de Fertilidade do Solo UFMS/ CPCS que me auxiliariam em diversas etapas.

A todos os professores, técnicos administrativos da UFMS/CPCS que, direta (Aguinaldo, Cléo, Daniel, Meire, Luciano e Kenio) ou indiretamente me ajudaram a construir e realizar este sonho, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

## RESUMO

ZUFFO, MONICA CRISTINA REZENDE BORGES. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. DETERMINAÇÃO DE Cd, Cu E Zn EM LATOSSOLO VERMELHO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS NA REGIÃO DOS CHAPADÕES-MS BLANCO, MATILDES.

A soja é uma cultura de grande importância comercial na produção agrícola da região Centro Oeste. Avanços tecnológicos permitiram o contínuo aumento do rendimento dessa lavoura, contudo, associado ao crescente emprego de agrotóxicos e fertilizantes, os quais podem contribuir como fonte de metais disponíveis na camada superficial do solo. Desenvolveu-se, portanto na UFMS/CPCS um estudo experimental para avaliação da produtividade da soja e dos seguintes atributos químicos do solo: Matéria Orgânica (MO), pH, Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e para os metais Cádmio, Cobre e Zinco determinou-se os teores totais e a fração solúvel em um Latossolo Vermelho distrófico, textura média. Utilizou-se no delineamento experimental blocos casualizados em parcelas sub subdivididas. As parcelas constituíram-se pelos três tipos de preparo do solo: convencional-PC (grade aradora e grade niveladora), mínimo-PM (grade niveladora) e semeadura direta-SD. As subparcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de solo: milho e pousio (inverno). As sub-subparcelas foram as 3 camadas (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) de solo coletado. Nos extratos totais do solo os metais Cu e Zn concentraram-se nas camadas superiores (0-0,10 e 0,10-0,20 m) independentemente dos sistemas de preparo. A avaliação do sistema de manejo, em seu primeiro ano de implantação, não promoveu impactos sobre os atributos químicos (Matéria Orgânica, pH, teores totais e extratos solúveis de Cobre e Zinco) do solo analisado. O solo que tinha como cobertura o milho e o pousio diferiram em relação ao teores de Zn total, sendo no solo com milho determinou-se um menor teor total de Zn. Observou-se que a produtividade foi influenciada pelo preparo do solo, com maior produção de grãos de soja na Semeadura Direta. A Capacidade de Troca Catiônica do solo foi maior nos Preparo Convencional e Preparo Mínimo do solo. O solo que teve o milho como cobertura, apresentou menor teor solúvel do elemento Cádmio no solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manejo do solo. Micronutrientes. Metais.

## ABSTRACT

ZUFFO, MONICA CRISTINA REZENDE BORGES. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. DETERMINATION OF Cd, Cu and Zn in Dystrophic Red SUBMITTED TO DIFFERENT SYSTEMS IN THE REGION OF Chapadões-MS. BLANCO, MATILDES.

Soybean is a crop of great commercial importance in the agricultural production of the Midwest region. Technological advances have enabled the continuous increase in the yield of this crop, however, associated with the increasing use of pesticides and fertilizers, which can contribute as a source of metals available in the topsoil. Developed, so the UFMS / CPCS an experimental study to evaluate soybean yield and soil chemical properties following: Organic Matter (MO), pH, cation exchange capacity (CTC) and for cadmium, copper and zinc metals we determined the total concentration and the soluble fraction in an Oxisol, medium texture. Was used in a randomized block experimental design in sub split plots. The plots were constituted by three types of tillage: Conventional PC (harrow and harrowing), minimum PM (harrowing) and SD direct-seeding. The subplots were established by plants cover crops: millet and fallow (winter). The sub-subplots were 3 layers (0-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m) of soil collected. In total extracts of soil Cu and Zn were concentrated in the upper layers (0-0.10 and 0.10-0.20 m) regardless of tillage systems. A review of the management system in its first year of implementation, not promoted impacts on chemical properties (Organic matter, pH, total content and soluble extracts of Copper and Zinc) in the analyzed soil. The soil that was to cover the millet and fallow differ regarding levels of total Zn, being on the ground with millet was determined a lower total Zn content. It was observed that productivity was influenced by tillage, with increased production of soybeans in direct sowing. The cation exchange capacity of the soil was higher in Conventional Tillage and Minimum Tillage soil. The soil had millet as cover showed lower soluble content of the element Cadmium in soil.

**KEY-WORDS:** Soil management. Micronutrients. Cadmium.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
<b>1</b>	Concentrações médias de Cu, Zn, MO e pH em Latossolo Vermelho distrófico de área submetida aos diferentes Preparos de Solo - janeiro de 2013.	<b>49</b>
<b>2</b>	Produtividade da soja- safra 2012/2013, área experimental UFMS/CPCS.	<b>62</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA</b>		<b>PÁGINA</b>
<b>1</b>	Análise de solo da área utilizada na condução do experimento.	<b>45</b>
<b>2</b>	Análise de variância Matéria Orgânica (MO), pH e teores de Cu e Zn no solo em função dos Preparos do Solo (PS), Cobertura (C), Profundidade (P).	<b>47</b>
<b>3</b>	Valores médios de pH - interação nas diferentes camadas de solos cultivados sob diferentes preparos do solo(PC – Plantio Convencional, PM- plantio mínimo, SD- Semeadura Direta) Chapadão do Sul, MS, 2013.	<b>48</b>
<b>4</b>	Valores médios de Cu e Zn e MO das diferentes camadas em Latossolo Vermelho distrófico. Chapadão do Sul, MS, 2013.	<b>50</b>
<b>5</b>	Valores médios de Cu e Zn no solo em relação a diferentes culturas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, 2013.	<b>51</b>
<b>6</b>	Análise de variância Matéria Orgânica (MO), pH e teores de Cd, Cu, Zn, CTC no solo em função dos Preparos de Solo (PS), Cobertura (C), Profundidade (P).	<b>63</b>
<b>7</b>	Valores médios de pH- interação nas diferentes camadas de solos cultivados sob diferentes preparos de solo (PC – Plantio Convencional, PM- plantio mínimo, SD- Semeadura Direta), Chapadão do Sul, MS, 2013.	<b>64</b>
<b>8</b>	Valores médios de Cu, Zn, MO e CTC em diferentes camadas do solo distrófico. Chapadão do Sul, MS, 2013.	<b>65</b>

<b>TABELA</b>		<b>PÁGINA</b>
<b>9</b>	Valores médios de CTC (Capacidade de troca catiônica do solo)- sob diferentes Preparos do Solo (PC – Preparo Convencional, PM- Preparo mínimo, SD- Semeadura Direta) Chapadão do Sul, MS, 2013.	<b>66</b>
<b>10</b>	Valores médios de Cd nas diferentes coberturas cultivadas no inverno Chapadão do Sul, MS, 2013.	<b>67</b>

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Cultura da soja.....	16
2.2 Manejo do solo.....	17
2.2.1 Sistema de preparo do solo.....	18
2.2.2 Preparo convencional.....	19
2.2.3 Preparo Mínimo.....	20
2.2.4 Semeadura Direta.....	20
2.3 Coberturas.....	21
2.3.1 Milheto.....	21
2.3.2 Pousio.....	22
2.4 Atributos químicos do solo.....	22
2.4.1 Metais Pesados.....	23
2.4.2 pH.....	25
2.4.3 Matéria Orgânica (MO).....	26
2.4.4 Capacidade de Troca Catiônica (CTC).....	27
2.4.5 Micronutrientes- Zinco e Cobre.....	28
2.4.6 Cádmiio.....	29
2.4.7- Extratores.....	29
3 REFERÊNCIAS.....	31

CAPÍTULO 1- Determinação de Cu e Zn no solo com diferentes sistemas de preparo e coberturas.....	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
1 INTRODUÇÃO.....	43
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	44
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4 CONCLUSÕES.....	51
5 REFERÊNCIAS.....	52
CAPÍTULO 2- Avaliação de atributos químicos do solo após cultivo de soja plantada no Cerrado Sul-Matogrossense.....	56
RESUMO.....	56
ABSTRACT.....	57
1 INTRODUÇÃO.....	58
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	59
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4 CONCLUSÕES.....	67
5 REFERÊNCIAS.....	68

## 1 INTRODUÇÃO

A elevada demanda mundial por grãos de soja tem impulsionado o aumento de sua produção, o qual ocorreu associado ao aumento de área agrícola e ao desenvolvimento de novas tecnologias como: melhoramento genético das plantas, técnicas de manejo do solo bem como também devido ao crescente uso de agrotóxicos e fertilizantes.

De acordo com Sano (2008) o Cerrado ocupa uma área de 204,7 milhões de hectares na porção central do Brasil (IBGE, 2004) e engloba parte dos estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins, além do Distrito Federal, com extensas áreas ocupadas com plantios de soja, milho, feijão, algodão, café e cana-de-açúcar.

A soja é uma cultura em plena expansão na região Centro-Oeste e tem grande importância na produção agrícola nacional e na balança comercial. Avanços tecnológicos no desenvolvimento da soja no Brasil, em relação à diversidade de variedades, manejo do solo e de pragas, principalmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) e empresas de insumos agrícolas do setor privado permitiram um aumento continuado do rendimento dessa lavoura, associado, contudo, também ao crescente emprego de agroquímicos (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos).

No manejo do solo, a operação de preparo é uma das práticas mais importantes, pois pode permitir uma alta produtividade das culturas a baixos custos, mas também pode, quando usado de maneira incorreta, levar rapidamente um solo à degradação física, química e biológica e paulatinamente, diminuir o seu potencial produtivo (EMBRAPA, 2005).

No preparo convencional do solo há revolvimento excessivo, normalmente feito pelo uso intensivo de discos, em grades ou em arados, associado a outras práticas de cultivo, causando a pulverização da camada arável e a compactação da camada subsuperficial. Por sua vez, sistemas de manejo com menor revolvimento, como o cultivo mínimo ou o plantio direto, em virtude da maior proteção que conferem ao solo, permitem restrita mobilização da camada arável (BONA et al., 2006).

Bayer e Mielniczuk (1997), estudando as características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas, verificaram por cinco anos que a utilização de sistemas de manejo do solo sem revolvimento e a alta adição de resíduos culturais promoveram o aumento dos teores de carbono orgânico total e da

capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, com reflexos na maior retenção de cátions.

A maioria dos solos sob vegetação do cerrado tem sido diagnosticada como de baixa fertilidade natural, apresentando interferência direta na disponibilidade de nutrientes para as plantas se desenvolverem e atingirem altas produtividades, quando não corrigido por meio da adubação (SILVA J. M. et al., 2009; KLINK et al., 2005).

O uso excessivo de agroquímicos (agrotóxicos ou insumos) muitas vezes tem como destino final a superfície do solo, podendo, portanto causar degradação química do solo e níveis indesejáveis de compostos que podem ser tóxicos, e se transportados contaminar rios, lagoas e inclusive lençóis de águas subterrâneas, dependendo das características dos aquíferos, particularmente das estruturas geológicas, da permeabilidade do solo, etc. (SPIRO; STIGLIANI, 2008).

Os agroquímicos utilizados na agricultura são fontes não pontuais de poluição por metais pesados, sendo as fontes principais as impurezas em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn); os pesticidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn); os preservativos de madeiras (As, Cu, Cr) e os dejetos de produção de animais (Cu, Zn) (ALLOWAY, 1995).

Gonçalves Junior et al. (2000) lista os metais pesados: Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co, Ni, V, Ag, Cd, Cr, Hg e Pb, sendo dentre estes classificados como micronutrientes essenciais o Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Troeh et al. (2007) adiciona a essa lista o elemento Ni e inclui entre os benéficos e indispensáveis para o bom desenvolvimento das plantas o Co e o V e os não essenciais ou tóxicos são o Cd, Cr, Hg, Pb entre outros.

Os metais pesados são elementos cuja densidade ultrapassa  $5\text{g/cm}^3$  ou número atômico superior a 20. Sua presença no solo provém inicialmente do material de origem. Os teores naturais são dependentes da composição do material local, ou seja, de cada tipo de solo, conforme evolução da pedogeomorfologia (COSTA, 2005). Conforme Fernandes et al., (2006) os metais pesados estão naturalmente presentes na constituição de solos e rochas, mas têm se apresentado cada vez mais presente na cadeia alimentar dos animais e do homem.

No solo os metais podem se apresentar em diferentes formas: solúveis, quando os íons ficam livres, podendo ser absorvidos pelas plantas ou então lixiviados; trocáveis, quando são absorvidos em sítios de matéria orgânica ou minerais.

De acordo com diversos autores o grau de mobilidade, atividade e biodisponibilidade dos metais pesados dependem de vários fatores, tais como: pH, temperatura, potencial redox, CTC, competição com outros metais, ligação com ânions e composição, força iônica da solução do solo, superfície específica, textura, densidade aparente, teor de matéria orgânica, tipo e concentração de minerais de argila, além do tipo e do teor de metais (OLIVEIRA; COSTA, 2004; MARTINS et al. 2011).

Silva M.A.G. et al. (2009), Pelozato et al. (2011), Camargo et al.(2000) descrevem diferentes formas de extração dos metais pesados. A determinação do teor de metais pesados em solos pode ser realizada pelo conteúdo total do elemento no solo e pela fração solúvel e trocável, sendo que o conteúdo total do elemento fornece o conhecimento da sua reserva no solo; a fração trocável é uma medida direta da probabilidade de eventuais efeitos prejudiciais ao ambiente (CAMARGO et al., 2000).

De acordo com Mendes et al. (2010) os metais podem ser fito disponíveis pois são incorporados por insumos agrícolas e se acumulam principalmente na camada superficial do solo. Essa situação pode ser agravada quando a quantidade de metal acumulado exceder a capacidade de retenção do solo, logo o monitoramento dos teores de metais pesados, disponíveis em áreas com uso intensivo de agroquímicos nas diferentes fases da planta torna-se essencial para a sustentabilidade agrícola e para a segurança alimentar.

Silva et al. (2007), estudando o efeito da aplicação de fertilizantes com micronutrientes demonstrou a disponibilização dos metais Cd, Pb e Cr para as plantas de soja. Barceló (1992) relata que nem todos os órgãos das plantas possuem a mesma sensibilidade quanto à acumulação de metais pesados, sendo a raiz o órgão que tende a acumular metais pesados. Silva et. al. (2007) também detectou que o Zn é translocado para os grãos e Cd, Cu, Fe, Mn e Pb ficaram restritos a raiz, podendo assim gerar acumulação no solo devido ao sistema de plantio.

Diante do problema gerado pela adição de metais pesados no solo pelo uso de insumos agrícolas, este trabalho teve como objetivo avaliar a presença dos metais Cd, Cu e Zn em diferentes sistemas de preparo do solo (convencional, mínimo e semeadura direta) com diferentes coberturas vegetais, no período de inverno, no solo após a safra da soja 2012/2013 na região do Chapadões-MS.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da soja

A soja (*Glycinemax (L.) Merril*) é uma planta proveniente da China, de comportamento primordial rasteiro e descoberta pelo Ocidente na segunda metade do século XX (EMBRAPA, 2005).

A ampliação da importância da soja no mercado internacional deve-se ao fato de seu grão ser a principal fonte de óleo vegetal comestível e pelo fato do farelo ser amplamente utilizado na formulação de ração. Além disso, a lavoura possui uma alta produção por hectare de proteína, sendo fonte, também para o ser humano de importantes qualidades nutricionais e funcionais destacando-se também como fonte de combustível (MENEGATTI et al., 2007; COSTA NETO, et al, 2000).

A elevada demanda por grãos de soja levaram a um aumento de sua produção, que só ocorreu devido aumento de área de produção e desenvolvimento de tecnologias como: melhoramento genético das plantas, técnicas de manejo do solo e desenvolvimento de agroquímicos e fertilizantes mais eficientes.

A soja é uma das commodities de maior exportação do Brasil, sendo amplamente cultivada no país totalizando uma área de 27,72 milhões de hectares na safra de 2012/2013, apresentando um incremento de 10,7% em comparação com o verificado na temporada 2011/12 – 25.042,2 mil hectares. Na safra 2012/2013 a produção foi de 81.456,7 milhões de toneladas de grãos segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013).

Segundo Fagundes et al. (2013) a produção sul-mato-grossense de soja aumentou em cerca de 880% desde a criação do estado, dados referentes até 2011.

Com relação à composição da cultura, cerca de 90% do peso da planta é água. A disponibilidade desta é diretamente relacionada ao desempenho da cultura, sendo mais crítica em dois períodos de desenvolvimento: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. Além disto, a planta é termo e fotossensível, tendo o rendimento afetado pela época de semeadura e pela temperatura média, a qual deve variar, preferencialmente, de 20°C a 30°C (Embrapa, 2005). Estes fatores foram decisivos para a ocupação do Centro-Oeste pela lavoura, pois o regime pluviométrico e a temperatura média são altamente favoráveis ao cultivo de verão, além da topografia favorável à mecanização (MENEGATTI et al., 2007).

A cultura da soja na região centro-oeste está consolidada, diversos estudos conduzidos pela EMBRAPA, Fundações e Universidades aprimoraram as melhores condições de manejo de solo, manejo de pragas, adequação de cultivares e procedimentos de adubação/fertilização de forma a atingir elevadas produções.

Nesse sentido, em função do uso de fertilizantes fosfatados e aplicação de formulados de micronutrientes Gonçalves Junior et al. (2000); Nava et al. (2011) verificaram que houve disponibilização de Cd, Pb e Cr para as plantas de soja e para o solo nas adubações utilizadas. Silva et al. (2007) ainda concluiu que as raízes de soja limitam a translocação de Cd, Cu, Fe e Pb para a parte aérea, dessa forma esse metais são acumulados no solo. Assim, o manejo do solo e uso de fertilizantes com poucos critérios para boas produções, podem levar ao acúmulo no solo e conseqüentemente nas plantas dos metais pesados.

## **2.2 Manejos do solo**

O manejo do solo consiste em uma série de ações e práticas que visam um melhor aproveitamento do solo. Para se manejar adequadamente o solo não se utiliza apenas uma prática de conservação e sim um conjunto de técnicas. Para cada classe de solo há peculiaridades que condicionam o seu melhor aproveitamento (BERTONI; LOMBARDI, 1999).

De acordo com Troeh et al. (2007), o manejo sustentável é aquele em que não ocorre a degradação do solo e do meio ambiente devendo ainda manter a capacidade produtiva, sendo que as práticas devem ser financeiramente viáveis e socialmente aceitáveis.

O preparo e o manejo do solo podem influenciar as taxas de erosão hídrica ocorridas em um solo, expondo-o em maior ou menor intensidade ao impacto das gotas de chuva e a ação da enxurrada, propiciando a ocorrência de erosão, a qual pode acarretar degradação da estrutura do solo, perdas de solo, nutrientes, água e matéria orgânica, com diminuição da fertilidade química, física e biológica, acarretando sérios danos ao setor agropecuário (OLIVEIRA et al., 2012).

O manejo é importante para preservação da disponibilidade de nutrientes e da fertilidade do solo. Alguns implementos utilizados no preparo das áreas agrícolas podem concentrar os nutrientes superficialmente, criar adensamentos em camadas subsuperficiais e interferir no desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2001).

De forma a tentar proteger o solo da erosão são propostas uma série de sistemas de manejo do mesmo tais como: rotação de culturas, preparo do solo, uso de coberturas mortas, controle de pragas, estudos relacionados a variedades densidades de plantio e datas de semeadura. (TROEH et al, 2007)

### **2.2.1 Sistema de Preparo do solo**

Entende-se como preparo do solo, o conjunto de operações realizadas antes da semeadura. O preparo do solo é uma das operações agrícolas na qual se procura alterar seu estado físico, químico e biológico, de forma a proporcionar melhores condições para o máximo desenvolvimento das plantas cultivadas (GABRIEL FILHO et al., 2000).

Durante o preparo do solo devido as intensidades de revolvimento e de incorporação dos resíduos culturais ocorrem modificações nos teores de matéria orgânica (MO), na capacidade de troca de cátions (CTC), no potencial Hidrogeniônico (pH), na dinâmica dos íons e na agregação do solo. Estas modificações tornam-se mais evidentes, conforme aumenta o tempo de uso da área (TOGNON et al., 1997; DEMARIA et al., 1999; FALLEIROS et al., 2003).

Para Teixeira et al. (2003) em sistemas em que ocorre o maior revolvimento do solo a distribuição dos teores de carbono orgânico e dos micronutrientes ao longo do perfil do solo é mais homogênea. A escarificação tende a acumular os nutrientes no solo de forma similar ao plantio direto, enquanto que as grades e arados tendem a uniformizar a distribuição a maiores profundidades (OLIVEIRA et al., 2001).

Moreti et al. (2007), por sua vez, constataram que a distribuição dos elementos minerais na camada de 0,00-0,20 m de um Latossolo Vermelho foi semelhante entre a semeadura direta e o preparo convencional. Entretanto Lourente et al. (2011) no primeiro ano de avaliação de diferentes manejos do solo, verificaram diferenças nos atributos químicos do solo.

Pereira et al. (2011) estudando diferentes sistemas de preparo (PC, CM e PD) verificaram alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Pereira et al. (2011) e Santos et al. (2012) verificaram que as variáveis pH, MO, K, Ca + Mg e Saturação por base (V%) apresentam redução significativa de suas médias em função do aumento da profundidade e da amostragem.

### 2.2.2 Preparo convencional

O Preparo Convencional (PC) é realizado com arados ou grades pesadas, promovendo revolvimento do solo, além de ser utilizada também para incorporação de insumos agrícolas como: corretivos, adubos além de resíduos vegetais e plantas daninhas ou para descompactação. Na segunda etapa, denominada preparo secundário, faz-se a operação de nivelamento da camada arada de solo, com gradagens de nivelamento do terreno. Como um dos objetivos do preparo do solo é também o controle de plantas invasoras, faz-se a última gradagem niveladora imediatamente antes do plantio (ALVARENGA et al., 2006).

No preparo de solo convencional os resíduos são incorporados na quase totalidade, deixando a superfície susceptível à ação erosiva das chuvas (ARAÚJO, 2008). Como vantagem de se realizar plantio sobre o preparo de solo convencional pode ser mencionado o momento inicial pós preparo, em que a pulverização do solo melhora o contato solo-semente. Segundo Popinigis (1985), este fato facilita a germinação, e no caso da inexistência de um selamento superficial, também facilita a emergência das plântulas. Como ocorre o aumento de espaços porosos, inicialmente há um aumento da permeabilidade do solo aumentando o armazenamento de ar e água facilitando o crescimento de raízes das plantas (BRANAUK et al., 1989). Entretanto o PC pode acarretar sérios problemas com o passar dos anos (GABRIEL FILHO et al., 2000).

Devido ao transito do maquinário agrícola pode ocorrer à compactação das camadas subsuperficiais (GABRIEL FILHO et al., 2000). Nas camadas compactadas, as características químicas e, principalmente, as características físicas do solo são modificadas. Assim, após uma pressão no solo exercida pelas rodas dos tratores e por máquinas agrícolas, ocorre a quebra de agregados. Com essa quebra dos agregados, há o aumento da densidade do solo, ocorrendo simultaneamente redução da porosidade, especialmente poros grandes, havendo diminuição de troca gasosa (oxigênio e dióxido de carbono); limitação do movimento de nutrientes; diminuição da taxa de infiltração de água no solo e aumento da erosão (EMBRAPA, 2006).

O aumento da superfície de contato no solo ocorre devido à desagregação do mesmo, acelerando processos de decomposição e perda do carbono orgânico, assim como a mineralização do nitrogênio e fósforo orgânicos (COSTA C.N. et al., 2006; SILVA, 2012).

### **2.2.3 Preparo Mínimo**

O preparo mínimo (PM) é caracterizado por um conjunto de operações mínimas de preparo do solo, resultado de busca por menores impactos ambientais (CHAER; TÓTOLA, 2007). No preparo mínimo, a mobilização do solo é menor, quando comparado ao sistema convencional, por possibilitar baixa inversão da leiva de movimentação, menor número de operações e baixa incorporação dos resíduos vegetais, apresenta vantagens em relação aos sistemas tradicionais de mobilização, em função do menor custo de preparo e da redução das perdas de solo e água.

A redução da erosão é obtida pela existência dos resíduos culturais na superfície do solo, assim como pelo aumento da rugosidade superficial e da porosidade, melhorando, desse modo, a infiltração de água no seu perfil (DALLMEYER, 1994).

### **2.2.4 Semeadura Direta**

A Semeadura Direta (SD) é um manejo do solo onde os restos vegetais são deixados na superfície do solo. O solo é revolvido apenas no sulco onde são depositadas sementes e fertilizantes. As plantas daninhas são controladas por herbicidas. Para melhor entender os princípios científicos envolvidos na semeadura direta, este passou a ser utilizado como um conjunto composto por um complexo ordenado de práticas agrícolas, inter-relacionadas e interdependentes (KOCHHANN; DENARDIN, 2000). No entanto, apesar das inúmeras vantagens, o não revolvimento do solo aliado ao tráfego de máquinas têm causado frustrações com a adoção dessa tecnologia, motivando o retorno ao preparo convencional solo em algumas áreas. Dentre estes, destaca-se a excessiva compactação do solo em superfície, decorrente da ausência de revolvimento do solo e da ocorrência sistemática do tráfego de máquinas e implementos.

Culley et al. (1987) observaram que na semeadura direta o tráfego das máquinas, associado apenas à semeadura e à aplicação de herbicidas, eliminou os benefícios da baixa resistência à penetração e a capacidade de infiltração.

## 2.3 Coberturas

As práticas vegetativas consistem da utilização de plantas com função de proporcionar coberturas sobre o solo. De acordo com Bertoni e Lombardi (1999) estas plantas além de controlarem a erosão evitam que nutrientes em estado solúvel sejam lixiviados, além de a biomassa proteger a superfície do solo da radiação solar.

Os resíduos vegetais contêm macro e micronutrientes em formas orgânicas lábeis, que podem se tornar disponíveis para a cultura subsequente, mediante a mineralização, contribuindo para uma redução na adubação química (CALEGARI, 2004; CARVALHO et al., 2004).

Santos et al. (2012) estudando os atributos químicos e a estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura, em Latossolo do cerrado, verificaram que as culturas de cobertura influenciaram, de forma diferenciada, nos valores de pH e nos teores dos metais cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio, cobre, zinco e ferro do solo.

### 2.3.1 Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L) Leeke) tem sido usado em muitas regiões do mundo, como alternativa para aliviar o problema da escassez de forragem na época fria e seca do ano. No Brasil, o milheto é uma gramínea cultivada na entressafra, constituindo-se como uma das principais coberturas vegetais usada na semeadura direta na região do Cerrado, caracterizando sua grande importância na ciclagem de nutriente e conservação do solo (SILVA et al., 2003; BOER et al., 2007).

A cobertura do milheto apresenta bom comportamento na maioria dos solos, desde que não estejam sujeitos ao encharcamento, desenvolvendo-se melhor do que outros cereais nos solos arenosos. Além do mais apresenta apreciável produtividade de massa seca naqueles de baixa fertilidade, pela sua alta eficiência na absorção de água e nutrientes (LUPATINI, 1996). Um dos seus efeitos úteis é a cobertura do solo com massa seca, que exerce proteção contra intempéries, além de liberar quantidades consideráveis de nutrientes nas camadas superficiais do solo (NETTO, 1998). Em condições de solo e clima às vezes bastante inóspitos, o milheto desenvolve um sistema radicular profundo, que permite à planta aproveitar melhor os nutrientes que estão abaixo da camada superficial do solo, além disso, as grandes raízes auxiliam na descompactação, reestruturação do solo e permite

acesso à água em períodos de seca (SALTON et al., 1998). A capacidade que o milheto tem de aproveitar os nutrientes do solo permite um crescimento vigoroso, chegando a 2 metros de altura; a lenta decomposição de sua palhada, liberando lentamente os nutrientes absorvidos pela planta, tornando-os disponíveis para as culturas subsequentes (CHAGAS, 2004).

### **2.3.2 Pousio**

Outra forma de manejar o solo na entressafra muito utilizado nas áreas de cultivo no cerrado brasileiro é o chamado “pousio” no qual a cobertura é proporcionada por plantas que surgem espontaneamente, essa cobertura compõe a maior parte das áreas cultivadas em SD, muitas vezes em razão do desconhecimento dos benefícios das plantas de coberturas para a manutenção do potencial produtivo do solo (CALEGARI, 2004). Segundo Sanchez et al. (1993), o período de pousio não aumenta a fertilidade do solo por si próprio, e sim pelo acúmulo de carbono na matéria orgânica e fixação de nitrogênio atmosférico. Os pousios acumulam nutrientes na biomassa da planta, que podem ser extraídos pelas colheitas futuras, após mineralização.

## **2.4 Atributos químicos do solo**

Os solos diferem entre si em uma série de atributos e propriedades tais como: composição mineralógica, granulometria, profundidade, riqueza de nutrientes, porosidade etc. Sendo que o conjunto dessas características é que afetarão a produtividade (RAIJ, 1991).

Falleiro et al. (2003) comparando semeadura direta e preparo convencional do solo verificaram que os preparos influenciaram nas propriedades químicas e físicas do solo, havendo incremento nos valores de MO, pH, CTC efetiva,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , K e P, na camada superficial da SD, em relação às demais profundidades.

Silveira et al.(2002); Teixeira et al. (2003) verificaram variações entre os preparos do solo: preparo direto, preparo mínimo e semeadura direta para os micronutrientes Cu, Zn, Fe, Mn, B, matéria orgânica (MO) e argila do solo nas camadas superficiais, sendo maiores as médias nos sistema com menor revolvimento do solo.

Spera et al. (2011) avaliaram os efeitos de diferentes tipos de manejo de solo e rotações de culturas em relação aos macronutrientes e ao pH do Latossolo

Vermelho distrófico (LVd), nos manejos de preparo direto e preparo mínimo, e após 22 anos, de estudos concluíram que os atributos químicos analisados não foram afetados.

#### **2.4.1 Metais Pesados**

O termo Metal Pesado é geralmente adotado como um sinônimo para metais e metaloides e estão associados à poluição e toxicidade, porém deve-se ressaltar que a toxidez de um determinado elemento ou molécula tem relação direta com sua concentração no meio ambiente. Logo entre os metais pesados são incluídos alguns elementos como Cobre e Zinco que são essenciais para os organismos vivos em baixas concentrações.

Os níveis de alguns metais pesados aumentaram lentamente desde o início do século em solos agricultáveis devido principalmente, à disposição atmosférica e a aplicação de aditivos nos alimentos dos animais, aos fertilizantes de uso comercial, herbicidas, inseticidas e aos lodos de esgoto e de indústrias aplicados ao solo. (CHERAGHI et al., 2012; JINADASA et al., 1997; Mc BRIDE, 1995).

Gimeno-Garcia et al. (1996) estudaram a presença dos metais pesados, como impurezas de fertilizantes e pesticidas aplicados a solos agrícolas, tendo encontrado que as adições mais significativas foram de Mn, Zn, Co e Pb. Segundo Tiller (1989) os metais pesados encontrados em vários agrotóxicos como sais de Zn, arsenatos de Cu e Pb, compostos metalo-orgânicos, devido ao crescente uso deles têm se tornado elevado os níveis de contaminação do solo com esses elementos.

Sem a interferência humana, as concentrações naturais dos metais pesados no solo são muito variáveis e dependem do seu conteúdo no material de origem e do grau de intemperismo do solo (KING, 1996). A redução da concentração de metais no solo pode diminuir muito vagarosamente por processos como: lixiviação, absorção por plantas ou erosão (KABATA PENDIAS; PENDIAS, 1994).

A quantidade de metais no solo é distribuída em frações, podendo estar presentes como íons livres, complexos organo-minerais solúveis ou adsorvidos nas partículas do solo (NACHTIGALL et al., 2007). De acordo com Costa (2005), os metais encontram-se na maioria das vezes em quantidades e formas que não representam risco para o meio ambiente. Porém, com as demandas crescentes por produção agrícola, esse cenário vem sofrendo transformações, onde ocorre aumento dos níveis considerados naturais.

A concentração total de metais pesados no solo geralmente é um indicador limitado em termos de disponibilidade destes elementos, pois existem diferentes formas do mesmo elemento tanto na fase sólida do solo como na solução do solo, variando assim amplamente a sua biodisponibilidade (KABALA; SINGH, 2001).

Os metais pesados podem estar em diferentes fases no solo: solúvel em água e trocável, ligado a óxidos, ligado a carbonatos, ligado à matéria orgânica e na forma residual em estruturas dos minerais. As fases solúveis em água e trocáveis são consideradas biodisponíveis, as fases ligadas a óxidos, carbonatos e matéria orgânica podem ser potencialmente biodisponíveis, enquanto que a fase residual não é disponível para as plantas e microrganismos (ABREU et al., 2007; KABALA et al., 2001).

Os minerais contidos na fração argila no solo são os responsáveis pela retenção e distribuição da água, nutrientes, calor e gases. Em solos tropicais, a mineralogia é relativamente simples, sendo constituídos principalmente de caulinita -  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ , óxidos de ferro (hematita-  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , goetita-  $\text{FeO}(\text{OH})$  e maghemita-  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), óxidos de alumínio (gibbsita-  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) e menores proporções de minerais do tipo 2:1 (vermiculita- $(\text{MgFe,Al})_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) (COSTA et al., 2002).

Nos óxidos de ferro, alumínio e manganês e, nas periferias das argilas silicatadas, as adsorções de íons metálicos podem ocorrer por meio da formação de ligações covalentes ou eletrostáticas com os grupos funcionais da superfície dos óxidos. Nos argilominerais expansivos, os grupos funcionais estão presentes nos espaços octaédricos das estruturas cristalinas e, nestes sítios, supõe-se que alguns metais sejam fortemente adsorvidos como complexos de esfera interna (COSTA et al., 2002).

Alguns tipos de solo possuem a capacidade de reter os metais pesados, porém se esta for ultrapassada esses metais podem ser lixiviados e conseqüentemente contaminar as águas superficiais e subterrâneas, bem como entrar na cadeia alimentar dos organismos vivos (COSTA, 2005).

Portanto, a biodisponibilidade dos metais está relacionada ao equilíbrio químico entre a fase sólida e líquida do solo. Esses processos controlam as concentrações de íons metálicos e complexos na solução do solo, exercendo, assim uma grande influência sobre a sua absorção pelas raízes. Diversos mecanismos diferentes podem ser envolvidos na adsorção de íons metálicos, incluindo troca

catiônica (ou adsorção não-específica), complexação orgânica e a co-precipitação. (MARTINS et al., 2011).

#### **2.4.2- pH**

O pH é uma das propriedades químicas do solo mais importantes para a determinação da produção agrícola (FAGERIA; SANTOS, 2000). O conhecimento da relação entre a acidez do solo e o crescimento e desenvolvimento das plantas é fundamental para o estabelecimento das práticas corretivas dessa acidez, que visem à maior eficiência, tanto dos sistemas de produção agrícola como do uso dos recursos naturais (SOUZA et al., 2007). Segundo Raij (1991) a condição mais apropriada para a maioria das culturas é a faixa de reação que vai de solos ligeiramente ácidos a ligeiramente alcalinos.

O pH de um solo indica a concentração de íons de  $H^+$  na solução do solo, que estão em equilíbrio dinâmico com as superfícies carregadas negativamente das partículas do solo. Íons de hidrogênio são fortemente atraídos para a superfície de cargas negativas, e eles têm o poder de substituir a maioria dos outros cátions, isso ocorre devido a seu pequeno raio atômico. As reações no solo são fatores preponderantes para controlar o comportamento químico dos metais e em muitos outros processos importantes no solo (CAMPOS, 2010).

A calagem é uma prática utilizada para correção da acidez do solo e, quando realizada de modo adequado, eleva o pH e a saturação por bases, além de fornecer Ca e Mg. A elevação do pH tem influência direta na redução da toxidez por Al, podendo alterar a disponibilidade de nutrientes para as plantas (MIRANDA; MIRANDA, 2000). O pH do solo influencia também a atividade de microrganismos do solo que estão ligados com a mineralização da matéria orgânica, nitrificação, fixação biológica de nitrogênio e infecção do sistema radicular com micorrizas, que aumentam a disponibilidade de nutrientes. De acordo com Abreu et al. (2007) as deficiências dos micronutrientes estão associadas à calagem excessiva e a consequente elevação do pH do solo.

Devido a elevação do pH, os cátions ficam adsorvidos aos colóides do solo, tendo assim sua disponibilidade e transporte afetados (MARTINS et al. 2011; TISDALE et al.; 1985).

Joris et al. (2012) verificaram que a calagem superficial no plantio direto (PD) em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) aumentou o pH do solo em todas as

camadas estudadas, resultando no incremento da adsorção de Cu, Zn, Cd e Ni, principalmente, na camada superficial. Observou ainda que, a calagem alterou a dinâmica dos metais pesados no solo, sendo, portanto uma estratégia eficiente com potencial para minimizar problemas ambientais com Cu, Zn, Cd e Ni no preparo direto.

Teixeira et al. (2003) correlacionaram em Argissolo Vermelho-Amarelo os maiores valores de pH, teores de carbono orgânico, cobre, manganês e zinco na camada de (0-0,10m) do solo sob semeadura direta em relação a preparos com revolvimento do solo.

#### **2.4.3- Matéria Orgânica (MO)**

A matéria orgânica do solo é uma mistura de compostos em vários estágios de decomposição, resultantes da degradação biológica de resíduos de plantas e animais (CAMPOS, 2010). O efeito favorável de matéria orgânica na produtividade dos solos deve-se ao efeito de agregação, com conseqüente melhoria da aeração e aumento da retenção de nutrientes e água no solo, além do fornecimento de nutrientes as plantas (RAIJ, 1991).

A matéria orgânica é o atributo do solo mais sensível às transformações desencadeadas pelos sistemas de manejo submetido ao preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto (BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Matéria orgânica do solo tem influência importante sobre as propriedades químicas do solo, e pode ser dividida em "substâncias" húmicas não húmicas. Os compostos orgânicos apresentam ampla variedade de grupos funcionais, incluindo carboxila, fenólico hidroxila, carbonila, éster e possivelmente quinonas e grupos metoxi, em função dos diversos grupos iônicos na matéria orgânica, ela passa a ser mais um sítio de adsorção de cátions no solo (CANELLAS; SANTOS, 2005).

Almeida et al. (2005), estudando diferentes manejos verificaram que nos solos com menor revolvimento os teores de carbono orgânico foram mais elevados, evidenciando a importância do sistema de preparo no incremento paulatino dos níveis de matéria orgânica do solo nas camadas superficiais.

#### 2.4.4 CTC- Capacidade de Troca Catiônica

A CTC é uma propriedade que permite aos solos reter diversos elementos, esta propriedade tem origem em um excesso de carga elétrica existente nas partículas sólidas do solo, assim define-se como CTC a quantidade de cátions que um solo é capaz de reter por unidade de peso (RAIJ, 1991).

Em razão da superfície eletricamente carregada que apresentam as argilas coloidais, as substâncias húmicas, e os sesquióxidos de ferro e alumínio (principais componentes da fração mineral dos solos sob condições tropicais), os íons e moléculas polarizadas são atraídos ligando-se a estes componentes de forma reversível (EMBRAPA, 2010). O sistema tende a permanecer eletricamente neutro, logo o tamanho dos íons e contra íons hidratados influenciará na retenção dos mesmos (RAIJ, 1991).

A maioria dos metais pesados (com algumas exceções, incluindo os metalóides As, Sb, e Se, e os metais de Mo e V) pode ser encontrada como cátions em soluções de solo, dependendo do pH do meio e, por conseguinte, a sua adsorção depende da densidade de cargas negativas sobre as superfícies dos colóides. A fim de manter a eletroneutralidade, a carga negativa de superfície é equilibrada por uma quantidade igual de carga oposta contra íons. (COSTA E. A. et al., 2006).

A CTC dos solos é muito maior do que a sua capacidade de permuta aniônica (CTA), isso ocorre devido ao maior número de cargas negativas sobre as superfícies coloidais. Essas cargas negativas são de dois tipos: (i) os de encargos permanentes (independente do pH), e são devidos às substituições isomórficas de íons maiores, espécies dentro de minerais e efeitos de borda em minerais de argila, (ii) de encargos dependentes do pH na matéria orgânica, ou seja, a carga variável é negativa e tem sua origem na dissociação de hidroxilas de grupamentos carboxílicos, fenólicos, enólicos etc (FONTES, 2001).

Como a CTC é um atributo que está relacionada à matéria orgânica no solo, estes podem ser influenciados pelo manejo do solo, pois a exposição da biomassa ao ar, água podem alterar o tempo de decomposição, dessa forma influenciando diretamente a CTC.

#### 2.4.5 Micronutrientes- Cobre e Zinco

Os elementos químicos podem ser classificados como: essenciais, benéficos e tóxicos. Os essenciais são aqueles que em sua ausência as plantas não completam seu ciclo, benéficos são aqueles que proporcionam algum ganho para as plantas, e os tóxicos são os que prejudicam o desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Entre os elementos químicos são micronutrientes essenciais o Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e o Ni; entre os benéficos e indispensáveis para o bom desenvolvimento das plantas estão o Co e V, sendo que a falta dos benéficos não é um fator limitante para o desenvolvimento das plantas; e os não essenciais ou tóxicos são o Cd, Cr, Hg, Pb entre outros (TROEH et al., 2007).

Os elementos químicos Cobre e Zinco podem estar presentes no solo devido ao material de origem e as adições antrópicas. As adições antrópicas ocorrem com o uso de fertilizantes e corretivos, uso de resíduos orgânicos como adubos, lixo urbano, lodo de estações de tratamento de esgotos e resíduos industriais.

Partindo do pressuposto de que os metais Cobre e Zinco são elementos essenciais para as plantas, sua deficiência causa morte às plantas. Em função disso, a Embrapa preconiza os teores aceitáveis para solos agricultáveis, sendo considerado teores adequados os valores superiores a  $0,33 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Cobre e de  $0,60 \text{ mg.dm}^{-3}$  de Zinco, extraídos em Melich 1.

Os micronutrientes: Zinco e Cobre tem baixa mobilidade em solo bem drenado, além disso, tem sua disponibilidade fortemente afetada pela elevação do pH do solo (RAIJ, 1991). À medida que o pH aproxima-se da faixa mais adequada para o desenvolvimento das principais culturas ocorre uma redução na disponibilidade destes elementos por precipitação e complexação (LEAL et al., 2011).

Os processos de adsorção de Zinco a constituintes do solo, que refletem o fator capacidade adsortiva do Zinco no solo, como óxidos de ferro e alumínio, teor de argila e conteúdo de matéria orgânica fazem com que a disponibilidade desse nutriente varie no solo de forma inversa a esses constituintes. O Cobre ocorre nos sólidos e na solução do solo quase que exclusivamente na forma de Cu (II). As formas do estado reduzido monovalente e metálico são possíveis somente em solos

sob condições de redução, especialmente na presença de íons de enxofre e halogênios (ORTIZ, 2007).

De acordo com Alleoni et al. (2005) o pH do solo influenciou significativamente na adsorção do Cu e Zn nos solos (Latosolos, Nitossolos e Argilossolos), devido a alterações na densidade de carga elétrica da superfície dos minerais de carga variável, com o aumento do pH, ocorre a dissociação de  $H^+$  de grupos  $OH^-$  da matéria orgânica e de óxidos de Fe e de Al, aumentando assim as cargas negativas, o que possibilita maior adsorção dos cátions.

#### **2.4.6 Cádmio**

O elemento Cádmio é considerado tóxico para as plantas e animais, sendo que o mesmo pode ser adicionado ao solo através de restos de metais fundidos, lixo urbano, fertilizantes fosfatados e calcários (RAIJ, 1991).

O cádmio é considerado pouco móvel em pH básicos, e apresenta certa mobilidade em solos ácidos, tem sua disponibilidade acentuada em meio ácido, sendo facilmente absorvido e translocado pelas plantas (JULIATTI et al., 2002).

Linhares et al. (2008) e Alleoni et al. (2005) estudando adsorção de metais em seis e três classes de solo, respectivamente, verificaram que a adsorção do Cádmio foi influenciada pelos atributos: pH, capacidade de troca catiônica, teores de matéria orgânica e óxidos de ferro.

#### **2.4.7 Extratores**

Como os metais se distribuem nas fases sólida e líquida do solo, através de ligações químicas covalentes, iônicas ou por meio de interações intermoleculares não é fácil definir uma solução extratora.

Na Europa o extrator recomendado para determinação de metais pesados em solos contaminados é a água régia ( $HNO_3 + HCl$  – numa proporção de 3:1) (URE, 1990 apud PELOZATO, 2011), enquanto que os métodos USEPA 3050 e 3051 são intensamente utilizados nos EUA (CHEN e MA, 1998 apud PELOZATO, 2011). No Brasil o método recomendado para determinação das concentrações limites é o método USEPA 3050 B, indicado na resolução CONAMA nº 420/2009.

Os ácidos minerais concentrados como ácido nítrico e perclórico tem sido utilizados para a determinação de metais “totais”, onde a digestão é bastante vigorosa para solubilizar os metais ligados à matéria orgânica e às superfícies dos argilominerais, mas não o suficiente para dissolver os metais ligados ao retículo cristalino dos minerais (ALLOWAY, 1990).

Silva (2011) estudando metodologias de extração para micronutrientes em solos do Paraná avaliou três tipos de extratores ácidos: (Mehlich 1), na proporção solo/extrator de 1:5 e 1:10, um extrator ácido complexantes (Mehlich 3), na proporção de 1:10, e um complexante (DTPA), na proporção 1:2. Os teores mais altos de Zn, Cu, Fe e Mn ocorreram com o uso do extrator (Mehlich 1). Observou por fim que o extrator (Mehlich 1) além de ser eficiente apresenta como vantagem o baixo custo para análises de rotina em laboratório.

Pelozato et al. (2011) comparou a eficiência de extração dos teores totais de metais pesados usando os métodos USEPA 3050B, Tedesco ( $H_2SO_4 + H_2O_2$ ) e Água Régia, com determinação por espectrofotometria de absorção atômica com atomização por chama. Esses autores verificaram que o método USEPA 3050 B foi capaz de extrair as maiores quantidades de Cd, Cu e Zn dos solos sendo contudo, o de maior custo.

### 3 REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G. **Micronutrientes**. In: In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L.. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, p.645-736, 2007.
- ALLEONI, L.R.F.; IGLESIAS, C.S.M.; MELLO, S.C.; CAMARGO, O.A.; CASAGRANDE, J.C.; LAVORENTI, N.A. Atributos do solo relacionados à adsorção de cádmio e cobre em solos tropicais. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 27, n.4, p.729-737, 2005.
- ALLOWAY, B.J. **The origins of heavy metals in soils**. 2ª ed. New York: Blackie Academic and Professional Publ, 1995, 368p.
- ALMEIDA, J.A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; JUNIOR, W.A.Z. PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM CAMBISSOLO HÚMICO SOB PREPARO CONVENCIONAL E SEMEADURA DIRETA APÓS SEIS ANOS DE CULTIVO. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.29, p. 437-445, 2005.
- ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C.; NOVOTNY, E.H. MANEJO DE SOLOS. **Embrapa Milho e Sorgo Sistemas de Produção**. 2ª ed. 2006. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_2ed/manpreparo.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/manpreparo.htm) > Acesso em 28 mar. 2014.
- ARAUJO, M.A. de. **Modelos agrometeorológicos na estimativa da produtividade da cultura da soja na região de Ponta Grossa**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. **Suelo y Planta**, v.2, n.2, p.345-361, 1992.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.21, p.235-239, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; FILHO; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.

BONA, F.D.; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. CARBONO ORGÂNICO NO SOLO EM SISTEMAS IRRIGADOS POR ASPERSÃO SOB PLANTIO DIRETO E REPARO CONVENCIONAL. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.30, p.911-920, 2006.

BRAUNACK, M.V.; DEXTER, A.R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates. **Soil e Tillage Research**, v.14, p.259-279, 1989.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.80, p.62-70, 2004.

CAMARGO, M. S.; ANJOS, A. R. M.; ROSSI, C.; MALAVOLTA, E. Adubação Fosfatada e metais pesados em latossolo cultivado com arroz. **Scientia Agrícola**. v.57, n.3, p.513-518, 2000.

CAMPOS, M. C. C.; Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. **Ambiência**. Guarapuava. v.6, n.3, p.547 – 565, 2011.

CANNELAS, L.P.; SANTOS, G.A. **Humosfera : tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, 2005, 309 p.

CARVALHO, M.A.C.; ATHAYDE, M.L.F.; SORATTO, R.P; ALVES, M.C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, 2004.

CHAER, G.M.; TÓTOLA, M.R.; Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores e qualidade do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.31, p. 1381-1396, 2007.

CHAGAS, R. C. S. **Avaliação de fontes de silício para as culturas do arroz e milho**. Piracicaba. 2004. 80p. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CHERAGHI, M.; LORESTANI, B.; MERRIKHPOUR, H. Investigation of the Effects of Phosphate Fertilizer Application on the Heavy Metal Content in Agricultural Soils with Different Cultivation Patterns. **Biol Trace Eleme Res.** v. 145, p.87-92, 2012.

**CONAB** – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira : grãos, QUARTO levantamento, fevereiro de 2013.

**CONAMA**. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. "Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.", Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, nº 249, de 30/12/2009. p.81-84.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p.4. 2000.

COSTA, A.C.S.; ALMEIDA, V.C.; LENZI, E.; NOZAKI, J. DETERMINAÇÃO DE COBRE, ALUMÍNIO E FERRO EM SOLOS DERIVADOS DO BASALTO ATRAVÉS DE EXTRAÇÕES SEQUÊNCIAIS. **Química Nova**, v. 25, p.548-552, 2002.

COSTA, C. N. **Biodisponibilidade de metais pesados em solos do Rio Grande do Sul**. 2005. 105p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

COSTA, C. N.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. **Fundamentos de química do solo**. 3ª ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006, p. 213 – 250.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, jul.2006.

CULLEY, J.L.B.; LARSON, W.E; RANDALL, G.W. Physical properties of a typicHaplaquoll under conventional and no-tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v.51, p.1583-1587, 1987.

DALLMEYER, A. U. **Avaliação energética e desempenho operacional de equipamentos de preparo do solo**. 1994. 168 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.23, p.703-709, 1999.

EMBRAPA SOJA, **Tecnologia de Produção da Soja- Região Central do Brasil**. Londrina, PR. 2006. 239p.

EMBRAPA. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja Região Central do Brasil 2004**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 237 p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 262 p.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A.B. Influência do pH na produtividade do feijoeiro no sistema plantio direto em solo do cerrado. Disponível em: <[www.cnpfa.embrapa.br/conafe/pdf/conafe2000.pdf](http://www.cnpfa.embrapa.br/conafe/pdf/conafe2000.pdf)>. Acesso em: 29 dez. 2013.

FAGUNDES, M.B.B; SIQUEIRA, R.P. Caracterização do sistema agroindustrial da soja em Mato Grosso do Sul. **Revista Política Agrícola**. v.3, p.58-72, 2013.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p.1097-1104, 2003.

FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 305p.

FONTES, M.P.; CAMARGO, O.A.; SPOSITO, G. ELETROQUÍMICA DAS PARTÍCULAS COLOIDAIIS E SUA RELAÇÃO COM A MINERALOGIA DE SOLOS ALTAMENTE INTEMPERIZADOS. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.627-646, 2001.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A.C.S.; STROHHAecker, L.; HELMICH, J.J. PREPARO CONVENCIONAL E CULTIVO MÍNIMO DO SOLO NA CULTURA DE MANDIOCA EM CONDIÇÕES DE ADUBAÇÃO VERDE COM ERVILHACA E AVEIA PRETA. **Ciência Rural**, v.30, n.6, p.953-957, 2000.

GIMENO-GARCIA, E.; ANDREU, V.; BOLUDA, R. Heavy Metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. **Environmental Pollution**, Kidlington, v.92, n.1, p.19-25, 1996.

GONÇALVES JUNIOR, A.C.; LUCHESE, E.B.; LENZI, E. Avaliação da fitodisponibilidade de Cádmio, Chumbo e Cromio, em soja cultivada em Latossolo Vermelho Escuro tratado com fertilizantes comerciais. **Química Nova**. v. 23, n2, p 173-177, 2000.

JINADASA, K.B.P.N.; MILHAN, P.J.; HAWLINS, C.A.; Survey os Cadmium levels in vegetables and soils of greather Sydney, **Journal Environmental Quality**, v.26, p.924-933, 1997.

JORIS, H.A.W.; FONSECA, A. F.; ASAMI, V.Y.; BRIEDIS, C.; BORSZOWSKI, P.R.; GARBUIO, F.J. Adsorção de metais pesados após calagem superficial em um Latossolo Vermelho sob sistema de plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.1, p.1-10, 2012.

JULIATTI, M. A.; PRADO, R.M.; BARRIQUELO, M.F.; LENZI, E. CÁDMIO EM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO COM MILHO EM COLUNAS: MOBILIDADE E BIODISPONIBILIDADE. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 26:1075-1081, 2002.

KABALA, C.; SINGH, B. R. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in vicinity of a copper smelter. **Journal Environmental Quality**, v.30, n.2, p. 485-492, 2001.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 2 ed. London: CRC, 1994. 365p.

KING, L.D. **Soil heavy**. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.T., FONTES, M.P.F. (Eds). O solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Viçosa : SBCS: UFV-DPS, 1996. p.823-836.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B.A. Conservação do cerrado brasileiro. **Revista Megadiversidade**, v. 01, n. 01, p. 147-155, 2005.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J.E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 20).

LEAL, A.J. LAZARINI, W.; OLIVEIRA, W.A.S., MERCANDALLI, L.H.; FRANZOTE, F.H. Utilização de Corretivos e Fertilizantes na Cultura da Soja. **Pesquisa-Tecnologia-Produtividade/Fundação Chapadão**, p.13-23, 2011.

LINHARES, L.A.; EGREJA FILHO, F.B; IANHEZ,R.; SANTOS, E.A. Aplicação dos modelos de Langmuir e Freundlich na adsorção de cádmio e chumbo em diferentes classes de solos brasileiros. **Revista Tecnológica**, v. 17, p. 49-60, 2008.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS, QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E CONDIÇÕES DE CERRADO **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.20-28, 2011.

LUPATINI, G. C. **Produção animal em milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) submetido a níveis de adubação nitrogenada**. 1996. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

MARTINS, C.A.S.; NOGUEIRA, N.O.; RIBEIRO, P.H.; RIGO, M.M.; CANDIDO, A.O. A DINÂMICA DE METAIS-TRAÇO NO SOLO. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, n.3-4, p.383-391, 2011.

McBRIDE, M.B. Toxic Metal Accumulation from Agricultural Use of sludge: are USEPA regulations protective. **Journal Environmental Quality**, v.24, n.5/8, 1995.

MENDES, A. M.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A. do; LIMA, J. A. G. L.; MEDEIROS, A. D. L. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.8, p.791–796, 2010.

MENEGATTI, A.L.; BARROS, A.L.M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v.45, n.1, p. 163-183, 2007.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei pouco húmico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.24, n.1, p.209-215, 2000.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CARVALHO, M. de P. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.167-175, 2007.

NACHTIGALL, G. R.; NOGUEIROL, R. C.; ALLEONI, L. R. F. Formas de cobre em solos de vinhedos em função do pH e da adição de cama-de-frango. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 427-434, 2007.

NAVA, A.; GONÇALVES, A.C; NACKE, H.; GUERINI, V.L; SCHWANTES, D. DISPONIBILIDADE DOS METAIS PESADOS TÓXICOS CÁDMIO, CHUMBO E CROMO NO SOLO E TECIDO FOLIAR DA SOJA ADUBADA COM DIFERENTES FONTES DE NPK+ZN. **Ciência e agrotecnologia**, v.35, n.5, p.884-892, 2011.

NETTO, D.A.M. **A cultura do milheto**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPMS, 1998. 6p. (Com. Técnico, 11)

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; SANTOS, R.S.M.; FANCELLI, A.L.; NETO, D.D.; FARIA, C.D. CONCENTRAÇÕES RESIDUAIS DE COBRE, FERRO, MANGANÊS E ZINCO EM LATOSSOLO ROXO EUTRÓFICO SOB DIFERENTES TIPOS DE MANEJO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.31, n. 2, p.97-103, 2001.

OLIVEIRA, J.G.R; RALISH, R.; GUIMARÃES, M.F.; BARBOSA, G.M.C.; FILHO, J.T. EROÇÃO NO PLANTIO DIRETO: PERDA DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES **.Boletim de geografia**, v.30, n.3, p.91-98, 2012.

OLIVEIRA, T.S., COSTA, L.M.; Metais pesados em solos de uma topolitossequência do triângulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.4, p.785-796, 2004.

ORTIZ, F.R.; BRITO, O.R.; BORKERT, C.M. EXTRATORES PARA A QUANTIFICAÇÃO DE ZINCO, COBRE E MANGANÊS EM SOLO ARENOSO. **Scientia Agraria**, v.8, n.1, p.95-98, 2007.

PELOZATO, M.; HUGEN,C.; CAMPOS, M.L.; ALMEIDA, J.A.; SILVEIRA, C.B.; MIQUELLUTI, D.J.; SOUZA,M.C. Comparação entre métodos de extração de cádmio, cobre e zinco de solos catarinenses derivados de basalto e granito-migmatito **Revista de Ciências Agroveterinárias.**, v.10, n.1, p. 54-61, 2011.

PEREIRA, R.G; ALBUQUERQUE, A.W; SOUZA, R.O; SILVA, A.D; SANTOS, J.P.A; BARROS, E.S.; MEDEIROS, P. V. Q. SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO: SOJA [Glycinemax (L.)] CONSORCIADA COM Brachiaria de cumbens (STAPF).**Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v.41, n.1, p.44-51, 2011.

POPIGINIS, F. **Fisiologia da semente**. 2 ed. Brasília: Abrates, 1985. 286p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto uma alternativa para a cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, n.45, p.41-43, 1998.

SANCHEZ, P. A.; GARRITY, D. P.; BANDY, D. E.; TORRES, F.; SWIFT, M. J. Alternativas sustentáveis à agricultura migratória e a recuperação de áreas degradadas nos trópicos úmidos. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS DEGRADADAS E FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA, 1993, Santarém, PA., **Anais...** Rio Piedras: Internacional Institute of Tropical Forestry/USDA – Forest Service, 1995, p.01-13.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semi detalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.153-156, 2008.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.16, n.11, p.1171–1178, 2012.

SILVA, C.A.T. **Influência da cobertura do solo nos atributos químicos do solo e produtividade da soja**. Dissertação (mestrado), 70f. Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Cascavel, 2011.

SILVA, G. F.; ERASMO, E. A. L.; SARMENTO, R. A.; SANTOS, A. R.; AGUIAR, R. W. S. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milheto (*Pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.19, p.31-34, 2003.

SILVA, J.M.; LIMA, J.S.S; MADEIROS, L.B.; VIEIRA, A.O.VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA SOB DOIS SISTEMAS DE CULTIVO NO CERRADO. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v.6, n.2, p.397-409. 2009.

SILVA, M.A.G; MUNIZ, A.S; NODA, A.Y; MARCHETTI, M.E; MATA, J. D. V; LOURENTE, E. R. P. Metodologias e eficiência de extratores para zinco, cobre e ferro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, n.3, p.537-545, 2009.

SILVA, M. L. S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.527-535, 2007.

SILVA, J. M. Variabilidade espacial do pH, P, K e MO cultivado com soja sob preparo convencional. **Engenharia Ambiental**, v.9, n.4, p.095-107, 2012.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, A. A. Variabilidade de micronutrientes, matéria orgânica e argila de um Latossolo submetido a sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.9, p.1325-1332, 2002.

SOUZA, D.M.G.S.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A.V. **A acidez do solo e sua correção**, Viçosa, 2007, p.205-274.

SPERA, S.T.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; DENARDIN, J.E.; KLEIN, V.A.; SANTOS, H.P. Atributos químicos restritivos ao Latossolo vermelho distrófico e tipos de manejo e rotação de culturas. **Revista Agrarian**, v.4, p.324-334, 2011.

SPIRO, T.G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**, 2ª ed., Pearson, 2008, 334p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2013, 918p.

TEIXEIRA, I. R.; SOUZA, C. M. de; BORÉM, A.; SILVA, G. F. da. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Bragantia**, v.62, p.119-126, 2003.

TILLER, K.G. **Heavy metals in soils and their environmental significance**. In: \_\_\_\_\_ .Advances in Soil Science. New York. V.9, p113-114.1989.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil Fertility and fertilizers**. New York: Mac Millan, 1985. 754p.

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.A.M. & MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de latossolos roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.21, p.271-278, 1997.

TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. **Solos e Fertilidade do Solo**, 6 ed. São Paulo: Andrei, 2007, 718p.

USDA- United States Department of Agriculture. Disponível em [www.soils.usda.gov/technical/handbook/contents/part630.html](http://www.soils.usda.gov/technical/handbook/contents/part630.html). (acessado em jan 2013).

USEPA - United State Environmental Protection Agency; USEPA 3050B, *Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils*, <http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>. (acessado em agosto, 2012).

## **CAPÍTULO 1-** Determinação de Cu e Zn no solo em diferentes sistemas de preparo e coberturas

### **RESUMO**

A caracterização de metais presentes no solo é importante para o desenvolvimento agrícola e a conservação do mesmo. Neste estudo analisaram-se Cobre, Zinco, matéria orgânica e pH de um Latossolo Vermelho distrófico, textura média na área experimental da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul-Campus de Chapadão do Sul/MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em parcelas sub subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos três sistemas de preparo de solo: convencional (grade aradora e grade niveladora), mínimo (grade niveladora) e semeadura direta (primeiro ano de adoção do sistema). As subparcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de solo: milho e pousio. A sub-subparcelas foram as 3 camadas (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) de solo coletado com trado tipo holandês. Avaliou-se os metais no solo utilizando-se o método de abertura de amostra USEPA 3050B, as soluções obtidas foram analisadas pela técnica de espectrometria de absorção atômica com chama (F-AAS). Observou-se que o pH do solo com plantio convencional foi maior em relação aos solos dos demais sistemas plantios nas profundidades 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. A matéria orgânica apresentou um decréscimo em relação à profundidade para todos os tratamentos. Os metais Cu e Zn apresentaram-se de forma mais concentrada nas camadas menos profundas, ou seja, de 0-0,10 e de 0,10-0,20 m. O tipo de cobertura utilizado no inverno influenciou nos valores médios de Zn, sendo o solo onde foi cultivado o milho determinou-se uma menor concentração do metal. Conclui-se ainda que o período de avaliação, dos sistemas adotados, não foi suficiente para demonstrar claramente a existência de interação entre os fatores sistema de preparo, cobertura e profundidade.

**PALAVRAS CHAVE:** Preparo Solo, Soja, Metais pesados.

**CHAPTER 1 - Determination of Cu and Zn in different tillage systems and coverages.****ABSTRACT**

The characterization of metals in the soil is important for agricultural development and conservation thereof. This study examined whether copper, zinc, organic matter and pH in an Oxisol, medium texture in the experimental area of the Federal University of Mato Grosso do Sul, South Campus of Plain / MS. The experimental design was a randomized block design in split plots sub. The plots consisted of three tillage systems: conventional (disc plows and harrows), minimum (harrowing) and no-tillage (first year of adoption of the system). The subplots were established by plants cover crops: millet and fallow. The sub-subplots were 3 layers (0-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m) of soil collected with auger Dutch type. We evaluated metals in soil using the method of opening the sample USEPA 3050B, the solutions obtained were analyzed by the technique of atomic absorption spectrometry with flame (F-AAS). It was observed that the pH of the soil with conventional tillage was higher than in the soils of other systems planting depths 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m. Organic matter showed a decrease with depth for all treatments. The Cu and Zn showed themselves more concentrated form in the shallower layers, ie, 0-0.10 and 0.10-0.20 m. The type of coverage used in winter influenced the mean values of Zn, and the soil where it was grown millet was determined a lower concentration of the metal. We can also conclude that the evaluation period, the systems adopted, was not sufficient to clearly demonstrate the existence of interaction between the factors staging system, coverage and depth.

**KEYWORDS:** Soil preparation, Soy, Heavy Metals.

## 1. INTRODUÇÃO

O manejo do solo corresponde à soma de todas as operações de cultivo, compreendidas como: práticas culturais, fertilização, correção e outros tratamentos, os quais são conduzidos ou aplicados a um determinado solo, tornando-os importante para a manutenção da qualidade e preservação do mesmo (CURI et al., 1993).

Entre as técnicas de manejo, o sistema de preparo do solo e o uso de plantas de coberturas são de grande relevância, pois podem alterar os atributos físico-químicos do solo (SILVEIRA et al., 2002).

O Preparo Convencional (PC) promove um intenso revolvimento do solo na camada superficial e os resíduos são incorporados quase na sua totalidade; no Preparo Mínimo (PM) por sua vez consiste em revolver o solo o mínimo necessário, mantendo os resíduos vegetais sobre o mesmo e a Semeadura Direta (SD) é um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao PC, envolvendo técnicas de produção que preservam a qualidade ambiental, fundamenta-se, portanto na ausência de preparo do solo e na manutenção de resíduo vegetal na superfície do solo (ARAÚJO, 2008; GONÇALVES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2002).

A utilização de espécies de cobertura de solo na entressafra, além de contribuir na nutrição da cultura em sucessão, melhora as condições químicas e biológicas do solo (PAVINATO et al., 1994).

Dentre as espécies utilizadas o milho é uma cultura amplamente utilizada em solos do Cerrado brasileiro. Sua importância caracteriza-se pela ciclagem de nutrientes e conservação do solo (SILVA et al., 2003). Outra maneira de proteção do solo bastante utilizada no Cerrado Brasileiro é o chamado “pousio” no qual a cobertura é proporcionada por plantas que surgem voluntariamente. Esse sistema compõe a maior parte das áreas cultivadas em SD (CALEGARI, 2004).

Os metais estão naturalmente presentes no solo sem a interferência humana e, as concentrações naturais dos metais pesados no solo são muito variáveis e dependem do seu conteúdo no material de origem e do grau de intemperismo do solo (KING, 1996).

Segundo Alloway (1995), a agricultura é uma das maiores fontes não pontuais de poluição por metais pesados, sendo as fontes principais as impurezas em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn); os pesticidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn); os preservativos de madeiras (As, Cu, Cr) e os dejetos de produção de animais (Cu, Zn).

Entre os metais estão os micronutrientes essenciais Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, os micronutrientes benéficos Ni; Co e V, os não essenciais ou tóxicos Cd, Cr, Hg, Pb e outros (TROEH et al., 2007).

De acordo com Mendes et al.(2010) os metais incorporados por insumos agrícolas se acumulam principalmente na camada superficial do solo, o que os torna potencialmente disponíveis à absorção pelas plantas, situação agravada quando a quantidade de metal acumulada excede a capacidade de retenção do solo.

Dessa forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a presença dos metais Cu e Zn em solos com diferentes sistemas de preparo (PC, PM e SD) e coberturas (milheto e pousio) em área agrícola experimental do Cerrado Sul Matogrossense.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido no ano agrícola de 2012/2013, em área experimental na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no município de Chapadão do Sul-MS, Latitude: 18°48'00" S; Longitude: 52°36'30" W; Altitude média: 820 m. O clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estações bem definidas, chuvosa no verão e seca no inverno, apresenta temperatura média anual variando de 13°C a 28°C, precipitação média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (CASTRO et al., 2012).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (Embrapa, 2006). A análise textural na camada de 0-0,20m do solo foi 435 g dm<sup>-3</sup> de argila, 25g dm<sup>-3</sup> de silte e 540 g. dm<sup>-3</sup>, classificado como textura média

Destaca-se aqui que a área utilizada para montagem dos sistemas adotados, no passado foi utilizada como área de lavoura com sistema convencional de preparo do solo, tendo sido nos últimos cinco anos ocupados com a cultura da soja no verão e o milho na segunda safra.

Em fevereiro de 2012 preparou-se o solo da área experimental com um arado de aiveca para a homogeneização da mesma. Em março de 2012, realizou-se a semeadura do milheto, deixando-se as parcelas para vegetação espontânea

(pousio). Em 08 de outubro de 2012 aplicou-se o dessecante (glifosato) na área e em 15 de outubro de 2012 realizou-se o preparo do solo (PC, PM e SD) e a calagem (3 t.ha<sup>-1</sup>), executando-se a lanço, sem revolvimento, com calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a 50%. A adubação de semeadura foi realizada para um rendimento de quatro toneladas por hectare de acordo com a necessidade do solo, conforme constatado por meio da análise química apresentada na (Tabela 1).

No dia 25 de outubro de 2012 realizou-se a semeadura da soja variedade CD 2737RR. As sementes foram tratadas com Standak Top na dose de 100 mL ha<sup>-1</sup> e em seguida inoculadas com as estirpes rizobianas 5079 e 5080 na quantidade de 60 g do produto comercial para cada 50 kg de sementes.

Tabela 1 – Teores originais da área utilizada na condução do experimento (lab. Inside).

Prof 0-0,20 m	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P <sub>(Melich)</sub>	MO (g/dm <sup>3</sup> )
		Cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>						
	4,5	2,3	0,4	0,28	6,1	0,14	5,3	28,4

Realizou-se a adubação de cobertura a lanço (V3), constando de 70 kg. ha<sup>-1</sup> de KCl. Os tratos culturais foram executados de acordo com as recomendações técnicas vigente para a cultura da soja (EMBRAPA, 2005).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema de parcelas sub subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos três sistemas de preparo de solo: convencional-PC (grade aradora e grade niveladora), mínimo-PM (grade niveladora) e semeadura direta-SD. As subparcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de solo: milheto, e pousio (fedegoso –*SennaOgtusifolia*, capim de galinha –*Eleusine indica*, trapoeraba- *Conmelinabegalensis*, Corda de Viola- *Ipomoeagrاندifolia*). As sub-subparcelas constituíram-se em três profundidades (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) de solo.

O experimento, primeiro ano de adoção do sistema, consistiu de 18 tratamentos (3 sistemas de preparo de solo, 2 espécies de cobertura de solo, 3 profundidades de solo) com 3 repetições. Cada subparcela teve a dimensão de 7x5 m, totalizando 35 m<sup>2</sup>, espaçadas umas das outras por uma distância de 1 m.

Após a colheita da soja em fevereiro de 2013, foram coletados amostras de solo de quatro pontos de cada parcela que foram misturados originando uma amostra composta, avaliou-se o pH em CaCl<sub>2</sub> e matéria orgânica utilizando para esta análise a metodologia proposta pela EMBRAPA (2009). Determinaram-se

também os metais Cobre (Cu) e Zinco (Zn) por meio do método USEPA3050 (United States Environmental Protection Agency, EUA, 1996). Nesta análise utilizou-se um Espectrofotômetro de Absorção Atômica (PERKIN ELMER AAnalyst 900 F) para determinação dos metais. As soluções foram preparadas com água destilada (destilador tipo Pilsen) e deionizada. Utilizou-se nas medidas padrões de absorção atômica (1000 PPM) Specsol<sup>®</sup>, ácido nítrico 65% e ácido sulfúrico PA (VETEC).

Todas as análises foram feitas em triplicata e cada bateria continha duas amostras em branco com a finalidade de controlar a qualidade da realização dos procedimentos.

Para análise estatística os dados foram transformados na forma logarítmica, verificando-se a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, os quais foram submetidos à análise de variância pelo teste F e o teste de comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p \geq 0,01$ ) utilizando o programa ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2011).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os valores médios do teor total de metais encontrados nos diferentes sistemas de preparo/coberturas foram: Cu ( $14,32 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) e Zn ( $36,59 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de solo respectivamente. Observa-se que os valores médios do teor total de metais encontrados nos diferentes sistemas de preparo do solo encontram-se próximos aos valores de referências para solos brasileiros descritos por Fadigas et al. (2006) cujas concentrações são Cu ( $12 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) e Zn ( $35 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), que realizou as determinações em Plasma de Acoplamento Indutivo (ICP-AES).

Na tabela 2 a seguir apresenta-se a análise de variância dos parâmetros analisados para os preparos adotados neste estudo: Matéria Orgânica (MO), pH, Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

Verificaram-se efeitos significativos dos parâmetros ( $p < 0,05$ ) da interação Preparo do Solo x Profundidade para a variável pH; do tratamento Profundidade para todas as variáveis e do tratamento Cobertura para os teores de Zn. Para o tratamento Preparo do Solo e as demais interações não houve efeitos significativos.

Tabela 2- Análise de variância Matéria Orgânica (MO), pH e teores de Cu e Zn no solo em função dos Preparo do Solo (PS), Cobertura (C), Profundidade (P).

FV	GL	MO	pH	Cu	Zn
OS	2	0,00707 <sup>ns</sup>	0,00379 <sup>ns</sup>	0,00409 <sup>ns</sup>	0,06587 <sup>ns</sup>
C	1	0,02042 <sup>ns</sup>	0,00112 <sup>ns</sup>	0,00303 <sup>ns</sup>	0,30109 <sup>**</sup>
P	2	0,10621 <sup>**</sup>	0,01607 <sup>**</sup>	0,02031 <sup>**</sup>	0,14582 <sup>**</sup>
PSxC	2	0,02237 <sup>ns</sup>	0,00017 <sup>ns</sup>	0,00415 <sup>ns</sup>	0,01768 <sup>ns</sup>
PSxP	4	0,00272 <sup>ns</sup>	0,00197 <sup>**</sup>	0,00742 <sup>ns</sup>	0,01974 <sup>ns</sup>
CxP	2	0,00153 <sup>ns</sup>	0,00012 <sup>ns</sup>	0,00365 <sup>ns</sup>	0,03926 <sup>ns</sup>
PSxCxP	4	0,00957 <sup>ns</sup>	0,00028 <sup>ns</sup>	0,00242 <sup>ns</sup>	0,00416 <sup>ns</sup>
Res OS	4	0,00181	0,00055	0,00310	0,01779
Res C	6	0,03735	0,00108	0,008540	0,01128
Res P	24	0,00863	0,00058	0,00296	0,01932
CV <sub>PS</sub>		4,15	3,43	5,64	9,99
CV <sub>c</sub>		18,87	4,80	9,37	7,96
CV <sub>p</sub>		9,07	3,50	5,52	10,41

FV- fonte de variação; GL –grau de liberdade; PS- Preparo do Solo; C- cobertura; P-profundidade.

\*\*Significativo a 1 % de probabilidade. ns não significativo.

Os resultados de pHs verificados nas camadas analisadas apresentaram média geral de 4,86 correspondendo ao previsto para solos de Cerrado, pois de acordo com Neto et al. (2009) esses solos são naturalmente ácidos pela constituição do material de origem e pelo elevado processo de intemperismo.

No PC não houve diferença estatística no pH das amostras coletadas nas diferentes camadas do solo (Tabela 3), diferentemente do que ocorreu no PM e SD, onde nas camadas (0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) houve uma diminuição do pH, resultado similar ao encontrado por Spera et al. (2011). Pereira et al.(2011) avaliando PM e PD também observou redução de pH das camadas mais superficiais para as mais profundas.

Tabela 3 - Valores médios de pH - interação nas diferentes camadas de solos cultivados sob diferentes preparos do solo (PC – Plantio Convencional, PM- plantio mínimo, SD- Semeadura Direta). Chapadão do Sul, MS, 2013.

Preparo do Solo	Camada (m)		
	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
PC	5,17 bA	4,90 aA	4,96 aA
PM	5,51 aA	4,52 bB	4,62 bB
SD	5,09 bA	4,56 bB	4,43 bB

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas e letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A primeira camada (0-0,10 m) no PM apresentou a maior média de pH, valor mais próximo da faixa ideal para a disponibilidade de nutrientes para as plantas, diferindo estatisticamente de PC e SD. Estes resultados corroboram com Spera et al. (2011) que observaram que camadas subsuperficiais do PC diferem do PM.

Um fato importante a ser considerado nesta discussão refere-se à calagem a lanço (aplicado e não incorporado), a qual foi realizada com três meses de antecedência da coleta do solo.

De acordo com Vale et al. (1997) a calagem altera a dinâmica dos nutrientes do solo, sendo o ideal realizar a calagem do mesmo com 3 a 6 meses de antecedência do plantio. Contudo, apesar dos efeitos da calagem ainda não se manifestarem significativamente quando se compara os valores de pH antes da implantação do experimento (Tabela 1) com os valores obtido após, verifica-se um aumento dos valores de pH nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m nos preparos de solo (PC, PM e SD). Nota-se ainda maiores médias de pH para o PC, uma situação de maior revolvimento do solo, o que permitiria que o calcário chegasse até as camadas mais profundas, justificando assim o comportamento observado.

Não se observou diferenças entre os teores totais de Cu, Zn, pH e MO nos diferentes sistemas de preparo avaliados (Gráfico 1). Esse resultado pode ter ocorrido devido a este estudo corresponder ao primeiro ano de implantação dos sistemas e também dado o histórico da área ser o de sistema de preparo convencional.

Os resultados foram diferentes dos obtidos por Silveira et al. (2002), pois os valores médios de Cu e Zn por eles obtidos variaram de acordo com o sistema de

preparo, porém a análise deles ocorreu após 5 anos de estabelecidos os sistemas de preparo. Lourente et al. (2011) avaliou as características químicas de um Latossolo Vermelho distrófico, no primeiro ano de implantação de PC e SD, esses autores encontraram diferenças nos atributos, diferente do analisado neste experimento, porém ressalta-se novamente a importância do histórico da área em análise, pois o solo avaliado por Lourente et al. (2011) anteriormente, era utilizado em sistema de plantio direto, o que favorece os níveis de fertilidade e de estrutura física do solo, diferentemente desta área avaliada, caracterizada pelo histórico de preparo convencional, o qual pode promover a degradação do solo.

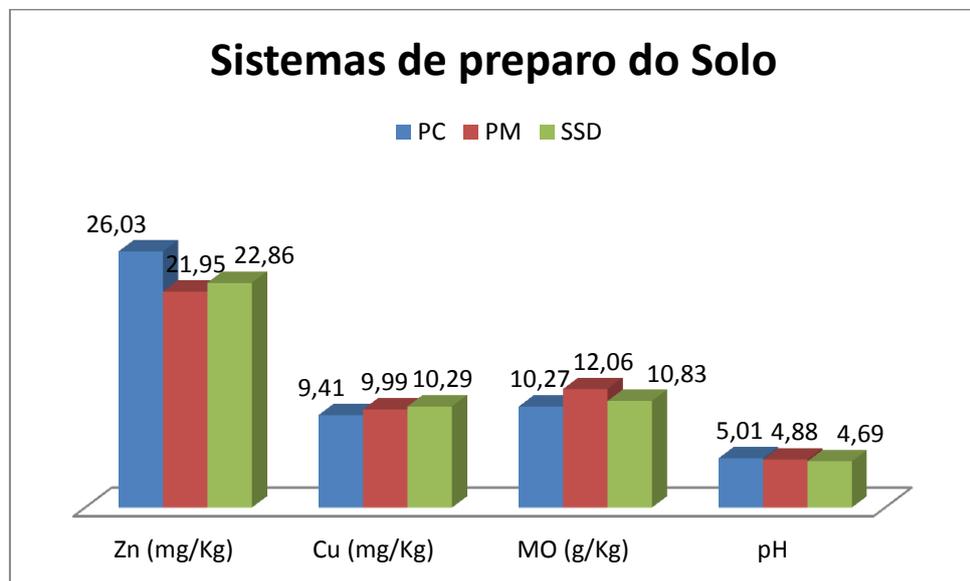


Figura 1- Concentrações médias de Zn, Cu, MO e pH em Latossolo Vermelho distrófico de área submetida aos diferentes preparos dos solos (Janeiro de 2013).

Como os Preparos do Solo isoladamente avaliados neste estudo não alteraram os valores de pH e MO, os teores dos metais Zn e Cu também não foram alterados, confirmando que a presença desses metais está associada aos valores de MO e pH (Pils et al., 2004). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Cunha et al. (2011) que após 4 anos de implantação de SD e PC também não verificou diferença entre os micronutrientes essenciais estudados, entre eles Cu e Zn.

Em relação à profundidade observou-se um decréscimo de Cu e Zn nas camadas avaliadas, independentemente do sistema de preparo do solo ou cobertura (Tabela 4). Esse acúmulo pode ter ocorrido devido ao uso de agroquímicos, pois de

acordo com Mendes et al. (2010) os metais pesados incorporados por insumos agrícolas se acumulam principalmente na camada superficial.

Tabela 4 - Valores médios de Cu, Zn e MO das diferentes camadas em Latossolo Vermelho distrófico. Chapadão do Sul, MS, 2013.

Camada (m)	Cu (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mo (g/Kg)
0-0,10	10,70 a	28,02 a	13,17 a
0,10-0,20	9,88 ab	24,75 a	11,03 b
0,20-0,30	9,08 b	18,09 b	8,96c

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

O metais Cu e Zn apresentaram-se acumuladamente nas camadas superficiais, independente dos sistemas de preparo e cobertura, relacionando-se positivamente a matéria orgânica e pH do solo, pois segundo Linhares et al. (2008) quanto maior o pH e a matéria orgânica maior a retenção desses metais. Para Martins et al. (2011) devido principalmente à configuração e profusão de grupos fenólicos e carboxílicos, a matéria orgânica apresenta grande afinidade por metais pesados presentes no solo. Esse comportamento é capaz de gerar sítios de adsorção, atuando via ligação iônica (troca de elétrons) e/ou como agente quelante na solução do solo.

A redução nos teores de matéria orgânica nas camadas do solo promoveu um gradiente negativo de carbono e dos metais Cu e Zn no solo conforme observado neste experimento. Joris et al. (2012) e Santos et al. (2012), em seus estudos verificaram que as concentrações do Cu e Zn variaram de acordo com a camada amostrada, ou seja concentraram-se nas camadas superficiais e atribuíram esse fato ao acúmulo de matéria orgânica.

Em relação à utilização das diferentes coberturas conforme valores apresentados na Tabela 5 observaram-se diferenças significativas entre o pousio e o milho somente para o metal Zn.

Tabela 5- Valores médios de Cu e Zn no solo em relação a diferentes culturas de cobertura. Chapadão do Sul, MS, 2013.

Cobertura	Cu (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Pousio	10,04 a	27,88 a
Milheto	9,75 a	19,35 b

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. PC – Plantio Convencional, PM- plantio mínimo, SD- Semeadura Direta.

De acordo com Santos et al. (2012) o tipo de cobertura influencia nos valores de Cu e Zn do solo. O solo onde foi utilizado milho apresentou uma média menor do metal Zn indicando que esse tipo de cobertura propiciou maior extração do metal em relação à cobertura pousio, concordando com Lupatini (1996), o qual também constatou que o milho apresenta maior eficiência na absorção de água e nutrientes. Soratto et al. 2012, Teixeira et al. (2011) verificaram que a fitomassa gerada pelo milho apresenta elevada taxa de decomposição e um tempo de meia vida de cerca de 120 dias. Neste estudo o solo foi avaliado após 110 dias do manejo da cobertura, indicando ser possível considerar-se que o solo da área experimental já estava sob efeito dos compostos provenientes da degradação da fitomassa gerada pelo milho.

Para Teixeira et al. (2011) a diferença entre as coberturas pode ser atribuída ao fato de que as plantas que crescem no pousio são plantas aleatórias, cujas sementes encontram-se dormentes no solo e contribuem, portanto com plantas que apresentam diferentes necessidades nutricionais; já o milho apresenta sistema radicular bem definido, capaz de explorar o solo de maneira mais eficiente.

#### 4 CONCLUSÕES

Constatou-se que os valores médios dos teores totais dos metais encontrados no solo nos diferentes sistemas de preparo/coberturas foram: Cu ( $14,32 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) e Zn ( $36,59 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Conclui-se, considerando-se o período de um ano de ação do manejo estudado:

- Os metais Cu e Zn concentraram-se nas camadas superiores (0-0,10 e 0,10-0,20 m) independentemente dos sistemas de preparo.

- A avaliação do sistema de manejo, em seu primeiro ano de implantação, não promoveu impactos sobre os atributos químicos (Matéria Orgânica, Cobre e Zinco) do solo analisado.
- O solo que tinha como cobertura o milho e o pousio diferiu em relação aos teores de Zn, no solo com milho determinou-se um menor teor total de Zn.

## 5 REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. J. **The origins of heavy metals in soils**. 2<sup>a</sup> ed. New York: Blackie Academic and Professional Publ., 1995.368p.

ARAUJO, M. A. de. **Modelos agrometeorológicos na estimativa da produtividade da cultura da soja na região de Ponta Grossa – Paraná**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**. V.80, p.62-70, 2004.

CASTRO, M. A.; CUNHA, F. F.; LIMA, S. F.; PAIVA NETO, V. B.; LEITE, A.P.; MAGALHÃES, F. F.; CRUZ, G. H. M. Atributos físico-hídricos do solo ocupado com pastagem degradada e floresta nativa no Cerrado Sul-Mato-Grossense. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 3, n. 2, p. 498-512, 2012.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; DIDONET, A.D.; FERREIRA, E.P.B.; MOREIRA, J.A.A.; LEANDRO, W.M. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.15, n.10, p.1021–1029, 2011.

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F. **Dicionário de solos**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 89p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2<sup>a</sup>.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. 427 p.

FADIGAS, F.S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C.; FREIXO, A.A. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.3, p.669-705, 2006.

JORIS, H.A.W.; FONSECA, A.F.; ASAMI, V.Y.; BRIEDIS, C.; BORSZOWSKEL, P.R.; GARBUIO, F.J. Adsorção de metais pesados após calagem superficial em latossolo vermelho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.1-10, 2012.

KING, L.D. **Soil heavy**. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.T., FONTES, M.P.F. (Eds). O solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Viçosa : SBCS: UFV-DPS, 1996. 823-836p.

LINHARES, L.A.; FILHO, F.B.E.; IANHEZ, R.J.; SANTOS, E.A. Aplicação dos modelos de Langmuir e Freundlich na adsorção de Cádmio e chumbo em diferentes classes de solos brasileiros. **Revista Tecnológica**, v.17, p.49-60, 2008.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solos sob diferentes sistemas de manejo em condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical Goiania**, v.41, p.20-28, 2011.

LUPATINI, G. C. **Produção animal em milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) submetido a níveis de adubação nitrogenada**. 1996. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

MARTINS, C.A.S.; NOGUEIRA, N.O.; RIBEIRO, M.M.R.; CANDIDO, O. A dinâmica de metais traço no solo. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, p.383-391, 2011.

- MENDES, A.M.S.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; LIMA, J.A.G.; MEDEIROS, A.D.C. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em cambissolo cultivado com Meloeiro. **Agriambi**, v.14, p.791-796, 2010.
- NETO, M.S.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; JUNIOR, C.C.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**.v.31, p.709-717, 2009.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ABREU JUNIOR, C. H. Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.529-538, 2002.
- PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C.A.; BEVILAQUA, G.P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1427-1432, 1994.
- PEREIRA, R.G; ALBUQUERQUE, A.W; SOUZA, R.O; SILVA, A.D; SANTOS, J.P.A; BARROS, E.S.; MEDEIROS, P.V.Q. SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO: SOJA [Glycinemax (L.)] CONSORCIADA COM Brachiaria decumbens (STAPF).**Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 44-51, 2011.
- PILS, J.R.V.; KARATHANASI, A.D.; MUELLER, T.G. Concentration and distribution of six trace metals in northern Kentucky soils. **Soil & Sediment Contamination**, v.13, p.37-51, 2004.
- SANTOS, G.G; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes coberturas em Latossolo do cerrado. **Agriambi**, v.16, p.1171-1178, 2012.
- SILVA, F. de A. S. e. ASSISTAT versão 7.6 beta. Grande-PB: Assistência Estatística, 2011 Campus de Campina. Disponível em: <http://www.assistat.com>. Acesso em: 10 jun.2012.
- SILVA, G. F.; ERASMO, E. A. L.; SARMENTO, R. A.; SANTOS, A. R.; AGUIAR, R. W. S. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milheto (PennisetumamericanumSchum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.19, p.31-34, 2003.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, A. A. Variabilidade de micronutrientes, matéria orgânica e argila de um Latossolo submetido a sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1325-1332, 2002.

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

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C. A.C.; COSTA, C.H.M.; NETO, J.F.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1462-1470, 2012.

SPERA, S.T.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; DENARDIN, J.E.; KLEIN, V.A.; SANTOS, H.P. Atributos químicos restritivos ao Latossolo vermelho distrófico e tipos de manejo e rotação de culturas. **Revista Agrarian**, v.4, p.324-334, 2011.

TEIXEIRA, M.B.T.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE MILHETO E SORGO. **Revista Brasileira Ciências Solo**, v.35, p.867-876, 2011.

TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. **Solos e Fertilidade do Solo**, 6 ed. São Paulo: Andrei, 2007, 718p.

USEPA - United State Environmental Protection Agency; USEPA 3050B, *Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils*, <http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>, acessado agosto, 2012.

VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A.; GUILHERME, L.R.G.; NETO, A.E.F. **Manejo da Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 206p.

**CAPÍTULO 2-** Avaliação de atributos químicos do solo após cultivo de soja plantada no Cerrado Sul-Matogrossense.

### RESUMO

A soja é uma cultura de grande importância comercial na produção agrícola nacional e apresenta participação crescente no volume de produtos exportados pela região Centro Oeste. Avanços tecnológicos permitiram um aumento continuado do rendimento dessa lavoura, contudo, associado ao crescente emprego de insumos (agrotóxicos, fertilizantes, corretivo e sementes), os quais podem contribuir como fonte de metais, podendo permanecer principalmente na camada superficial do solo e estarem potencialmente disponíveis à absorção pelas plantas, podendo influenciar na produtividade. Dessa forma desenvolveu-se na UFMS/CPCS um estudo experimental para avaliação da produtividade da soja e dos seguintes atributos químicos: Matéria Orgânica (MO), Capacidade de Troca Catiônica (CTC); extrato solúvel dos metais Cobre, Zinco e Cádmio. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em parcelas sub subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos três sistemas de preparo de solo: convencional (grade aradora e grade niveladora), mínimo (grade niveladora) e semeadura direta (primeiro ano de adoção do sistema). As subparcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de solo: milho e pousio. A sub-subparcelas foram as 3 camadas (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) do solo. Observou-se que a produtividade foi influenciada pelo sistema de preparo do solo, sendo a Semeadura Direta o que mais contribuiu para uma maior produção de grãos de soja. Entre os atributos químicos observou-se que a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo foi maior nos Preparo Convencional e Preparo Mínimo do solo. O solo que teve o milho como cobertura, apresentou menor teor do elemento Cádmio no solo. A avaliação do manejo em seu primeiro ano de implantação, não promoveu impactos sobre os atributos químicos do solo: Cu, Zn, MO. Observou-se também o decréscimo proporcional na quantidade dos metais Zn ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ), Cu ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ), CTC e MO que ocorreu de acordo com o aumento da profundidade do solo, independente dos sistemas do manejo do solo.

**PALAVRAS CHAVE:** Sistema de preparo do solo, coberturas, metais.

## **CHAPTER 2 - Evaluation of chemical soil after soybean planted in Cerrado South Mato Grosso**

### **ABSTRACT**

Soybean is a crop of great commercial importance in national agricultural production and has increased participation in the volume of products exported by the Midwest region. Technological advances have led to a continued increase in the yield of this crop, however, associated with the increasing use of inputs (pesticides, fertilizers, seeds and concealer), which may contribute as a source of metals and may remain mainly in the topsoil and are potentially available plant uptake, which may influence the productivity. Thus there developed in UFMS/CPCS an experimental study to evaluate soybean yield and chemical attributes of the following: Organic Matter (OM), cation exchange capacity (CEC); soluble extract of the metals copper, zinc and cadmium. The experimental design was a randomized block design in split plots sub. The plots consisted of three tillage systems: conventional (disc plows and harrows), minimum (harrowing) and no-tillage (first year of adoption of the system). The subplots were established by plants cover crops: millet and fallow. The sub-subplots were 3 layers (0-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m) from the ground. It was observed that productivity was influenced by soil tillage system being the direct sowing contributed the most to increased production of soybeans. Among the chemical properties was observed that the cation exchange capacity (CEC) of the soil was higher in Conventional Tillage and Minimum Tillage soil. The soil had millet as cover showed lower content of cadmium in the soil element. The evaluation of management in its first year of implementation, not promoted impacts on soil chemical properties: Cu, Zn, MO. We also observed a proportional decrease in the amount of the metals Zn (mg kg<sup>-1</sup>) Cu (mg kg<sup>-1</sup>), and MO CTC occurred according to the increase in soil depth, independent of soil management systems.

**KEYWORDS:** Soil tillage system, roofing, metal

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é uma cultura amplamente cultivada na região Centro-Oeste e tem grande importância na produção agrícola nacional. O crescente avanço, alcançado na melhoria da tecnologia, juntamente com o aumento da área de cultivo da soja no país tem contribuído para o aumento continuado do seu rendimento, contudo, associado também ao crescente emprego dos agroquímicos (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos).

O uso excessivo dos agroquímicos muitas vezes tem como destino final à superfície do solo, podendo, causar degradação química no mesmo e/ou acumular-se em níveis indesejáveis como compostos tóxicos (SPIRO; STIGLIANI, 2008).

A fertilidade natural dos solos do cerrado é muito baixa, disponibilizando pouca quantidade de elementos nutricionais importantes para a produção vegetal e conforme Souza e Lobato (2004) são solos, normalmente muito deficientes em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, boro e cobre. Portanto, a correção e a fertilização do solo, nesses casos, são imprescindíveis.

Os fertilizantes utilizados para suprir micronutrientes, possuem, muitas vezes, em sua composição, além dos elementos essenciais e desejáveis, também metais pesados tóxicos que são elementos com peso específico maior que  $5 \text{ g cm}^{-3}$  ou que possuem número atômico maior que 20 (MALAVOLTA et al., 1997).

Entre os metais estão os micronutrientes essenciais Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e os não essenciais (tóxicos) Cd, Cr, Hg e Pb entre outros (TROEH et al., 2007).

O acúmulo de metais pesados nos solos é uma preocupação crescente na produção agrícola, devido aos efeitos adversos sobre a qualidade dos alimentos, o crescimento da cultura, o crescimento das plantas e a saúde ambiental (NAVA et al., 2011).

A alta quantidade de metais pesados como Cd, Cu, Ni e Zn, no solo podem diminuir o rendimento das culturas devido à fitotoxicidade e podem promover a bioacumulação e/ou a biomagnificação na cadeia alimentar, gerando distúrbios metabólicos nos seres vivos (COSCIONE et al., 2009).

De acordo com Mendes et al.(2010) os metais incorporados por insumos agrícolas se acumulam principalmente na camada superficial do solo, o que os torna potencialmente fitodisponíveis, situação agravada quando quantidade de metal acumulada excede a capacidade de retenção do solo, logo o monitoramento dos

teores de metais pesados, em áreas com uso intensivo de agroquímicos torna-se essencial para a sustentabilidade agrícola e para a segurança alimentar.

Segundo Silveira et al. (2002) e Lourente et al.(2011) os preparos do solo alteram os atributos físico-químicos do solo, por promoverem o revolvimento da camada explorada pelas raízes e o acúmulo de material orgânico, interferindo, assim, diretamente na distribuição dos nutrientes no perfil do solo.

Nos preparos do solo envolvendo revolvimento pode ocorrer a diminuição de variabilidade de nutrientes. De acordo com Silveira et al. (2002) na Semeadura Direta espera-se maior variação de nutrientes no sentido horizontal e vertical; por outro lado no preparo convencional, por revolver o solo, a variabilidade é menor, ocorre redução de matéria orgânica e fertilidade do solo (TAVARES et al., 2012; SOUZA, 1992).

Desta forma objetivou-se neste trabalho avaliar a produtividade de grãos da soja e os atributos químicos: Matéria Orgânica (MO), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e os extratos solúveis dos metais Cobre, Zinco e Cádmio em diferentes sistemas de preparo- Convencional (PC), Mínimo (PM) e Semeadura Direta (SD) com diferentes coberturas (Pousio e Milheto) no inverno.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido no ano agrícola de 2012/2013, em área experimental na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no município de Chapadão do Sul-MS, (Latitude: 18°48'00" S; Longitude: 52°36'30" W; Altitude média: 820 m). O clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estações bem definidas, chuvosa no verão e seca no inverno, apresenta temperatura média anual variando de 13°C a 28°C, precipitação média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (CASTRO et al., 2012).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com textura média (Embrapa, 2006). Destaca-se aqui que a área utilizada para montagem do sistema adotado, no passado foi utilizada como área de lavoura com sistema convencional de preparo do solo, tendo sido nos últimos cinco anos ocupados com a cultura da soja no verão e o milho na segunda safra.

Em fevereiro de 2012 preparou-se o solo da área com um arado de aiveca, a fim de ocorrer à homogeneização da mesma. No mês de março de 2012, realizou-se

a semeadura do milho, deixando-se as parcelas para vegetação espontânea (pousio). Em 08/10/12 aplicou-se o dessecante na área (glifosato). Em 15/10/12 realizou-se o preparo do solo (PC, PM e SD) e a calagem usando-se uma dose de 3 t/ha<sup>-1</sup>, o calcário foi aplicado a lanço na superfície do solo sem incorporação para elevar a saturação por bases a 50%, a adubação de semeadura foi feita para um rendimento de 4 toneladas por hectare (Souza e Lobato, 2004). No dia 25/10/2012 foi realizada a semeadura da soja variedade CD 2737RR, as sementes foram tratadas com Standak Top na dose de 100 mL ha<sup>-1</sup> e em seguida inoculadas com as estirpes rizobianas 5079 e 5080 na quantidade de 60 g do produto comercial para cada 50 kg de sementes.

A adubação de cobertura foi realizada a lanço (V3), constando de 70 kg de KCl ha<sup>-1</sup> e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da soja da (EMBRAPA, 2005).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados. As parcelas foram constituídas pelos três sistemas de preparo de solo: convencional-PM (grade aradora e grade niveladora), mínimo-PM (grade niveladora) e semeadura direta-SD; primeiro ano de adoção dos sistemas. As subparcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de solo: milho, e pousio (continham as seguintes plantas: fedegoso –*Senna Ogtusifolia*, capim de galinha –*Eleusine indica*, trapoeraba-*Conmelinabegalensis*, Corda de Viola- *Ipomoeagrاندifolia*). Assub-subparcelas foram as 3 profundidades (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) de solo coletado com trado tipo holandês.

O experimento consistiu de 18 tratamentos (3 sistemas de preparo de solo, 2 espécies de cobertura de solo, 3 profundidades de solo) com 3 repetições. Cada subparcela teve a dimensão de 7 x 5 m, totalizando 35 m<sup>2</sup>, espaçadas umas das outras por uma distância de 1 m.

Para a estimativa da produtividade, foram mensurados os grãos contidos na área útil de cada subparcela de 6,0 m<sup>2</sup> (1,5 m x 4,0 m), mediante pesagem, expressa em toneladas por hectare, ajustada para 13% de teor de água.

As amostras de solo foram coletadas após a colheita da soja em fevereiro de 2013, coletaram-se quatro pontos de cada parcela que foram misturados originando uma amostra composta, foram armazenadas no laboratório de fertilidade do solo da UFMS/ CPCS depois de secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm.

Avaliou-se no solo: pH em  $\text{CaCl}_2$ , matéria orgânica (MO), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K),  $\text{H}^+\text{Al}$ , Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Cádmiio (Cd) utilizando metodologia proposta pela EMBRAPA (2009). Os micronutrientes solúveis foram determinados em Melich1. Todas as análises foram feitas em triplicata e cada bateria continha duas amostras em branco com a finalidade de controlar a qualidade da realização dos procedimentos. A CTC a pH 7,0 foi determinada pela soma dos teores de Ca, Mg, K e  $\text{H}^+\text{Al}$  (TEDESCO et al., 1995).

Para análise estatística os dados foram transformados usando raiz quadrada, verificando-se a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, os quais foram submetidos à análise de variância pelo teste F e o teste de comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p \geq 0,05$ ) utilizando o programa ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2011).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A produtividade de grãos da cultura da soja,  $p < 0,05$ , nos diferentes sistemas de preparo e coberturas não apresentou interação significativa. Contudo, o fator sistema de preparo foi estatisticamente significativo (Gráfico 2). A maior produtividade foi na SD e PM, os quais apresentaram médias superiores ao PC, resultado semelhante ao obtido por Tavares et al. (2012) e Arzeno et al. (2011). Observa-se que o menor revolvimento do solo contribuiu para o acúmulo de palhada sobre o solo na SD e PM favorecendo a retenção de água e a maior quantidade de palhada sobre o solo, permitindo assim melhores condições de desenvolvimento das plantas. Como a área de estudo tem

como histórico o preparo do solo convencional nesta condição, no primeiro ano não são determinantes os impedimentos físicos, como compactação do solo, causados em função dos sistemas conservacionistas.

Não se observou nenhuma influência da cobertura de inverno na produção da soja nos diferentes sistemas de preparos do solo, obtendo-se, portanto um resultado similar ao encontrado por Carvalho et al. (2004) os quais também analisaram a produtividade da soja em plantio direto e convencional, com diferentes coberturas incluindo milheto e pousio.

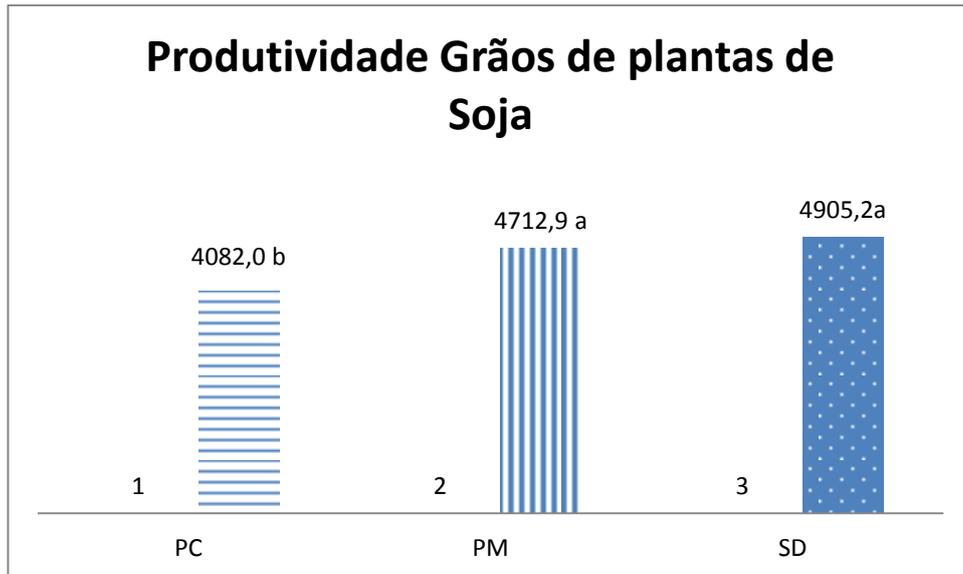


Gráfico 2- Produtividade da soja- safra 2012/2013, área experimental UFMS/CPCS. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, CV = 8,18 %.

Os resultados obtidos nos testes analíticos realizados no solo, dentro das condições em que foi desenvolvido o experimento, permitem fazer as observações que se seguem. Na Tabela 6 está apresentada a análise de variância dos parâmetros analisados. Foram verificados efeitos significativos dos parâmetros ( $p < 0,05$ ): interação Preparo do Solo x Profundidade para a variável pH; Profundidade para os atributos Matéria Orgânica, CTC, Cu e Zn; no tratamento Preparo do Solo para o atributo CTC e no tratamento Cobertura o atributo químico Cádmiio.

Tabela 6- Análise de variância Matéria Orgânica (MO), pH e teores de Cu, Zn, Cd, CTC no solo em função dos Preparo do Solo (PS), Cobertura (C), Profundidade (P).

FV	GL	MO	pH	CTC	Cu	Zn	Cd
OS	2	0,00707 <sup>ns</sup>	0,00379 <sup>ns</sup>	10,8100 <sup>*</sup>	0,01250 <sup>ns</sup>	0,08098 <sup>ns</sup>	0,000143 <sup>ns</sup>
C	1	0,02042 <sup>ns</sup>	0,00112 <sup>ns</sup>	2,01161 <sup>ns</sup>	0,00286 <sup>ns</sup>	0,00257 <sup>ns</sup>	0,00891 <sup>**</sup>
P	2	0,10621 <sup>**</sup>	0,01607 <sup>**</sup>	4,84850 <sup>**</sup>	0,02420 <sup>**</sup>	2,08588 <sup>**</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>
PSxC	2	0,02237 <sup>ns</sup>	0,00017 <sup>ns</sup>	0,08000 <sup>ns</sup>	0,00876 <sup>ns</sup>	0,28322 <sup>ns</sup>	0,00005 <sup>ns</sup>
PSxP	4	0,00272 <sup>ns</sup>	0,00197 <sup>**</sup>	0,97687 <sup>ns</sup>	0,00064 <sup>ns</sup>	0,05880 <sup>ns</sup>	0,00086 <sup>ns</sup>
CxP	2	0,00153 <sup>ns</sup>	0,00012 <sup>ns</sup>	0,02342 <sup>ns</sup>	0,00011 <sup>ns</sup>	0,01783 <sup>ns</sup>	0,00088 <sup>ns</sup>
PSxCxP	4	0,00957 <sup>ns</sup>	0,00028 <sup>ns</sup>	0,61600 <sup>ns</sup>	0,00071 <sup>ns</sup>	0,01259 <sup>ns</sup>	0,00080 <sup>ns</sup>
Res OS	4	0,00181	0,00055	0,81340	0,00580	0,33906	0,00064
Res C	6	0,03735	0,00108	0,73401	0,00199	0,08446	0,00048
Res P	24	0,00863	0,00058	0,47628	0,00054	0,04925	0,00037
CV <sub>PS</sub>		4,15	3,43	12,15	9,95	33,20	28,48
CV <sub>c</sub>		18,87	4,80	11,54	5,82	16,57	16,54
CV <sub>p</sub>		9,07	3,50	9,30	4,01	12,65	18,68

FV- fonte de variação; GL –grau de liberdade; PS- Preparo do Solo; C- cobertura; P- profundidade. \*\*Significativo a 1 % de probabilidade, \* Significativo a 5% de probabilidade. ns não significativo.

Os metais pesados no solo comportam-se dependendo dos seguintes atributos: pH, quantidade e natureza da matéria orgânica, potencial redox, tipologia e quantidade da argila e CTC (CAMPOS, 2011). O parâmetro pH do solo foi alterado de acordo com preparo do solo e profundidade das amostras coletadas (Tabela 7).

Tabela 7- Valores médios de pH- interação nas diferentes camadas de solos cultivados sob diferentes preparos de solo (PC – Plantio Convencional, PM- plantio mínimo, SD- Semeadura Direta), Chapadão do Sul, MS, 2013.

Sistemas de preparo	pH		
	Profundidade (m)		
	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
PC	5,17 bA	4,90 aA	4,96 aA
PM	5,51 aA	4,52 bB	4,62 bB
SD	5,09 bA	4,56 bB	4,43 bB

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas e letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Embora haja uma relação entre o pH do solo e as frações solúveis e disponíveis, ela é diferente para cada um dos metais. Geralmente as condições de acidez favorecem o aumento do potencial de lixiviação das formas solúveis dos compostos metálicos, principalmente em áreas com predominância de textura grosseira e material com baixa capacidade de adsorção (FERNANDEZ et al., 2007).

No PC não houve diferença estatística no pH das amostras nas camadas de solo analisadas (Tabela 7), isso ocorreu devido a homogeneização da área, de acordo com Silveira et al.(2002) há uma menor variabilidade dos atributos nesse Preparo do Solo. Diferentemente do que ocorreu no PM e SD para o parâmetro pH, onde nas camadas (0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) houve uma diminuição do pH resultado similar ao encontrado por Spera et al.(2011), Teixeira et al.(2003). Em relação às camadas, na camada de 0-0,10 m não houve diferença entre os sistemas de preparo do solo, devido a calagem ter sido feita a lanço. Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m o sistema de preparo convencional diferiu dos demais, com maior pH, pois no sistema de preparo convencional o solo está mais desagregado, permitindo um maior contato da água com a superfície do solo.

De acordo com Fageria et al.(2000) a correção superficial da acidez, pode acarretar em diminuição no teor de alguns micronutrientes para as plantas, principalmente os catiônicos (Cu, Mn, Zn e Fe) na camada superficial, fato não

observado neste experimento. O histórico da área deste estudo é de PC, o que provavelmente influenciou nos resultados encontrados, além dos preparos do solo terem sido implantando recentemente (há um ano) e o fato da calagem ter sido feita em período próximo a semeadura, um mês.

Joris et al. (2012) verificaram que os atributos que mais influenciaram a adsorção de Cd, Cu e Zn no solo foram pH e CTC. Os atributos químicos- Cu, Zn, MO e CTC apresentaram em suas médias, gradiente negativo em relação às camadas avaliadas, (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios de Cu, Zn, MO e CTC em diferentes camadas do solo distrófico. Chapadão do Sul, MS, 2013.

Camadas (m)	Cu	Zn	MO	CTC
0-0,10	0,64 a	4,35 a	13,17 a	8,01 a
0,10-0,20	0,58 b	3,32 b	11,31 b	7,07 b
0,20-0,30	0,54 c	2,08 c	8,90 c	7,17 b

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Embrapa (2011), a concentração de Zn é classificada como nível alto, e a de Cu em nível médio em relação a fertilidade e são classificadas como adequadas, dispensando nessas condições o uso de adubação na área.

Os metais Cu e Zn apresentaram-se acumuladamente na camada 0-0,10 m, relacionando-se positivamente a MO, pH e CTC do solo, concordando com Linhares et al. (2008), pois segundo esses autores quanto maior o pH e a matéria orgânica maior a retenção dos metais.

Para Martins et al. (2011) devido principalmente à configuração e disponibilidade de grupos fenólicos e carboxílicos, a matéria orgânica apresenta grande afinidade por metais pesados presentes no solo. Esse comportamento é capaz de gerar sítios de adsorção, atuando via ligação iônica (troca de elétrons) e/ou como agente quelante na solução do solo. A matéria orgânica do solo, portanto contribui também com a capacidade de troca de cátions metálicos no solo, haja vista que os compostos orgânicos têm ação na complexação (metal-ligante-metal) e ligação superficial com os metais (SCHWAB et al., 2004).

De acordo com Mendes et al. (2010) os metais incorporados por insumos agrícolas se acumulam principalmente na camada superficial, concordando portanto com os resultados deste estudo e com os resultados similares obtidos por Spera et al.(2011) e Pereira et al.(2009), (Tabela 8).

Neste experimento apenas a CTC apresentou variabilidade entre os Preparos do Solo (tabela 9), refletindo, portanto diretamente as diferenças dos sistemas de preparo do solo utilizados neste estudo.

Tabela 9 - Valores médios de CTC (Capacidade de troca catiônica do solo)- sob diferentes Preparos do Solo (PC – Preparo Convencional, PM- Preparo mínimo, SD- Semeadura Direta) Chapadão do Sul, MS, 2013.

Preparo do solo	CTC	MO
PC	8,20 a	10,63 a
PM	7,31 ab	11,23 a
SD	6,71 b	10,38 a

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas e letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

No PC e PM verificou-se maior média de CTC, diferindo da SD; indicando, portanto que no PC e PM pode haver uma maior retenção de cátions no solo, pois podem expor a matéria orgânica do interior dos agregados. O pH do solo nos PC e PM apresentaram maiores médias; o aumento do pH no solo eleva os níveis de CTC, além de favorecer a formação de complexos e quelatos, presentes na matéria orgânica, fato que minimiza a disponibilidade dos metais pesados às plantas e diminui sua mobilidade no solo (SILVEIRA et al., 2003; MARTINS et al. 2011).

O parâmetro MO não apresentou diferenças entre os diferentes preparos do solo, corroborando com Spera et al. (2011), que mesmo após 22 anos de instalação de experimento com diferentes preparos do solo e rotação de cultura não encontrou diferença na matéria orgânica dos diferentes manejos do solo.

Os resultados dos valores médios de Cu e Zn obtidos neste experimento foram diferentes de Lourente et al (2011), Bortolon et al (2010) e Silveira et al. (2002) para os quais os valores médios de Cu e Zn variaram de acordo com o preparo do solo, porém os históricos das áreas desses estudos são diferentes: Silveira et al. (2002) analisou o solo após 5 anos de estabelecidos os sistemas de preparo; Lourente et

al. (2011) avaliou as características químicas no primeiro ano de implantação de PC e SD, porem anteriormente a área era utilizada em sistema de plantio direto, o que favorece os níveis de fertilidade e de estrutura física do solo, diferentemente desta área avaliada, a qual possui histórico de plantio convencional, condição que promove degradação do solo.

Na tabela 10 apresentam-se os valores médios analisados para o Cádmio no solo submetido às diferentes coberturas.

Tabela 10 - Valores médios de Cd nas diferentes coberturas cultivadas no inverno Chapadão do Sul, MS, 2013.

Cobertura	Cd
Milheto	0,04558 b
Pousio	0,07127 a

Avaliando-se a Tabela 10 observa-se que o solo em que foi feito o plantio do milho apresentou uma menor concentração de Cd, sugerindo a ocorrência de maior efetividade na extração do metal, fato que pode ter ocorrido devido a uma melhor distribuição radicular do milho no solo, explorando, portanto o solo de forma mais efetiva do que o pousio. Moreti et al. (2007) e Cunha et al (2011) estudaram diferentes coberturas na SD e PC em Latossolo Vermelho e verificaram respectivamente, após um e quatro anos, que o milho não alterou os atributos químicos do solo, diferentemente do observado neste experimento.

#### 4 CONCLUSÕES

Constatou-se que os valores médios dos extratos solúveis dos metais encontrados nos diferentes sistemas de preparo e de coberturas foram: Cd ( $0,045 \text{ mg Kg}^{-1}$ ), Cu ( $0,544 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) e Zn ( $3,25 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Dessa forma, considerando-se o período de um ano de ação do manejo estudado conclui-se que:

- A produtividade foi influenciada pelo Preparo do Solo.
- A Semeadura Direta apresentou maior produção de grãos de soja.
- A Capacidade de Troca Catiônica do solo foi maior nos Preparo Convencional e Preparo Mínimo do solo.

- O solo que teve o milheto como cobertura, apresentou menor teor do elemento Cádmio no solo.
- A avaliação do manejo em seu primeiro ano de implantação, não promoveu impactos sobre os atributos químicos do solo: Matéria Orgânica, extratos solúveis de Cu e Zn.

## 5 REFERÊNCIAS

ARZENO, J. L.; VIEIRA, S. R.; SIQUEIRA, G. M. Atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas sob três sistemas de preparo. **Xeolóxico de Laxe Coruña**, v. 36, p.11-24, 2011.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; MANTOVANI, A.; Disponibilidade de zinco e cobre em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Plantio Direto**, n. 116, 2010.

CAMPOS, M. C. C.; Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. **Ambiência**. v.6, n.3, p.547 – 565, 2011.

CARVALHO, M.A.C; ATHAYDE, M.L.F; SORATTO, R.P; ALVES, M.C; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1141-1148, 2004.

CASTRO, M. A.; CUNHA, F. F.; LIMA, S. F.; PAIVA NETO, V. B.; LEITE, A.P.; MAGALHÃES, F. F.; CRUZ, G. H. M. Atributos físico-hídricos do solo ocupado com pastagem degradada e floresta nativa no Cerrado Sul-Mato-Grossense. **Brazilian Geographical Journal**, v.3, n.2, p.498-512, 2012.

COSCIONE, A.R.; DE ABREU, C.P.; SANTOS, G.C.G. Chelating agents to solubilize heavy metals from oxisols contaminated by the addition of organic and inorganic residues. **Scientia Agricola**, v.66, p.64-70, 2009.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; DIDONET, A.D.; FERREIRA, E.P.B.; MOREIRA, J.A.A.; LEANDRO, W.M. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.15, n.10, p.1021–1029, 2011.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja Região Central do Brasil 2004.**

Londrina: Embrapa Soja, 2005. 237 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro

Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, RJ: Embrapa, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2<sup>a</sup> ed. Brasília, Informação

Tecnológica, 2009. 628p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja Região Central do Brasil 2012 e 2013.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 262 p.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2303-2307, 2000.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.27, p.1097-1104, 2003.

FERNANDEZ, R. O.; CERVERA, J. V. G.; VANDERLINDEN, K.; BOJOLLO, R. C.; FERNÁNDEZ, P. G. Temporal and spatial monitoring of the pH and heavy metals in a soil polluted by mine spill. Post cleaning effects. **Water Air Soil Pollution**, v.178, p.229–243, 2007.

JORIS, H.A.W.; FONSECA, A.F.; ASAMI, V.Y.; BRIEDIS, C.; BORSZOWSKEL, P.R.; GARBUIO, F.J. Adsorção de metais pesados após calagem superficial em latossolo vermelho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.1-10, 2012.

LINHARES, L., A.; FILHO, F.B.E.; IANHEZ, R.; SANTOS, E.A. Aplicação dos modelos de Langmuir e Freundlich na adsorção de cádmio e chumbo em diferentes classes de solos brasileiros. **Revista Tecnológica**, v. 17, p. 49-60, 2008.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS, QUÍMICOS E

FÍSICOS DE SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E CONDIÇÕES DE CERRADO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.20-28, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. POTAFOS, Piracicaba. 1997. 319p.

MARTINS, C.A.S.; NOGUEIRA, N.O.; RIBEIRO, P.H.; RIGO, M.M.; CANDIDO, A.O. A DINÂMICA DE METAIS-TRAÇO NO SOLO. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, n.3-4, p.383-391, 2011.

MENDES, A.M.S.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; LIMA, J.A.G.; MEDEIROS, A.D.C. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em cambissolo cultivado com Meloeiro. **Agriambi**, v.14, p.791-796,2010.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CARVALHO, M. de P. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.167-175, 2007.

NAVA, I.A.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; GUERINI, V.L.; SCHWANTES, D. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NPK+Zn. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 884-892, 2011.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; CUNHA, J. L.; PAES, R. A.; CAVALCANTE, M. Atributos químicos do solo influenciados por sistemas de manejo. **Caatinga**, v.22, n.1, p.78-84, 2009.

SILVA, F. de A. S. e. ASSISTAT versão 7.6 beta. Grande-PB: Assistência Estatística, 2011 Campus de Campina. Disponível em: <http://www.assistat.com>. Acesso em: 10 jun.2012.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, A. A. Variabilidade de micronutrientes, matéria orgânica e argila de um Latossolo submetido a sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 9, p. 1325-1332, 2002.

SILVEIRA, M. L. A.; ALLEONI, L. R. F.; GUILHERME, L. R. G. Biosolids and heavy metal in soils. **Scientia Agricola**, v.60, p.793-806, 2003.

SCHWAB, A. P.; HE, Y.; BANKS, M. K. The influence of citrate on adsorption of zinc in soils. **Journal of Environment Engineering**, v.130, n.10, p.1180–1187, 2004.

SPERA, S. T.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; DENARDIN, J. E.; KLEIN, V. A.; SANTOS, H. P. S. Atributos químicos restritivos de Latossolo Vermelho distrófico e tipos de manejo de solo e rotação de culturas. **Revista Agrarian**, v.4, n.14, p.324-334, 2011.

SPIRO, T.G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**, 2ª ed., Pearson, 2008, 334p.

SOUZA, S. L. da. **Variabilidade espacial do solo em sistema de manejo**. 1992. 162 f. Tese (Doutorado em ciência do solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1992.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2ª ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

TAVARES, A.F.; BENEZ, S.H.; SILVA, P.R.A. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DEMANDA ENERGÉTICA DE CULTIVARES DE SOJA SOB EFEITO DOS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO. **Energia Agrícola**, vol. 27, n.4, p.92-108, 2012.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TEIXEIRA, I. R.; SOUZA, C. M. de; BORÉM, A.; SILVA, G. F. da. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Bragantia**, v.62, p.119-126, 2003.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e Fertilidade do Solo**, 6ª ed. São Paulo: Andrei, 2007, 718p.