

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

PARÂMETROS RELACIONADOS À FERTILIDADE DE SOLOS DA
REGIÃO DO MUNICÍPIO DE PONTES E LACERDA

Autor: Angélica Santana Araújo
Orientadora: Prof. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli

"Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Zootecnia, apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso – *Campus Universitário de Pontes e Lacerda*, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

PONTES E LACERDA
JULHO/2007

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

PARÂMETROS RELACIONADOS À FERTILIDADE DE SOLOS DA
REGIÃO DO MUNICÍPIO DE PONTES E LACERDA

Autor: Angélica Santana Araújo
Orientadora: Prof. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli

"Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Zootecnia, apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso – *Campus* Universitário de Pontes e Lacerda, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

PONTES E LACERDA
JULHO/2007

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

PARÂMETROS RELACIONADOS À FERTILIDADE DE SOLOS DA
REGIÃO DO MUNICÍPIO DE PONTES E LACERDA

Autora: Angélica Santana Araújo

Orientadora Prof^a. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli

Membro: Prof. Msc. Eurico Lucas de Souza Neto

Membro: Prof. Dra. Jocilaine Garcia

PONTES E LACERDA
JULHO/2007

“Assim queria o meu ultimo ano.
Que fosse terno dizendo as coisas mais simples e menos intencionais.
Que fosse ardente como um soluço sem lágrimas.
Que tivesse a beleza das flores quase sem perfume.
A pureza da chama em que se consomem os diamantes mais límpidos.
A paixão dos suicidas que se matam sem explicação.
Que simplesmente fosse eterno.”

Autor: Manoel Bandeira

Ao meu avô Cristovam Gomes de Araújo (em memória), homem honrado em cujo exemplo de vida procuro espelhar para que Deus permita-me refleti-lo a seus bisnetos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que guiou os meus passos neste caminho.

Agradeço aos meus pais Juraci Gomes de Araújo e Normalucia Carmem Santana Araújo que são incansáveis na dedicação, imprescindíveis no apoio, a razão de todo meu esforço, pois jamais alcançarei conquista maior do que a minha família.

Agradeço aos meus irmãos Ângela Santana Araújo e Ângelo Santana Araújo, por me darem carinho e amor constantemente.

Agradeço aos meus cunhados Paulo César Maia e Zenildes Almeida, pelos incentivos que me ajudaram a cumprir esta tarefa.

Agradeço ao meu namorado Primo Camilo P. Filho, pelo carinho e amor a mim dedicados e pela compreensão e paciência que teve durante a realização deste sonho.

Agradeço aos meus avós paternos Cristovam Gomes de Araújo e Alzira Faustino Araújo (em memória), pelo amor e carinho que dedicaram a mim.

Agradeço aos meus avós maternos Maria do Carmo Santana e Valter José Santana, que mesmo de longe me incentivaram neste sonho.

Agradeço aos amigos Willian Figueira, Vanderli José, Elizandra Boz, Tatiany Souza, Selma Maria e Wesley Fagundes que conquistei ao longo da minha vida, pois cada um teve uma parte especial nessa conquista.

Agradeço aos professores da Universidade do Estado de Mato Grosso, em especial a minha orientadora Maria Aparecida Pereira Pierangeli, pela compreensão e paciência que tiveram para realização desta conquista.

Agradeço aos professores Dra. Jocilaine Garcia e Msc. Eurico Lucas de Sousa Neto, pela participação da banca examinadora.

Agradeço aos funcionários da Universidade, pelos serviços prestados e pela colaboração.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANGÉLICA SANTANA ARAÚJO, filha de Juraci Gomes de Araújo e Normalucia Carmem Santana Araújo, nasceu em Pereira Barretos-SP, no dia 13 de dezembro de 1984.

Ingressou na Universidade do Estado de Mato Grosso *Campus* Universitário de Pontes e Lacerda em agosto de 2003 para cursar zootecnia, com previsão de concluir o curso em dezembro de 2007.

No mês de Julho de 2007, submeteu-se à banca examinadora para defesa do Trabalho de Conclusão de Curso.

ÍNDICE

	Página
Resumo.....	x
1.0. INTRODUÇÃO.....	2
2.0. REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2.1. Atributos relacionados à fertilidade do solo.....	6
2.2. Matéria Orgânica.....	6
2.3. Capacidade de troca de cátions.....	7
2.3.1. Capacidade de troca de cátions efetiva.....	8
2.3.2. Capacidade de troca potencial do solo.....	8
2.4. Porcentagem de saturação de bases da CTC a pH7,0.....	9
2.5. Porcentagem de saturação de alumínio (m%).....	9
2.6. Macronutrientes.....	11
2.6.1. Fósforo.....	11
2.6.2. Potássio.....	12
2.6.3. Enxofre.....	13
2.6.4. Cálcio.....	13
2.6.5. Magnésio.....	14
2.7. Acidez.....	15
2.7.1. Acidez ativa	15
2.7.2. Acidez trocável.....	16
2.7.3. Acidez potencial.....	17
3.0. MATERIAL E MÉTODOS.....	18

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
5.0. CONCLUSÕES.....	25
6.0. LITERATURA CITADA.....	26

ÍNDICE DE TABELAS

Pagina

TABELA 1. Níveis críticos da porcentagem de saturação de alumínio no solo para algumas espécies.....	10
TABELA 2. Critérios para interpretação de análise do solo para a avaliação de fertilidade.....	19
TABELA 3. Atributos relacionados à fertilidade do solo na região sudoeste do estado de Mato Grosso.....	20

INDÍCE DE FÍGURAS

	Página
FIGURA 1. Porcentagem de amostra em classificação do pH _{água}	21
FIGURA 2. Correlação entre os valores de pH _{água} e de Al ³⁺	21
FIGURA 3. Porcentagem de amostra em classificação da M.O.....	22
FIGURA 4. Porcentagem de amostra em classificação do P.....	23
FIGURA 5. Porcentagem de amostra em classificação do V%.....	24

Resumo – O conhecimento de atributos químicos do solo, especialmente aqueles relacionados ao bom desenvolvimento das plantas, é fundamental para a sustentabilidade dos agroecossistemas. Objetivou-se, neste estudo, a elaboração de um diagnóstico de parâmetros relacionados à fertilidade do solo na região do município de Pontes e Lacerda, região sudoeste do estado de Mato Grosso. Para isso utilizou-se 364 resultados de análises de solo do banco de dados do laboratório de solos da UNEMAT - *Campus* Universitário de Pontes e Lacerda, realizadas entre janeiro de 2004 a fevereiro de 2007. As amostras avaliadas foram coletadas na camada superficial (0-20 cm), sendo todas as determinações realizadas conforme metodologia oficial da Embrapa. Os resultados analíticos foram submetidos à análise estatística descritiva, na qual foram determinados a média, máximo, mínimo e o desvio padrão. Os solos desta região apresentaram baixos teores de Alumínio, Matéria orgânica e Fósforo. Por outro lado Ca^{2+} , Mg^{2+} , CTC e acidez potencial apresentaram valores médios. Ressalta-se que houve grande amplitude nos valores da maioria dos parâmetros avaliados, fazendo com que a média não seja uma boa medida para avaliação dos dados. Usando-se a mediana para saturação por bases (V%), por exemplo, foi observado que 50% dos solos apresentam valores maiores que 50%, sendo considerados de alta fertilidade.

Palavras-chaves: Capacidade de Troca de Cátions, matéria orgânica, nutrientes de plantas.

1.0 INTRODUÇÃO

O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, contendo matéria viva e ocupando a maior porção do manto superficial das extensões continentais do planeta (Embrapa, 1999).

O território brasileiro se caracteriza por uma grande diversidade de tipos de solos, correspondendo, diretamente, à intensidade de interação das diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados, os quais, por sua vez, condicionam diferentes processos formadores dos solos. Esta diversidade deve-se à natureza de nosso país, potencialidades e limitações de uso (Manzatto, 2002). Este autor sintetiza a diversidade e tipos de solo como descrito abaixo:

Região Norte: Pode ser considerada um território de planícies e baixos planaltos, de clima equatorial, calor permanente e alto teor de umidade atmosférica, com predominância de solos profundos, altamente intemperizados, ácidos, de baixa fertilidade natural, e comumente saturada por alumínio tóxico para a maioria das plantas, o que diminui significativamente o potencial produtivo de suas terras, quando não adequadamente manejadas.

Região Nordeste: Nesta região ocorre uma variação nos tipos climáticos de quente e úmido ao quente e seco (semi-árido), passando por uma faixa de transição semi-úmida. Nesta, ocorre, em grande parte, solos de média e alta fertilidade natural, em geral pouco profundo em decorrência de seu baixo grau de intemperismo. O déficit hídrico e, em menor proporção, a ocorrência de salinidade e/ou sodicidade em alguns solos nordestinos são os principais fatores condicionantes à produção agrícola nesta região do país (Manzatto, 2002).

Região Sul: Os solos desta região são originados de rochas básicas e de sedimentos diversos distribuídos em uma paisagem com relevo diversificado, onde o clima predominante é subtropical, com estações bem definidas e solos predominantes férteis com elevado potencial agrosilvipastoril.

Região Sudeste: Caracteriza por planaltos e áreas serranas com vários pontos de altitude superiores a 2.000 metros, clima tropical com verões quentes nas baixadas e mais amenas nas áreas altimontanas; predominância de solos bem desenvolvidos. Geralmente os solos apresentam de baixa fertilidade natural (Lopes, 1994).

Região Centro-Oeste: é caracterizada como superfície aplainada pelos processos erosivos naturais. A predominância de um clima tropical quente com veranicos acentuados é característica da região, em que se destacam grandes extensões de solos profundos, bem drenados, de baixa fertilidade natural que são facilmente corrigidos pela adubação e calagem. Porém estes solos apresentam características físicas e condições topográficas favoráveis, que permitem intensa mecanização agrícola das lavouras (Coelho, 2002).

Coelho (2002) ainda acrescenta que os solos predominantes na região sudoeste de Mato Grosso são os Latossolos, Argilosos, Neossolos Quartzarênicos nas áreas mais elevadas e Neossolos, Planossolos e Plintossolos nas áreas sujeitas a alagamento, Atualmente a pecuária de corte se destaca como a principal atividade econômica desenvolvida na região.

Como exposto, as diferenciações regionais, resultantes da considerável variabilidade de seus solos, condições climáticas e geomorfológicas, refletem diretamente no potencial agrícola das terras, na diversificação das paisagens e aspectos vinculados ao tipo predominante de uso do solo, com reflexos no desenvolvimento diferenciado das regiões do país (Lopes, 1994).

Do ponto de vista do uso agrícola dos solos, seja para atividades pecuárias ou não, é necessário avaliar a fertilidade do solo para caracterizar sua capacidade em fornecer nutrientes para as plantas, identificar a presença de acidez e elementos tóxicos, orientar programas de adubação e correção do solo e escolher espécies ou variedades mais adaptadas ao cultivo.

O objetivo deste trabalho foi o de elaborar um diagnóstico de parâmetros relacionados à fertilidade de solos da região do município de Pontes e Lacerda, sudoeste do estado de Mato Grosso.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A maioria dos solos do Brasil é ácido e pobre em nutrientes para o crescimento das principais culturas (Malavolta, 1976). Assim, a fertilidade natural dos solos é baixa e não há reservas de nutrientes suficientes para sustentar produtividades ótimas das culturas. De acordo com Manzatto (2002), a agricultura moderna indica a aplicação de insumos, como fertilizantes minerais ou orgânicos e corretivos, para eliminar as limitações químicas dos solos e atender às exigências nutricionais das culturas.

O solo é o meio no qual as culturas desenvolvem-se para alimentar e abrigar o mundo. Entender a fertilidade do solo é compreender a necessidade básica para a produção vegetal, sendo assim a fertilidade é vital para a produtividade, mas um solo fértil não é necessariamente um solo produtivo, pois a má drenagem, os insetos, a seca e outros fatores podem limitar a produção, mesmo quando a fertilidade é adequada (Lopes, 1989).

É necessário, além de compreendermos completamente a fertilidade do solo, conhecer também os fatores que favorecem ou limitam a produtividade (Lopes, 1989). Para Vale et al. (1995), o correto manejo da fertilidade do solo é responsável por cerca de 50% dos ganhos de produtividade das culturas. Com relação à fertilidade do solo esta pode advir de causas naturais ou ser criada pela adição de nutrientes ao solo durante o cultivo (Guilherme, 2005). De acordo com Bayer (1996), o sistema de plantio pode influenciar na fertilidade do solo tornando-o mais ou menos fértil. Este autor verificou uma diminuição praticamente pela metade da taxa de decomposição da matéria orgânica no solo em sistema plantio direto em comparação ao sistema de preparo convencional.

Um ponto importante a considerar quando se trata da baixa fertilidade provocada por causas naturais ou mesmo por exaustão do solo é que essas causas podem ser corrigidas facilmente, mediante reposição de nutrientes via adubação mineral e

orgânica, bastando para isso que o agricultor faça uso da análise do solo e da planta para diagnosticar possíveis problemas relacionados à fertilidade do solo. Dantas (1991) ainda acrescenta que a falta de qualquer um dos macronutrientes no solo pode limitar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Sendo assim, o conhecimento dos atributos do solo diretamente relacionados à sua fertilidade é de fundamental importância para o seu correto manejo.

2.1. ATRIBUTOS RELACIONADOS À FERTILIDADE DO SOLO

2.2. Matéria Orgânica (MO)

A MO do solo consiste em resíduos de plantas e de animais que estão na fase de decomposição, bem como dos produtos da decomposição de resíduos orgânicos e do metabolismo microbiano (Olmo & Camargo, 1976). Os níveis adequados de MO no solo possibilitam: (1) melhorar as condições físicas; (2) aumentar a retenção de água; (3) melhorar o solo para preparo; (4) diminuir as perdas por erosão; e (5) fornecer nutrientes para as plantas. A maioria dos benefícios ocorre em função dos produtos liberados na medida em que os resíduos orgânicos são decompostos no solo.

As análises de rotina da MO do solo, inclui aqueles materiais orgânicos que acompanham as partículas do solo através de uma peneira de 2 mm, ou seja, aquela presente na terra fina seca ao ar, bem como a M.O que está intimamente ligada aos agregados do solo.

O teor de MO que um determinado solo apresenta decorre do equilíbrio entre ganhos e perdas. Os solos que mantêm este equilíbrio possuem o teor praticamente constante. No entanto, o cultivo do solo, normalmente, ocasiona uma redução no teor de

MO, tendo a necessidade de atingir um novo equilíbrio, o que pode levar alguns anos (Silva, 2000).

De acordo com Lopes (1998) a decomposição da MO tende a liberar nutrientes, mas o N e o S podem ser temporariamente imobilizados durante o processo. Os microrganismos que decompõem a MO necessitam de N para formar proteínas em seus corpos. Se a MO que está sendo decomposta possuir uma alta relação carbono/nitrogênio (C/N), o que significa pouco N, estes organismos usarão o N disponível, proveniente do solo e dos fertilizantes. Posteriormente, este N é disponibilizado na biomassa microbiana do solo.

Para Silva (2000), apesar de um solo poder conter muita MO, os adubos nitrogenados são necessários para assegurar às culturas não leguminosas uma fonte adequada de N prontamente disponível, especialmente àquelas culturas que necessitam de altos níveis deste nutriente.

2.3. Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

O complexo de troca dos solos é representado por cátions retidos nos colóides do solo que podem ser substituídos por outros cátions, ou seja, eles são trocáveis, como por exemplo, o Ca^{2+} que pode ser trocado por H^+ e/ou K^+ ou vice versa. Sendo assim define-se “capacidade de troca de cátions” ou CTC como o número total de cátions que um solo pode reter (a quantidade de sua carga negativa). Capacidade de troca de cátions é a capacidade que um solo tem de reter nutrientes (Primavesi, 1999). Portanto, a CTC é uma característica físico-química fundamental ao manejo da fertilidade do solo, como tratado mais à frente neste trabalho. Operacionalmente, em fertilidade do solo, a CTC é subdividida em CTC efetiva e CTC a pH 7,0.

Vale et al (1995) relatam a importância da CTC e uma delas é evitar a lixiviação dos nutrientes como, por exemplo, Mg^{2+} e K^+ . Em solos com baixa CTC, o K^+ aplicado ao solo tende a permanecer em grande parte na solução do solo, aumentando as chances de lixiviação.

2.3.1. Capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efe)

Reflete à capacidade efetiva de troca de cátions do solo ou, em outras palavras, a capacidade do solo em reter cátions ao seu pH natural. Para Kiehl (1985) deve-se avaliar este atributo em conjunto com a textura e teor de MO. Chaves et al (2004) ainda acrescentam que a CTC é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, irão tornar-se disponíveis às plantas. Solos tropicais altamente intemperizados, via de regra, apresentam baixos valores de CTCefe, sendo necessário a adoção de práticas corretivas, tais como calagem e adição de MO para a elevação da mesma (Lopes, 1989).

2.3.2. Capacidade de troca potencial do solo (CTC a pH 7,0)

É definida como a capacidade de retenção ou troca de cátion a pH 7,0. Sob o ponto de vista prático, é o nível da CTC de um solo que seria atingido, caso a calagem deste solo fosse feita para elevar o pH a 7,0, ou o máximo de cargas negativas liberadas a pH 7,0, passíveis de serem ocupadas por cátions básicos (Lopes, 1998). Neste valor de pH, o H^+ , preso por ligações covalentes seria deslocado dos sítios de troca disponibilizando as cargas negativas.

2.4. Porcentagem de saturação por bases (V%)

Este parâmetro reflete quantos por cento dos pontos de troca de cátions potencial (CTC a pH7,0) do complexo coloidal do solo estão ocupados por bases, ou seja, quantos por cento das cargas negativas, passíveis de troca a pH 7,0, estão ocupados por Ca^{2+} , K^{+} e Mg^{2+} e, às vezes, Na^{+} , em comparação com aqueles ocupados por H^{+} e Al^{3+} . É um parâmetro utilizado para separar solos considerados férteis ($\text{V}\% > 50$) de solos de menor fertilidade ($\text{V}\% < 50$) (Vale et al, 1995). Para a maioria das culturas já existem valores estabelecidos de V% ideal para o seu desenvolvimento (Alvarez et al., 1999). Além disso, valores de V% são utilizados para determinação da necessidade de calagem pelo método da Saturação por Bases (Alvarez, et al., 1999), o qual é baseado na estreita relação entre o V% e o pH dos solos.

2.5. Porcentagem de saturação de alumínio (m%)

A toxicidade ao Al^{3+} é um dos principais fatores da expansão da produtividade em solos ácidos (Vicente, 1998). Sabe-se que a ocorrência de toxidez por alumínio (Al^{3+}) é bastante representativa nos solos brasileiros. Alguns trabalhos de pesquisa sobre a toxidez de Al^{3+} nas plantas mostraram que este fixa o P em formas menos solúveis no solo ou nas raízes, e ainda pode interferir na absorção, transporte e utilização de vários nutrientes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K^{+} e na água usada pelas plantas (Olmo & Camargo, 1976).

O valor m% expressa a fração ou quantos por cento da CTC efetiva estão ocupados pela acidez trocável ou Al trocável. Em termos práticos, o m% reflete a percentagem de cargas negativas do solo, próximos ao pH natural, que está ocupada por

Al trocável. É uma outra forma de expressar a toxidez de alumínio. Em geral, quanto mais ácido for o solo, com maior teor de Al trocável em valor absoluto, menores os teores de Ca^{2+} , K^+ e Mg^{2+} , menor a soma das bases e maior a percentagem de saturação por alumínio. O efeito detrimental de altos teores de Al trocável e/ou da alta percentagem de saturação de alumínio, no desenvolvimento e produção de culturas sensíveis a este problema, é fato amplamente comprovado pela pesquisa (Silva, 1999). Para várias culturas já existem valores referentes à máxima saturação por Al toleradas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Níveis críticos de percentagem de saturação de alumínio no solo para algumas espécies vegetais.

Espécie vegetal	Saturação por Al (m%)
Algodão	10
Alfafa	15
Aveia	15
Soja	20
Feijão	20
Cevada	30
Trigo	30
Milho	30
Arroz	45
Eucalipto	88

Fonte: Neves et al. (1982) & Fageria et al. (1988) citado por Vale et al, 1995.

2.6. Macronutrientes

A elevação ou a manutenção da produtividade de áreas cultivadas é uma grande preocupação que deve influir no manejo da área e que depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de nutrientes no sistema para o desenvolvimento da cultura, bem como de uma reserva nutricional. Os macronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas são N, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , S, P (Lopes, 1998). Via de regra, o N é o nutriente exigido em maiores quantidades, seguido pelo K^+ .

2.6.1. Fósforo (P)

O P é essencial para o crescimento das plantas e nenhum outro nutriente pode substituí-lo. A planta precisa de P para completar seu ciclo de vida, ou seja, crescer e reproduzir. Ele é um dos três nutrientes primários, como Nitrogênio (N) e o Potássio (K^+). O P elementar é muito reativo quimicamente. Assim, ele não é encontrado em estado puro na natureza, somente em combinações químicas com outros elementos, tornando este indisponível para as plantas deixando-as em estado de deficiência, o que pode causar a morte da mesma, caso esta deficiência não seja repostada através de adubações (Melo, 2006).

O P encontra-se no solo como componente da matéria orgânica e de argilas cristalinas e amorfas, adsorvido na matriz do solo ou em solução. Os íons fosfato (PO_4^{3-}) são absorvidos pelas plantas e organismos do solo, adsorvidos na matriz, precipitados ou perdidos por escoamento superficial e erosão (Prado, 1992).

Os solos brasileiros são deficientes em P, com teores médios em torno de 1,0 mg kg^{-1} (Coelho & Verlengia, 1973). Em solos ácidos, o P encontra-se precipitado com Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+} ou adsorvido a argilominerais e óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn.

Em solos calcários, grande parte do P é precipitado pelo Ca^{2+} ou encontra-se adsorvido à superfície das partículas de calcário. Todas estas formas de P não são disponíveis para as plantas.

A disponibilidade de fósforo é estudada recorrendo às isotermas de adsorção e traduzida pelos conceitos de intensidade (quantidade de nutriente em solução), capacidade (quantidade de nutriente retido na matriz) e poder tampão (capacidade do solo para se opor à variação da intensidade) (Lopes, 1991). Segundo Novaes (1999), as isotermas de adsorção descrevem as relações de equilíbrio entre a quantidade de um elemento adsorvido e a quantidade remanescente na solução final, sendo úteis para quantificar a adsorção de íons no solo. Para o P, de acordo com Lopes, 1991, a capacidade máxima de adsorção em Latossolos são bastante elevadas ($>1000 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo). Segundo Novaes (1999) e Lopes (1999), o P é o nutriente que mais limita a produção agrícola no Brasil, sendo necessário a aplicação de altas doses de fertilizante fosfatado para que parte do P aplicado ao solo, fique biodisponível. Segundo estes autores há uma forte competição das argilas do solo pelo P adicionado via fertilizante mineral ou orgânica.

2. 6.2. Potássio (K^+)

O critério utilizado com indicador da disponibilidade de K^+ nos solos é o K-trocável, isto é, o K^+ adsorvido nas cargas do solo, formando compostos de esfera externa. Na grande maioria dos solos brasileiros a concentração de K^+ é considerada baixa (Mello, 2006). Este elemento é essencial para o crescimento vegetal, porém suas funções exatas ainda não são bem compreendidas (Melo, 2006). Ao contrário do N e do P, o K^+ não forma compostos orgânicos nas plantas. Sua função principal parece estar

ligada ao metabolismo. O K^+ encontra-se na estrutura de minerais, fixado em argilominerais, no complexo de troca ou em solução (Vale et al., 1995). A proporção entre íons adsorvidos em solução depende do teor de cada elemento e da capacidade de troca catiônica do solo (Sengik, 2005), solos arenosos e textura média tendem a perder o K^+ por lixiviação. Como prática adequada de manejo é recomendado o parcelamento da adubação potássica sempre que a CTC do solo for baixa (Vale et al., 1995).

2.6.3. Enxofre (S)

O S encontra-se no solo em formas minerais e orgânicas. Grande parte do S provém da deposição atmosférica, sobretudo em regiões costeiras ou perto de indústrias. As formas minerais de S dependem do estado redox do solo, podendo o nutriente sofrer oxidações ou reduções realizadas por bactérias. Os íons sulfato (SO_4^{2-}) é absorvido pelas plantas e organismos do solo, adsorvido na matriz, precipitado, reduzido a ácido sulfídrico em solos alagados ou perdido por lixiviação, escoamento superficial e erosão (Melo, 2006).

Os problemas de deficiência ocorrem em plantas cultivadas em solos arenosos, erodidos, com baixo teor de matéria orgânica e em períodos de precipitação intensa. Podem ocorrer deficiências em situações de cultivo em que se procura obter elevadas produtividades (Mello, 2006), principalmente quando é utilizado fertilizantes sem S em sua formulação.

2.6.4. Cálcio (Ca^{2+})

O indicador da disponibilidade de Ca^{2+} nos solos é o Ca-trocável (Ca^{2+}). Seu teor no solo pode ser influenciado pela textura, teor de matéria orgânica e remoção pelas

culturas. De acordo com Sengik (2005), teores de Ca^{2+} no solo entre 2,0 a 4,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ podem ser considerados como médio, no entanto Mello (2006) classifica este valor como alto. E Souza & Lobato (2002) e Ribeiro et al (1999) classificam estes teores como adequado e bom respectivamente.

Assim como os outros nutrientes, as principais fontes de Ca^{2+} são os minerais do solo. De maneira geral, solos argilosos são ricos em Ca-disponível, por serem formados por rochas ricas em minerais com alto teor de Ca^{2+} (Sengik, 2005). Este autor ainda relata que solos arenosos, com baixos teores em MO, lixiviados e erodidos, são potencialmente pobres em Ca^{2+} . Geralmente, seus teores num solo argiloso são suficientes para as plantas, desde que o solo não esteja ácido. Os calcários, originados de rochas moídas utilizados como corretivos de acidez do solo, são fontes de Ca^{2+} .

A disponibilidade de Ca^{2+} às plantas, assim como de outros cátions (K^+ e Mg^{2+}), é afetada tanto pela quantidade de nutriente disponível no solo, como pelo grau de saturação no complexo de troca e da relação com os outros cátions do complexo coloidal (Mello, 2006). Por exemplo, altos teores de K^+ ou Mg^{2+} podem inibir a absorção de Ca^{2+} pelas plantas.

2.6.5. Magnésio (Mg^{2+})

O Mg^{2+} é adsorvido aos colóides do solo como íon bivalente positivo (Mg^{2+}), com comportamento muito similar ao Ca^{2+} . De acordo com Mello (2006), teores de Mg^{2+} no solo entre 0,4-0,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são considerados médios.

De acordo com Sengik (2005), os solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica, ácidos, lixiviados, em geral possuem baixos teores de Mg^{2+} . Porém o uso da calagem com calcários dolomíticos, têm criado uma nova situação em que algum solo

pode apresentar altos teores de Mg^{2+} , mas com problemas de desequilíbrio catiônico com potenciais para a redução da produção. Há casos em que os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são altos, ocorrendo problemas da relação e de altas saturações de Mg^{2+} no complexo de troca (Malavolta, 1976). Em geral, uma relação Ca:Mg de 3:1 é ideal para a maioria das culturas (Vale et al., 1995).

2.7. Acidez

A acidez do solo é um dos indicadores de sua fertilidade, isto é, sua capacidade de nutrir as plantas que nele crescem. A acidez do solo é medida pelo pH - potencial de hidrogeniônico. Esta tem origem nas rochas que formam o solo, na absorção dos sais alcalinos pelas plantas cultivadas ou pela reação ácida de certos produtos utilizados na fertilização do solo, no entanto pode ser corrigida com a incorporação ao solo de substâncias alcalinas como calcário. A acidez pode ser dividida em acidez ativa e acidez trocável (Soares, 2004).

2.7.1. Acidez ativa

O pH do solo é uma medida simples e indica se a reação do solo é ácida, neutra ou alcalina. O pH tem uma escala que varia de 0 a 14. Valor de pH igual a 7 indica soluções neutras, enquanto valores acima e menor que 7 indicam alcalinidade e acidez, respectivamente. A importância do pH está relacionada com a disponibilidade de nutrientes, sendo o pH ácido um indicativo da presença de Al^{3+} e Mn em níveis tóxicos, bem como baixa capacidade de suprimento de nutrientes. Por outro lado, solos com pH alcalino podem apresentar problemas com disponibilidade de micronutrientes, principalmente Zn, B, Fe e Cu (Lopes et al, 1998).

Nas condições brasileiras, a grande maioria dos solos apresenta reação ácida, o que indica a necessidade de usar calagem para aumentar o pH e, ao mesmo tempo, elevar os teores de cálcio e magnésio. As utilizações de fertilizantes químicos também podem alterar o pH do solo, como por exemplo, o uso contínuo de sulfato de amônio pode abaixar o pH, com isso reduzindo a disponibilidade de nutrientes, principalmente o P. Pensando em maximizar a disponibilidade de nutrientes tem-se procurado trabalhar com pH dos solos em torno de 6,0, pois nestas condições, os solos não têm apresentado níveis tóxicos de Al^{3+} nem problemas de indisponibilidade de micronutrientes (Lopes, 1989).

O $\text{pH}_{\text{água}}$ é utilizado pelo sistema de recomendação de alguns estados (MG, RS, SC) e apresenta como desvantagem o fato dos resultados serem influenciados pela presença de sais na solução ou presença de óxidos de Fe e Al.

O $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ é determinado em uma solução de cloreto de cálcio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, reduzindo, assim, as possíveis interferências na solução, porém, obtendo-se valores cerca de 0,6 unidades abaixo do pH medido em água (Lopes, 1989). É usado como diagnóstico da acidez no estado de SP (Raij, 2004).

2.7.2. Acidez trocável

Refere-se ao Al^{3+} e H^+ trocáveis e adsorvidos nas superfícies dos colóides minerais ou orgânicos, por forças eletrostáticas (Lopes, 1998). Este autor ainda relata que a acidez trocável, também conhecida por Al trocável, apresenta efeito prejudicial no desenvolvimento normal de um grande número de culturas. Portanto, quando um solo apresenta toxidez por Al, isto significa que ele possui altos índices de acidez trocável, sendo este tipo de acidez neutralizado pela calagem.

2.7.3. Acidez Potencial (H + Al)

Os componentes da acidez potencial dos solos, H e Al, são determinados, geralmente, mediante extração com soluções de sais tamponantes ou misturas de sais neutros com solução-tampão. De acordo com Vale et al (1995), a acidez potencial divide-se em acidez trocável e acidez não trocável. A acidez trocável refere-se aos íons H^+ e Al^{3+} que estão retidos na superfície dos colóides do solo por forças eletrostáticas. A quantidade de hidrogênio trocável em condições naturais parece ser pequena. A acidez não trocável é representada pelo H^+ de ligação covalente, associado aos colóides com carga negativa variável e aos compostos de Al. A acidez potencial corresponde à soma da acidez trocável e da acidez não trocável do solo. Ela representa o total de cargas negativas ocupadas por H^+ que seriam disponibilizadas caso se elevasse o pH do solo a 7,0.

3.0. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste estudo foram utilizados os resultados de análises químicas de solos realizadas no Laboratório de Análise de Solo do Campus Universitário de Pontes e Lacerda-UNEMAT, entre janeiro de 2004 a fevereiro de 2007. Foram avaliadas 364 amostras coletadas na camada superficial (0-20 cm). Todas as determinações foram realizadas conforme metodologia oficial da Embrapa (1997).

De posse das planilhas com os resultados, disponibilizadas pelo laboratório, procedeu-se a seleção dos resultados, eliminando-se aqueles cujas amostras não pertenciam à região em estudo. Os resultados de Fósforo disponível (P), Alumínio trocável (Al^{3+}), Potássio (K^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), $\text{pH}_{\text{água}}$ e $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, Saturação por bases (V%), Saturação por Alumínio (m%), Matéria Orgânica (M.O.), acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) e a Capacidade de Troca de Cátions (CTC efetiva e CTC a $\text{pH}7,0$), foram submetidos à análise estatística descritiva, na qual foram determinados a média, mínimo, máximo e o desvio padrão. As análises estatísticas foram realizadas usando-se o programa Sisvar (Ferreira, 2000).

As classes de fertilidade (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa) foram obtidas, tomando-se como referências as faixas descritas por Ribeiro et al (1999) e Souza & Lobato (2002). No entanto, alguns parâmetros foram classificados apenas de acordo com Ribeiro et al (1999), tendo em vista que Souza & Lobato (2002) classificam alguns atributos de acordo com o teor de argila. A Tabela 2 define algumas faixas de valores para a interpretação e classificação da fertilidade do solo.

Tabela 2. Critério para a interpretação de alguns atributos do solo para a avaliação da fertilidade.

Atributo	Unidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom e/ou Alto	Muito bom e/ou Alto
M.O ¹	dag/kg	≤ 0,70	0,71-2,00	2,01-4,00	4,01-7,00	>7,00
CTC _{efetiva}	cmol _c /dm ³	≤ 0,80	0,81-2,30	2,31-4,60	4,61-8,00	> 8,00
Al trocável	cmol _c /dm ³	≤ 0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00	> 2,00
m% ²	%	≤ 15,0	15,1-30,0	30,1-50,0	50,1-75,0	>75,0
V% ³	%	≤ 20,0	20,1-40,0	40,1-60,0	60,1-80,0	>80,0

Fonte: Ribeiro et al., 1999.

¹ Matéria Orgânica; ² Saturação por Alumínio; ³ Saturação por base.

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apesar de o Brasil possuir grandes extensões de terras com problemas relacionados à alta acidez e toxidez por Al, os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 3) demonstra que na região sudoeste do Mato Grosso os solos são férteis e apresentam baixos teores de Al.

Tabela 3 Atributos relacionados a fertilidade do solo na região sudoeste do estado de Mato Grosso

Atributos	Estatística descritiva					Interpretação	
	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Desvio padrão	Ribeiro et al., 1999	Souza & Lobato, 2004
Ca ²⁺ cmol _c	17,6	0,2	3,0	2,3	2,29	Bom	Adequado
Mg ²⁺ cmol _c	6,20	0,0	1,1	1,0	0,69	Bom	Adequado
K ⁺ cmol _c	357,0	10,8	123,5	89,8	146,6	Muito bom	Alto
CTC _{efetiva}	24,1	0,9	4,7	4,0	2,65	Bom	NC
CTC _{pH7,0}	26,0	0,8	7,2	6,6	2,90	Bom	Médio
M.O(g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	6,20	0,0	2,2	1,9	1,03	Médio	Adequado
pH _{água}	8,4	3,8	6,1	6,2	0,83	Alto	Adequado
pH _{CaCl}	7,90	0,0	5,2	5,2	0,90	NC ⁽³⁾	Adequado
H + Al ⁽²⁾	20,7	0,0	2,8	2,3	2,17	Médio	NC
P (mg dm ⁻³)	249,2	0,0	8,8	3,3	20,41	Baixo	Baixo
V%	100,0	5,8	59,2	64,6	22,90	Médio	Adequado
m%	79,9	0,0	10,5	0,0	18,60	Muito Baixo	Adequado

¹ Matéria Orgânica; ² Acidez Potencial; ³ NC – Não classificado.

De acordo com Romero (1975), o pH_{água} ideal para o desenvolvimento da maioria das plantas encontra-se na faixa de 5,5 a 6,5. A média do pH_{água} encontrado neste trabalho foi igual a 6,1 considerado por Ribeiro et al (1999) como alto e por Souza & Lobato (2002) como adequado. No entanto 44% das amostras apresentaram pH alto e apenas 20% apresentaram pH ideal para o crescimento das plantas de acordo com Ribeiro et al (1999) (Figura 1).

O pH do solo afeta, consideravelmente, a disponibilidade dos micronutrientes. Em geral, a disponibilidade diminui à medida que o pH aumenta, com exceção do molibdênio e do cloro. Sob condições de pH muito ácido, alguns micronutrientes podem tornar-se suficientemente solúveis para serem tóxicos para as plantas (Lima, 2001), de acordo com a figura 2.

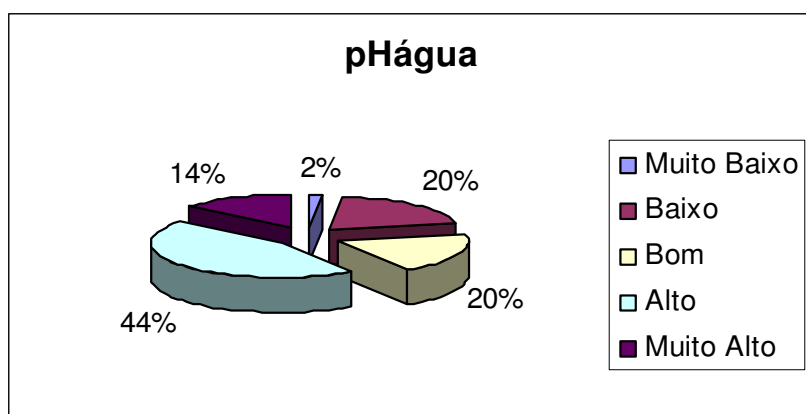


Figura 1- Porcentagem de amostras em classificação de pH conforme Ribeiro et al., 1999.

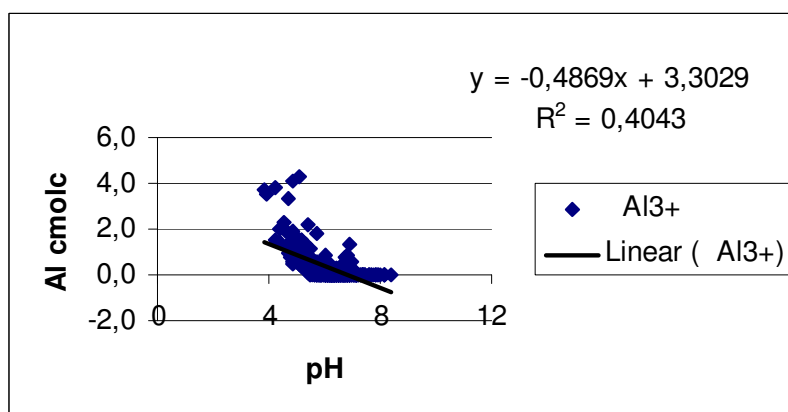


Figura 2- Correlação entre os valores de pH_{água} e os teores de Al³⁺.

Na região Amazônica, os solos são mais ácidos e o teor de Al trocável mais elevado do que na região do Cerrado. No caso da região do Cerrado, na camada superficial, de acordo com Demattê (2007), o pH varia de 4,8 a 6,0 e o teor de Al

trocável raramente ultrapassa $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Por outro lado, na região Amazônica, a faixa de pH para esta camada se situa entre 3,5 e 4,5 e o teor de Al trocável está na faixa de 1,0 a $6,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Demattê, 2007).

A matéria orgânica do solo pode ser considerada o indicador mais simples e dos mais importantes para se medir a qualidade do solo (Conceição et al, 2005). Neste estudo obtiveram-se valores iguais a $2,2 \text{ dag kg}^{-1}$ de MO, classificado como médio por Ribeiro et al (1999). No entanto Souza & Lobato (2002) consideram a textura para interpretação da MO classificando este valor como adequado, para solos de textura média. Como podemos observar na Figura 3, 56% das amostras apresentaram baixo teor de MO e apenas 5% apresentaram teores altos.

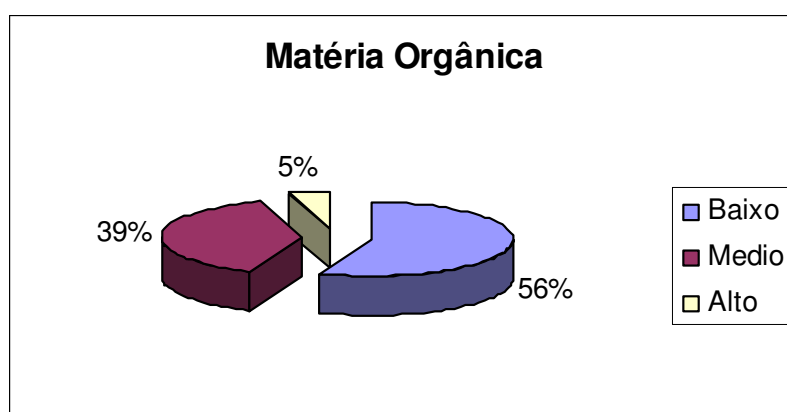
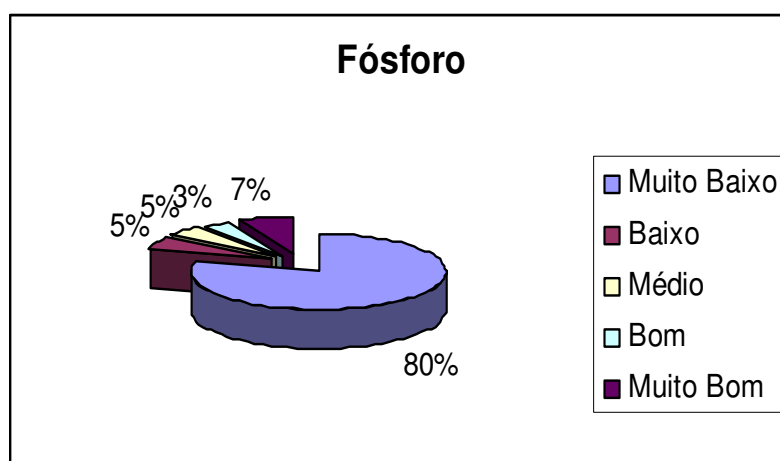


Figura 3- Porcentagem de amostras em classificação de M.O, conforme Ribeiro et al., 1999.

O P apresentou, em média, valores iguais a $8,8 \text{ mg dm}^{-3}$, um teor baixo de acordo com os autores Ribeiro et al (1999) e Souza & Lobato (2002). De acordo com estes autores esta característica de baixos teores de P nos solos brasileiros está associada à alta capacidade que esses solos têm para reter o P de forma não disponível para as plantas, sendo a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável.

De acordo com Ribeiro et al (1999), 80% das amostras avaliadas apresentaram teores considerados muito baixos, mostrando a baixa disponibilidade do P na região em estudo, (Figura 4).

Figura 4- Porcentagem de amostras em classificação de P conforme Ribeiro et al., 1999.



Com relação ao V% obteve-se valores médios de (59,2%) sendo considerados por Ribeiro et al. (1999) como médio. No entanto Souza & Lobato (2002) classificam como adequado, Vale et al. (1995) consideram solos férteis aqueles que apresentam ($V\% > 50$). foi observado que 50% dos solos apresentam valores maiores que 50%, sendo considerados de alta fertilidade, como pode ser observado na Figura 5.

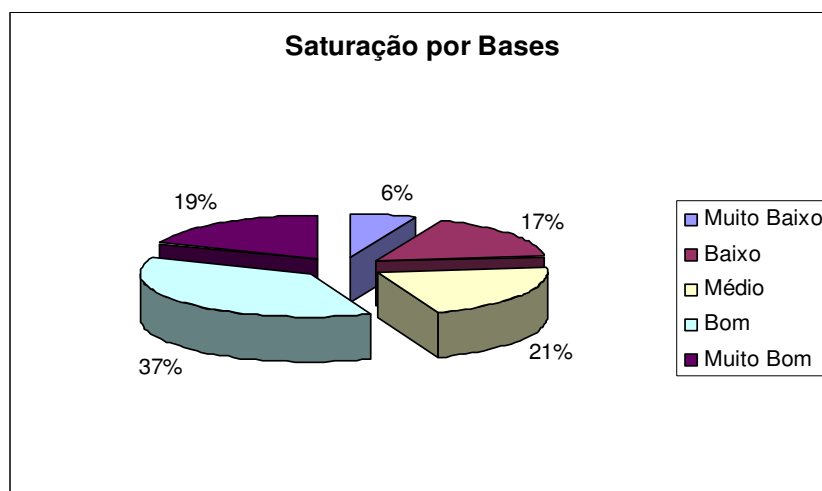


Figura 5- Porcentagem de amostras em classificação de V% conforme Ribeiro et al., 1999.

O m% apresentou um valor muito baixo de acordo com por Ribeiro et al. (1999). Souza & Lobato (2002) considera o valor médio obtido de (10,5%) como adequado para as plantas cultivadas. De acordo com Silva (1999) quanto mais ácido for o solo, com maior teor de Al trocável em valor absoluto, menores os teores de Ca^{2+} , K^+ e Mg^{2+} e menor a soma das bases e maior a percentagem de saturação por alumínio. Neste trabalho podemos observar na Figura 2, a relação entre os valores de $\text{pH}_{\text{água}}$ e os teores de Al^{3+} . Acima de pH 5,5 não há mais Al^{3+} em solução, o que está de acordo com o relato de diversos autores [Vale et al (1995) & Lopes (1998)].

5.0. CONCLUSÕES

- Os solos da região em estudo apresentaram baixos teores de P, porém demonstra uma boa disponibilidade dos demais nutrientes;
- Com base nos valores médios do V% os solos da região podem ser classificados como férteis;
- A maioria dos solos da região apresentam baixos teores de matéria orgânica.

6.0 LITERATURA CITADA

- ALVAREZ, V.H.V. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. 1999. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa. Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG). Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais-CFSEMG. Viçosa, 1999. p. 326.
- BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistema de manejo de solos**. 1996; 241f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CHAVES L. H. G.; TITO G. A.; CHAVES I. B.; LUNA J. G. & SILVA P. C. M. **Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:431-437, Viçosa. maio/jun. 2004.
- COELHO M. R. **O recurso natural do solo**. Rio de Janeiro/RJ. Embrapa Solos. 2002. 40p.
- COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. Campinas, Instituto Campineiro de ensino agrícola, 1973. 384p.
- CONCEIÇÃO P. C.; AMADO T. J. C.; MIELNICZUK J. & SPAGNOLLO E **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29:777-788, Viçosa. set./out. 2005.
- DANTAS, J.D. **Micronutrientes no solo**. Piracicaba/SP; POTAFOS, 1991.125p.
- DEMATTE J.L.I. **Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil central**. Departamento de Ciência do Solo - ESALQ/USP, 2007.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.
- FERREIRA, D.F. 2000. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: 45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, p.255-258.
- GUILHERME, L. R. G. **Causas da fertilidade do solo**. Lavras/MG. 2005. 15p.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo/SP; Ceres, 1985. 492p.
- LIMA, F. **II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, FAPEX/EBDA, 2001.
- LOPES, A. S. ; SILVA, M. DE C. & GILHERME, L. R. G. **Acidez do Solo e Calagem**. ANDA, São Paulo. 1991. Boletim Técnico nº 1.
- LOPES, A. S. **Interpretação de análise de solo**, São Paulo-SP: ANDA, 1999. 64p.
- LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**, São Paulo-SP: ANDA, 1989. 153p.
- LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**, São Paulo-SP: ANDA, 1998. 153p.
- LOPES, A. S. **Solo sob cerrado**, São Paulo-SP: ANDA, 1994. 62p.

- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976. 528 p.
- MANZATTO, C. V. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos, 2002. 174p.
- MELO, G. W. **Adubação e manejo do solo para a cultura da videira**. Serra Gaúcha/RS, 2006 15p.
- NOVAES, R.F. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- OLMOS, I.R.; CAMARGO, M.N. **Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição**. Ciência e Cultura, Rio de Janeiro, p.180, 1976.
- ORTIZ F. R. **Procedimentos para obtenção de extratos e determinação de micronutrientes em amostras de solo**. São Paulo/SP, 2001, 26p.
- PRADO R. M. **Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira**. Jaboticabal/ SP. Ceres; 1992. 96p.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**, são Paulo-SP: Nobel, 1999. 549p.
- RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2004. 285 p. ROMERO P.J. Manual de adubação. São Paulo/SP. ANDA, 1975. 346p.
- RIBEIRO F. V.; GUEDES G. A. A. & GUILHERME L.R.G. **Manejo da fertilidade do solo** 1º ed. UFLA/FAEP – Lavras 1999.
- ROMERO P.J. Manual de adubação. São Paulo/SP. ANDA, 1975. 346p.
- SENGIK, E. S. **Os Macronutrientes e os Micronutrientes das Plantas**. São Paulo/SP, 2005. 28p.
- SILVA F. L. **Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto**; São Paulo/SP, 2000. 97p.
- SOARES, M. R. **Coefficiente de distribuição de metais pesados e sua relação com atributos físico-químico de solos do Estado de São Paulo**. Piracicaba/SP, 2004. 202p.
- SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. **critérios de interpretação de análises químicas para avaliação da fertilidade dos solos da região dos cerrados**, 2002.
- VALE F.R. GUILHERME L. R. G. GUEDES G. A. A. de **Fertilidade do Solo - Dinâmica e Disponibilidade de Nutrientes de Plantas**. Lavras, ESAL/FAEPE, 1995. 171 p.
- VICENTE, F.M.P. et al. **Características indicativas de sensibilidade ao alumínio em arroz**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.33, n.1, p.9-15, 1998.