

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS -UniEVANGÉLICA**  
**Pró Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Ação**  
**Comunitária (ProPPE)**  
**Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio**  
**Ambiente (PPSTMA)**

**UTILIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS COMO**  
**INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO NA BACIA**  
**HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ALMAS NA REGIÃO DE**  
**GOIANÉSIA, ESTADO DE GOIÁS.**

**Discente: João Asmar Junior**

**Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Gonçalves da Silva Barbalho**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Felipe Corrêa Veloso dos Santos**

**Anápolis, Go - 2019**

Av. Universitária Km 3,5  
Cidade Universitária - Anápolis/GO  
75083-515

**JOÃO ASMAR JÚNIOR**

**UTILIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS COMO  
INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ALMAS NA REGIÃO DE  
GOIANÉSIA, ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao programa de mestrado em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, como requisito à obtenção do título de mestre. Área de concentração: Sociedade, Políticas Públicas e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Gonçalves da Silva Barbalho.

**Anápolis, Go – 2019**  
**JOÃO ASMAR JÚNIOR**

**UTILIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS COMO  
INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ALMAS NA REGIÃO DE  
GOIANÉSIA, ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente pela Comissão Julgadora composta pelos membros: COMISSÃO JULGADORA

Defendida em: 01 de abril de 2019.

Profa. Dr<sup>a</sup>. Maria Gonçalves da Silva Barbalho  
UniEVANGÉLICA (Orientadora)

Prof. Dr. Felipe Corrêa Veloso dos Santos  
PUC –Goiás (Co-Orientador)

Dr. João Maurício Fernandes Souza  
Prof. Dr. (Examinador interno)

Prof. Dr. Vinícius Almeida Oliveira  
(Examinador externo, Faculdade Metropolitana de Anápolis)

Av. Universitária Km 3,5  
Cidade Universitária - Anápolis/GO  
75083-515

A836

Asmar Junior, João.

Utilização dos atributos químicos como indicadores da qualidade do solo na bacia hidrográfica do Rio das Almas na região de Goianésia, Estado de Goiás / João Asmar Junior – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, 2019.

68 p.; il.

Orientador: Profa. Dra. Maria Gonçalves da Silva Barbalho.

Co-Orientador: Prof. Dr. Felipe Corrêa Veloso dos Santos

Dissertação (mestrado) – Programa de pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente – Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, 2019.

1. Comparativos de solo
2. Vale do São Patrício
3. Uso e ocupação do solo
4. Solos do cerrado I. Barbalho, Maria G. S. II. Santos, Felipe C. V. III. Título CDU 504

Catlogação na Fonte

Elaborado por Rosilene Monteiro da Silva CRB1/3038

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu querido Pai, que me deu forças e cultivou em mim a resiliência e me proporcionou as condições para alcançar meu objetivo; à minha companheira Márcia Megale que muito me apoiou em todos os momentos estando sempre ao meu lado; à professora Dra. Giovana Galvão Tavares pelo incentivo nas dificuldades; ao professor Antonio Cezar Leal pelo apoio e ensinamentos no período em que estive em missão estudantil pelo PROCAD na UNESP na cidade de Presidente Prudente/SP; ao Professor Dr. Sérgio Bispo Ramos por sempre estar ao meu lado e dar opiniões críticas e de extremo valor, ao Professor Dr. Felipe Santos que muito me ajudou com suas valiosas sugestões; à professora Dra. Maria Gonçalves da Silva Barbalho pela orientação do trabalho; aos funcionários da pós-graduação pela disponibilidade e atenção; aos meus colegas do mestrado que me apoiaram e me acompanharam nos momentos de dificuldade e de aprendizado; ao PROCAD pelo apoio a uma parte da pesquisa; ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente; à UniEVANGÉLICA pelo fomento com a bolsa de 50% para o custeio dos estudos, meu muito obrigado!

# UTILIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ALMAS NA REGIÃO DE GOIANÉSIA, ESTADO DE GOIÁS.

**RESUMO:** A microrregião de Ceres é uma das principais regiões econômicas do Estado de Goiás e Goianésia foi a primeira região do Estado a receber incentivo do governo federal para o desenvolvimento. No Cerrado, a conversão das matas nativas em agro ecossistemas tem se caracterizado pela degradação da qualidade do solo. Neste sentido, este estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica e evolução dos indicadores da qualidade química do solo na Bacia Hidrográfica do Rio das Almas na região de Goianésia, Goiás. Foram avaliadas quatro áreas: de pastagem, de cana de açúcar, soja e área de vegetação natural em uma mesma microbacia hidrográfica. Foram coletadas amostras de solo nas camadas superficiais em pontos distintos. Foram avaliados atributos de qualidade química dos respectivos solos, determinando-se Matéria Orgânica, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Alumínio, pH. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e, as médias, foram comparadas pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ . Como análises complementares foram realizadas análises multivariadas pelo método de agrupamento de Ward. A medida de similaridade utilizada foi à distância euclidiana.

**Palavras-chave:** Comparativos de solo; Vale do São Patrício; uso e ocupação do solo, Solos do Cerrado.

## **USE OF CHEMICAL ATTRIBUTES SOIL QUALITY INDICATORS IN AS THE HYDROGRAPHIC BASIN OF RIO DAS ALMAS IN THE REGION OF GOIANESIA, STATE OF GOIÁS**

**ABSTRACT:** The Ceres microregion is one of the main economic regions of the State of Goiás and that Goianésia was the first region of the State to receive incentives from the federal government for development. In the Cerrado, the conversion of native forests to agroecosystems has been characterized by the degradation of soil quality. In this sense, this study aimed to evaluate the dynamics and evolution of soil chemical quality indicators in the Rio das Almas River Basin in Goianésia, Goiás. Four areas were evaluated: pasture, sugarcane, soybean and area of natural vegetation in the same micro-basin. Soil samples were collected in the superficial layers at different points. The results were submitted to the analysis of variance by the Test F and the means were compared by the Tukey test. The results were submitted to the analysis of variance by the Test F and the averages were compared by Tukey's test  $p < 0.05$ . As complementary analyzes, multivariate analyzes were performed using the Ward grouping method. The measure of similarity used was at Euclidean distance.

**Keywords:** Soil comparative; St. Patrick's Valley; use and occupation of the soil, Cerrado Soils.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área do município de Goianésia, Goiás. ....	28
Figura 2: Área de cultivo de cana-de açúcar. ....	29
Figura 3: Área de cultivo de soja. ....	30
Figura 4: Área de cultivo de pastagem. ....	31
Figura 5: Área de vegetação natural. ....	31
Figura 6: Pontos de coleta de amostras de solo nas áreas de “a” mata natural, “b” soja, “c” pasto e “d” cana de açúcar. ....	32
Figura 7: Relação entre pH e a disponibilidade dos elementos no solo. ....	43

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Principais atributos químicos de qualidade de solo do ponto de vista agrônomo e os métodos de avaliação. ....	33
Tabela 2: Atributos químicos do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. ....	35
Tabela 3: Determinação de atributos químicos (Ca/Mg, CTC, saturação por alumínio e saturação de bases de solos cultivados com cana-de-açúcar, soja e pastagem no município de Goianésia-GO. ....	39

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
2.1. SOLO.....	10
2.1.1. Conceito .....	10
2.1.2. Degradação do solo .....	11
2.1.3 Fatores de formação de solos .....	12
2.1.4. Constituintes do solo .....	14
2.2. VEGETAÇÃO NATURAL.....	14
2.2.1. A Importância da vegetação natural para os solos .....	15
2.2.2. Degradação ambiental .....	15
2.3. USO DO SOLO .....	16
2.3.1. Degradação pelo uso antrópico.....	16
2.3.2. Qualidade do solo: .....	17
2.3.3. Fertilidade do solo: .....	18
2.4. INDICADORES QUÍMICOS DO SOLO: .....	18
2.4.1. Matéria orgânica dos solos.....	19
2.4.2. Fósforo e Potássio: .....	20
2.4.3. Teor de Alumínio: .....	20
2.4.4. Acidez trocável ou alumínio trocável:.....	21
2.4.5. Acidez total ou potencial (H+Al) .....	21
2.4.6. pH .....	22
2.4.7. Cálcio.....	22
2.4.8. Magnésio .....	22
2.4.9. Capacidade de Troca Catiônica (CTC) efetiva .....	22
2.4.10. Valor de percentagem de saturação de alumínio, m (%).....	23
2.4.11. Valor de Percentagem de Saturação de Bases V (%) .....	24
2.4.12. Textura do solo (argila, silte e areia).....	24
2.4.13. Correção do solo: .....	25
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO .....	27

3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	32
3.3 ANÁLISE DE DADOS .....	34
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>586</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Na década de 30 o governo Vargas implementou a “Marcha para o Oeste” com objetivo de ocupar o Centro Oeste de Goiás com uma agricultura moderna, articulando a malha ferroviária e rodoviária com o objetivo de abrir “escoadouros” para a produção nacional (MORAIS, 2005). Em 1942 através dos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND), criou-se a Colônia Agrícola Nacional de Goiás (CANG), a primeira de oito colônias fundadas pelo governo de Getúlio Vargas (FERREIRA, 2011). Um dos frutos desse processo foi a origem do município de Ceres, na região central do Estado de Goiás, localizado ao norte da atual capital, Goiânia. A CANG, além de fixar famílias no campo tinha o intuito de fazer da região Centro-Oeste um polo fornecedor de alimentos (grãos) para o Sudeste. Implantada em um terreno propício à agricultura, a colônia (atuais municípios de Ceres e Rialma) fazia parte da conhecida região do Vale do São Patrício e o desenvolvimento da região central foi consolidado graças ao fundador e primeiro administrador da colônia o Engenheiro Bernardo Sayão de Carvalho Araújo. Em razão de sua relevância econômica e administrativa, seria criada a Microrregião Ceres (CASTILHO, 2012).

Até o início da década de 70, o Estado de Goiás apresentava uma produção agrícola incipiente, sem interesse para o agronegócio brasileiro que estava instalado nas zonas nobres do país, o interior do Paraná, São Paulo, Minas Geral. No Centro-Oeste predominava a criação extensiva de gado, a extração de madeira, o carvão vegetal e a produção de arroz em áreas de várzea (ROQUE, 2006). Três décadas depois, a região Centro-Oeste tornou-se o maior centro de produção primária do Brasil, concentrando 60% da produção de soja, mais de 75% de toda a colheita de milho e expressiva oferta de arroz, feijão, trigo, girassol, cevada, seringueira e hortifrutigranjeiros, entre inúmeros produtos. Abriga mais de 40% do rebanho bovino do país, estimado em 195 milhões de cabeças, e mais de 55% da produção de carne vermelha. Estima-se que o Brasil possui cerca de 190 milhões de hectares de pastagens cultivadas. Só no Bioma Cerrado ocupam uma área de 54,1 milhões de hectares, ou seja, 26,4 % do bioma (SANO et al., 2010). As boas condições físicas e topográficas tornam esses solos altamente produtivos, sendo amplamente utilizados com produção de grãos e exploração pecuária. A baixa fertilidade e baixa retenção de umidade acabam sendo o gargalo para a produtividade (FIGUEIREDO, 2016).

No Estado de Goiás, na região central do Estado, localiza-se a microrregião de Ceres, região do Mato Grosso de Goiás que segundo Faissol (1952) abrangia aproximadamente 20.000 quilômetros quadrados, localizados no Centro-Sul de Goiás, e era uma região propícia para o crescimento demográfico, pois continha vários fatores que permitiam tal afluência, a região era de solo propício a agropecuária, o solo da região é resultante de decomposição das rochas eruptivas básicas com significativa abundância de húmus. Faissol (1952) mapeou e compartimentou a região do Mato Grosso Goiano em três grandes áreas: a região do rio São Domingos em Anicuns; a região de Guapó, próximo a Goiânia e a região da CANG, situada na microrregião de Ceres, e os denominou, respectivamente, de “Mata de Santa Luzia ou de São Domingos”, “Mata da Posse” e “Mata de São Patrício”.

O Município de Goianésia com área constituída em grande parte de cerrados agricultáveis tinha uma área plantada em 2010 de 225.280 ha, perfazendo 12,6% do território municipal, sendo a maior parte dessa área explorada pela cana de açúcar com 75,06%, seguido pelo milho com 10,88% e a soja com 8,60%. As principais culturas da região são: cana de açúcar, soja, milho, arroz, tomate, mandioca, feijão e banana.

Nessas áreas predominam solos eutróficos, ou seja, com alta fertilidade. No entanto, como desmatamento intensivo e indiscriminado que ocorreu nas últimas três décadas, bem como o manejo inadequado dos solos verifica-se a ocorrência de impactos ambientais como os fenômenos erosivos, compactação e contaminação dos solos e dos recursos hídricos (SANO et al., 2008).

Goianésia é uma região em que os solos LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO são predominantes, com a ocorrência de algumas manchas de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, todas com distrofia bastante acentuada. As terras de cerrado são de baixa fertilidade, e as do município de Goianésia não são diferentes. O nível de potássio é considerado relativamente bom. O teor de matéria orgânica é baixo somado à baixa capacidade de troca catiônica, resultando conseqüentemente numa baixa capacidade de retenção de água. A maioria destes solos apresenta teores de alumínio tóxico variando de 0,1 a 1,0 me/mg. O pH varia de 4,0 a 5,8 (LEPSCH, 2016).

As correlações dos atributos químicos do solo regulam os processos e os aspectos relacionados à sua variação espacial e temporal, de tal forma que qualquer alteração pode afetar diretamente a sua estrutura e a atividade biológica e,

consequentemente, a sua qualidade (CARNEIRO et al., 2009). Avaliações de alterações nas propriedades químicas do solo, em relação à intervenção antrópica em ecossistemas naturais, interferem como ferramentas para auxiliar no monitoramento da conservação ambiental, já que permitem identificar a atual realidade da região, alertar para possíveis condições de risco e, presumir ocorrências futuras, sobretudo quando tomada como referência a vegetação nativa original. Portanto é de suma importância ter conhecimento das inter-relações das propriedades do solo para que possa fazer uma correção adequada para cada tipo de solo (CARDOSO et al., 2011).

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo geral:

Avaliar os atributos químicos do solo comparando áreas de vegetação natural com área de pastagem, cultivo agrícola de cana de açúcar, soja dentro de mesma bacia e um mesmo tipo de solo no município de Goianésia, Goiás.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. SOLO**

#### **2.1.1. Conceito**

O solo é definido como uma coleção de corpos naturais, que contém partes tanto sólidas quanto líquidas, é um sistema tridimensional dinâmico que está presente na parte superior do planeta Terra. Este composto compreende uma gama de organismos vivos e dinâmicos que sofrem grandes influências das atividades antrópicas (EMBRAPA, 2006).

Jacomine (2013) diz que o solo é a estrutura física que mantém os microrganismos e torna possível a vida na terra. É o suporte para que ocorra uma simbiose com a natureza, armazenando recursos, faz a sustentação, desenvolve plantas, realiza ciclos biogeoquímicos, produz alimentos, Azevedo; Dalmolin (2006) concebem o solo como o maior banco de recursos para produção de alimentos para a humanidade, pois retém e transforma substâncias naturais ou produzidas pelo ser humano. O solo é considerado como um sistema aberto entre os diversos geocossistemas do nosso planeta, onde uma unidade da paisagem que se caracteriza por constituir a interação

entre o solo, a microfauna/microfauna edáfica que nele vivem (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

### 2.1.2. Degradação do solo

O conceito de área degradada ou de paisagens degradadas pode ser compreendido como locais onde existem (ou existiram) processos causadores de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade produtiva dos recursos naturais (PARROTA, 1992). Segundo Corrêa; Melo (1998) as áreas degradadas são os ecossistemas alterados onde as alterações de perdas ou excessos são as formas mais usuais de alterações ambientais.

A degradação do solo é definida como a alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento, como os potenciais (ABNT NBR-10703 1997). O clima e o tempo são considerados os fatores principais para a transformação do solo. O Clima tem entre os seus componentes o calor, a umidade, o vento, que interferem nessa transformação. Os organismos e o relevo são determinantes no processo pelo grau de efetividade de cada processo básico de intemperismo: físico, químico e biológico (CARNEIRO et al., 2009).

A preocupação com a conservação dos recursos naturais tem sido crescente nas últimas décadas. Os ecossistemas naturais apresentam integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, decorrente de processos essenciais de ciclagem de nutrientes e acumulação e decomposição da matéria orgânica. Entretanto, a ação antrópica promove alterações nesses atributos e na maioria das vezes, causa impacto ambiental negativo (SILVA et al., 2007). Nessa situação, pode ser estabelecido um processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além de perda da produtividade das culturas.

O impacto ambiental pode ser definido como qualquer modificação do meio ambiente, negativa ou positiva, que ocasione, no todo ou em parte, alterações nos aspectos ambientais. Os impactos positivos são aqueles que levam à melhoria socioeconômica, físico e químico para o ambiente e negativo quando causa danos de alguma espécie (SÁNCHEZ, 2015).

Quando se fala em formação dos solos, os pontos principais são: fatores e processos fazendo com que, em relação da alteração desses fatores e processos, os solos

apresentam propriedades e características que os diferem uns dos outros. O intemperismo físico é quando ocorre a ação de forças físicas externas que atuam degradando e alterando o tamanho e forma das rochas, sem alterar a composição química, propriedades físicas, estrutura, aparência, estabilidade, ocorrência e associações dos minerais.

O intemperismo químico ou decomposição se dá quando a composição química da rocha é alterada, convertendo os minerais primários em minerais secundários. No intemperismo biológico, o principal agente são os seres vivos, eles interagem com os citados anteriormente potencializando sua ação (CARNEIRO et al., 2009).

### 2.1.3. Fatores de formação de solos

Segundo a Zimback (2003) a formação do solo é dada pela interação de fatores do ambiente ao longo do tempo, sendo a seguinte descrição:

$$S = f(m, r, o, c, v, t);$$

Em que f = função; m = material de origem; r = relevo; o = organismos, v = vegetação; t = tempo (EMBRAPA, 2006).

O material de origem do solo derivado de uma rocha mãe são os compostos do material parental que se originaram dessas rochas por desagregação e decomposição através do intemperismo, que é a ação da natureza que causam a alteração de forma biológica, física ou química que altera a estrutura e causam modificações das rochas e dos solos transformando-os em outra, essas alterações causadas pelas ações do tempo e da natureza principalmente em solos profundos quando há maior pressão decompõe as rochas alterando as suas estruturas e são transformadas em solo (AESCHLIMANN et al., 2010).

O relevo age de forma direta na formação dos solos. Quando vemos o relevo sob as diferentes dimensões: Que são as áreas planas e altas ocorre uma maior penetração de água no solo causando assim menor incidência de enxurradas, tornando grande a lixiviação interna, e os solos profundos com alta intensidade de intemperização e bem ácidos e pobres em nutrientes. Nas áreas onde a declividade é maior, há menos penetração de água, ocasionando uma maior intensidade de enxurradas e menor lixiviação, assim ocorre a formação de solos mais rasos, com menor intensidade de

ácidos e maior quantidade de nutrientes, estas áreas onde predominam as baixadas, em decorrência da gravidade, há uma maior acumulação de material, não sendo intemperados, com pouca acidez e geralmente ricos em nutrientes (ZIMBACK, 2003).

Os organismos agem na formação do solo como fornecedores de matéria orgânica, são contribuintes com determinados compostos orgânicos que interferem na composição entre alguns solos (ZIMBACK, 2003).

A vegetação protege e realiza um trabalho de estabilizar o solo e a paisagem nas regiões onde a força da água sofre maior ação da gravitacional e tendem a não percolar devido a força da gravidade, e com o solo coberto pelas florestas essa força tende a diminuir tornando possível a infiltração da água, abastecendo os lençóis freáticos e reduzindo a velocidade e o arrastamento de materiais superficiais do solo (SANTOS, 2017).

O tempo como formador de solo, pois o mesmo é resultado de reações químicas e de ações de forças físicas para a atração de partículas. Para que isto ocorra é necessário um determinado tempo. Como algumas reações químicas demandam tempos diferentes de outras, os solos demandam tempos diferentes para se estabilizarem (ZIMBACK, 2003).

Os Processos de formação do solo são as formas como estes fatores se interagem, resultando na formação dos diferentes tipos de solo e são os seguintes:

**Adição:** É tudo que é adicionado a estrutura do solo, ou seja, que incorpora no corpo do solo, oriundo de origem externa à dele, sendo por adição de compostos orgânicos, ou por adição de componentes minerais, transportado pela erosão ou pela água do lençol freático.

**Perda:** É tudo que se perde do corpo do solo, podendo ocorrer pela erosão por queimadas (pela superfície), ou por lixiviação (em profundidade).

**Transporte:** É tudo o que é transportado no interior do corpo do solo, podendo ser por processos seletivos (migração de argila, etc.), ou por processos não seletivos (transporte por formigas, cupins, etc.).

**Transformação:** É a mutação ocorrida pelos minerais que constituem o material de origem, originando minerais secundários, sobretudo aos minerais de argila, ou quando ocorre a formação do solo há a transformação dos compostos orgânicos presentes no mesmo (LEPSCH, 2016).

#### 2.1.4. Constituintes do solo

O solo é o resultado de ações concomitantes com o clima e organismos que operam sobre um material de origem (rocha), em uma determinada paisagem ou relevo, durante certo período de tempo. O solo é formado fundamentalmente por matéria mineral, matéria orgânica, água e ar. É, porém, chamado de sistema trifásico por dividir-se em três segmentos: sólido (matéria mineral associada a matéria orgânica), líquido (água) e gasoso (ar). Os solos com um teor elevado de argila têm uma capacidade maior de sofrer um processo de agregação. As formações de agregados influenciam a estabilidade e alteram a textura do solo. Quando há uma presença representativa de argila os fragmentos do solo tendem a ficar mais coesos conforme (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011), o que não acontece em solos arenosos, por estes terem uma menor fração de matéria orgânica, que é a responsável pela coesão não tem a capacidade formar agregados (SANTOS et al., 2011).

##### Capacidade do solo:

A capacidade do solo é a capacidade que o mesmo tem para realizar as funções na natureza (DORAN, 1997). Atuar como agente para o crescimento vegetativo das plantas. Agir como o regulamentador e seccionador do fluxo de água no ambiente; estocar e realizar a ciclagem de elementos químicos na biosfera. Ser o tamponador ambiental para atenuar a degradação de compostos que possam ser prejudiciais ao ambiente (LARSON; PIERCE, 1994).

A qualidade do solo concerne com as atribuições que habilitam o solo a aceitar, realizar, estocar e reciclar a água os nutrientes e a energia nele contida (BOUNILHA, 2011). Não se pode correlacionar textura do solo com qualidade do solo, pois para cada cultura existe uma exigência, não podendo uniformizar os padrões de valores, determinando um solo bom ou ruim (KLEIN et al., 2010).

## 2.2. VEGETAÇÃO NATURAL

Av. Universitária Km 3,5  
Cidade Universitária - Anápolis/GO  
75083-515

### 2.2.1. A Importância da vegetação natural para os solos

Segundo Tambosi et al. (2015), as áreas de mata natural têm diversas funções eco hidrológicas, cada uma com a sua devida importância, como recarga de aquíferos, contenção de processos erosivos com a redução de escoamento superficial e proteção de cursos d'água, sendo necessária que tenha uma cobertura vegetal para cada situação e posição do relevo. O estado vegetativo e as condições biológicas das matas interferem diretamente em suas ações como, quanto maior o seu estado, maior é a capacidade de interceptar a chuva e reter a água para que infiltre no solo (FERRAZ et al., 2014).

A manutenção de áreas de matas nativas tem uma fundamental importância para a manutenção do ecossistema, do equilíbrio ambiental, tendo um papel de fundamental importância como reguladora da quantidade de água infiltrada e manutenção e controle dos parâmetros físicos e químicos dos cursos d'água, no controle de erosão e aporte de sedimentos (LIMA et al., 2012). As localizações geográficas das matas naturais precisam estar bem demarcadas no relevo para poder cumprir o seu papel de agente limitador desses danos, como topo de morro, encostas e seus vales, margem de rios e reservatórios d'água, (FALKENMARK et al., 1999).

A presença de matas nas encostas reduz a velocidade do escoamento superficial sendo um bloqueio para as ações naturais e da erosão e com a retirada dessas barreiras o ambiente fica exposto se tornando um alvo para os desastres naturais. Uma fração da precipitação que chega a atingir o solo, podendo infiltrar ou escoar pela superfície, o que controla essa quantidade de água é a vegetação de cobertura e o tipo de solo (GUIZELINI, 2011).

### 2.2.2. Degradação ambiental

A degradação ambiental definida é como as modificações causadas pela antropização aos ecossistemas naturais, modificando suas características físicas, químicas e biológicas originais, causando danos à humanidade, sendo as principais delas: lixiviação, assoreamento de rios, esgotamento de solos, erosão, laterização, salinização e aparecimento de voçorocas. As consequências decorrentes destes

processos de degradação do solo podem deixá-lo infértil ou com baixas concentrações de nutrientes, dificultando ou inviabilizando a prática da agricultura, aceleração do processo de desertificação em determinadas áreas, desfiguração de paisagens naturais (SABESP, 2003). A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação das características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento sócio econômico, alterando a paisagem natural e danificando o ecossistema local e alterando a paisagem local (SESSEGOLO, 2006).

### 2.3. USO DO SOLO

#### 2.3.1. Degradação pelo uso antrópico

O uso do solo pelo homem tem alterado significativamente as propriedades físico-químicas e biológicas do solo. Estas atividades são responsáveis pelas alterações das condições do solo, do clima, pelos tipos e práticas de culturas exploradas. Dentre as práticas se destacam o desmatamento, que é a primeira ação a ser realizada para o cultivo, em seguida em várias regiões ainda são realizadas as queimadas dos restos culturais, trazendo grandes danos à biota do solo e na sequência o preparo do solo, expondo o solo aos fatores climáticos intensificando a degradação (SILVA, 2003). O conjunto destas práticas estabelece um novo status para o equilíbrio do solo, ora podendo melhorar ou piorar, dependendo dos fatores a serem analisados.

O desmatamento e as queimadas são os principais causadores de impactos como diminuição do regime de chuvas, prolongação da estação seca e modificações nos processos de reciclagem de precipitação são ações realizadas pelo homem para a instalação da agricultura e pecuária, estas as atividades de origem antrópica resultam na conversão parcial da área de mata natural em áreas exploradas pelo homem para implantação da agropecuária. O desmatamento e as queimadas emitem gases e partículas levando a alterações negativas no ciclo hidrológico (SANTOS, 2017).

O desmatamento resulta na redução de florestas nativas substituindo-as por pastagens, ocasionando a redução nos estoques de carbono orgânico e carbono microbiano no solo. As perdas nos estoques de carbono ocorreram nas três frações húmicas, mas, proporcionalmente, as maiores perdas ocorreram nas frações ácidos

húmicos e fúlvicos. As pastagens cultivadas e nativas, sob pastejo contínuo, não são capazes de acumular mais carbono no solo do que os ecossistemas naturais (CARDOSO et al., 2011).

Nas áreas de pastagens existe uma substancial redução de matéria orgânica do Solo (MOS) e de capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva e ocorre também uma redução da qualidade química do solo e promovendo uma leve degradação da qualidade física do solo, evidenciada pelo aumento da densidade do solo e resistência do solo à penetração diminuição da porosidade total, macroporosidade e condutividade hidráulica saturada, porém sem atingir limites considerados restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular (CARDOSO et al., 2011). Uma das principais causas da degradação em áreas desmatadas e cultivadas tanto por agricultura como por pastagens é a compactação do solo causada pelo grande tráfego de máquinas e implementos agrícolas e pelo pisoteio animal (QUEIROZ, 2008).

### 2.3.2. Qualidade do solo

A qualidade do solo é definida pela capacidade do solo em funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado de forma a sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas, animais e dos homens (FREITAS et al., 2012; DORAN; PARKIN, 1994).

Embora existam vários métodos para monitorar e avaliar a qualidade da água e do ar, nenhum método isolado tem sido amplamente aceito para atribuir um índice de qualidade ao solo, devido à complexidade e variabilidade desse sistema (FREITAS et al., 2013). O teor de matéria orgânica associa a vários outros indicadores químicos do solo, como a acidez, os nutrientes, elementos fitotóxicos ( $Al^{3+}$ , por exemplo) e determinadas relações como a saturação de bases (V%) e por alumínio (m%).

Araújo (2012) correlaciona a qualidade do solo e os fatores de formação do solo. Destaca a qualidade do solo como um ramo da pedologia, focando as características do solo e alterações decorrentes da intervenção humana e natural. E nesse parâmetro habilita-se uma visão mais globalizada dos ecossistemas, tornando-se difícil avaliar a qualidade do solo.

### 2.3.3. Fertilidade do solo

A primeira medida a ser realizada para a avaliação e uma boa tomada de decisão ao implantar uma nova cultura é conhecer a fertilidade do solo, assim as ações poderão ser mais consistentes e adequadas. A fertilidade do solo é conhecida através de análises químicas, físicas e biológicas, visuais, além do estudo de colóides, por métodos quantitativos (ORLANDO FILHO et al., 1994).

O conhecimento da fertilidade química dos solos é importante para saber as quantidade e tipos de fertilizantes, corretivos e manejo geral que devem ser aplicados ao solo com a intenção de recuperar e promover uma boa nutrição, crescimento e produção adequada para a planta.

Um solo produtivo é um solo que tem uma boa fertilidade, que proporcione boas condições químicas para o crescimento da planta, que forneça nutrientes numa quantidade balanceada para seu crescimento, desenvolvimento e produtividade. Desta forma, a diagnose consiste em um complemento a análise de solo para a recomendação de fertilizantes, realizando de forma holística a avaliação dos fatores do solo e da planta que poderiam estar limitando o crescimento, desenvolvimento e a produção da planta.

## 2.4. INDICADORES QUÍMICOS DO SOLO

Os indicadores químicos do solo são compostos por macro e micronutrientes, e pH. Os macronutrientes que também são chamados de macronutrientes primários, que são N, P, K, e os macronutrientes secundários, Ca, Mg e S. Os Micronutrientes são B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl, Mn e Nq ou também chamados de elementos de traço. Estes elementos são originados minerais e de matéria orgânica que estão disponíveis no solo. Os que não estão disponíveis no solo necessitam de serem repostos, de forma que as plantas possam ser supridas e completem seus ciclos de vida.

Inúmeros são os elementos que podem ser encontrados em uma amostra de solo e que podem ser absorvidos pelas plantas. A presença de um elemento químico no tecido vegetal não implica que este seja fundamental para a nutrição da planta, é

necessário separar os elementos que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, daqueles que não são essenciais.

Diversas pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de identificar os atributos e indicadores da qualidade do solo em sistemas agropecuários implantados em substituição aos ecossistemas nativos (CARDOSO et al., 2011), e avaliando-se o efeito integrado dos mesmos, expressos por meio de índices (FILHO et al., 2009). Dois diferentes enfoques têm sido propostos para estabelecer critérios de referência da qualidade do solo: aquele relacionado à área sob vegetação nativa, por representar as condições ecológicas de estabilidade do ambiente; e aquele relacionado a parâmetros agronômicos que maximizem a produção e conservem o meio ambiente (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Para Gomes; Filizola (2006), as definições para os principais indicadores químicos de qualidade do solo são definidas como pH, carbono orgânico, matéria Orgânica, P, K,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Al^+$ , H + Al, Ca/Mg, CTC efetiva, nitrogênio do solo, m (%), V(%), textura do solo Estes indicadores apresentados na pesquisa relatam somente a fertilidade no solo.

#### 2.4.1. **Matéria orgânica dos solos**

A matéria orgânica dos solos é um agente de potencial relevância para a determinação da qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994; MIELNICZUK, 1999), atua como pressuposto essencial no fornecimento de nutrientes às plantas, atuando na infiltração, retenção de água e na vulnerabilidade à erosão além de ser modificada de forma significativa quanto ao manejo do solo. Entre suas atribuições ela também atua na ciclagem de nutrientes e na incorporação e anulação de elementos tóxicos, influenciando de forma significativa na estrutura dos solos. Em solos tropicais, quando são extremamente intemperizados, tem uma relação direta com a baixa CTC (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O aumento da MOS pode ser considerado como um dos melhores benefícios do manejo do solo, por causa de seu impacto em outros indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade do solo. A função física da MOS se refere à melhoria da estrutura do solo e, conseqüentemente aeração, drenagem e retenção de umidade.

Biologicamente, sua função é fornecer carbono como fonte de energia para os microrganismos, promovendo a ciclagem de nutrientes. Sua função química é manifestada por sua capacidade de interagir com metais, óxidos e hidróxidos metálicos, atuando como trocador de íons (Capacidade de Troca Catiônica, CTC) e na estocagem de nitrogênio, fósforo e enxofre (PRAKASH; MCGREGOR, 1983 apud SCHNITZER, 1991). Outra característica a ser destacada é a liberação de ácidos orgânicos durante sua decomposição, que pode complexar o Al monomérico ou se ligar às cargas elétricas dos óxidos de ferro e alumínio, diminuindo assim, os sítios de adsorção de P (HAYNES; MOKOLOBATE, 2001).

#### 2.4.2. **Fósforo e Potássio**

As principais fontes naturais de nutrientes das plantas que se desenvolvem no solo são os minerais primários das rochas e dos resíduos orgânicos. A composição e estrutura da rocha e os processos de intemperismo são os principais condicionantes da quantidade e qualidade dos nutrientes.

O teor de fósforo no solo é definido pelo extrator Mehlich-1 que se baseia no princípio da dissolução de minerais contendo P e/ou deslocamento de P retido nas superfícies sólidas do solo. É necessário que observação os teores de argila do solo para poder interpretar os teores de fósforo pelo Mehlich-1 (CORREA, 1993).

Teores altos de potássio indicam presença de minerais primários e pouco intemperismo, o que ocorre em solos de regiões mais secas. Teores mais baixos de potássio indicam solos mais intemperizados. O teor de potássio no solo pode ser elevado com a aplicação de adubos contendo o nutriente (KAMINSKI, 2007).

#### 2.4.3. **Teor de Alumínio:**

No Brasil, estudos desenvolvidos em solos de cerrado presente a elevada saturação por Al em subsuperfície como causa da redução do rendimento das culturas (GONZALEZ-ERICO et al., 1979). A toxicidade causada pelo Al e/ou a deficiência de cálcio em solos do cerrado tem sido apontada, também, como restritiva ao crescimento do sistema radicular (SOUSA, 2004).

#### 2.4.4. Acidez trocável ou alumínio trocável:

A presença de alumínio no solo pode inibir o crescimento radicular e influenciar na disponibilidade de outros nutrientes e processos como a mineralização da matéria orgânica. O Al, em especial, além da paralisação do crescimento, causa engrossamento das raízes, devido ao enrijecimento da parede e à inibição da divisão celular (FOY; FLEMING, 1978; FOY et al., 1978), o que por sua vez, altera a absorção e utilização de nutrientes, especialmente o fósforo (CANAL; MIELNICZUK, 1983). Diante disso, em solos cuja fertilidade natural é baixa e a acidez é elevada, o suprimento de elementos essenciais pode não ser adequado para a obtenção de boas colheitas onde os riscos de deficiência hídrica são muito elevados, visto que o desenvolvimento das raízes se concentra na camada superficial, mais rica em nutrientes e matéria orgânica.

#### 2.4.5. Acidez total ou potencial (H+Al)

O diagnóstico da acidez do solo é feito pela interpretação dos valores de pH em água e pela porcentagem da saturação por bases, em amostras coletadas na camada 0-25 cm, pressupondo-se que não há presença de elementos tóxicos, em especial o Al, para propiciar às culturas um ambiente adequado ao seu desenvolvimento. O pH do solo deve ser superior a 5,5 e a saturação por bases superar 65% da capacidade de troca catiônica. A elevação do pH a valores superiores a 5,5 faz com que as formas trocáveis e polímeros parcialmente hidrolisados de alumínio transformem-se em  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , o qual não afeta o desenvolvimento das plantas e, por estar na forma neutra e insolúvel, tem sua atividade drasticamente diminuída. Também, com o aumento do pH há criação de cargas negativas o que contribui para a capacidade de troca catiônica (CTC). Quando somente um desses critérios for atendido, a calagem só não é indicada se a saturação por Alumínio for menor que 10% e se o teor de fósforo for classificado como “muito alto”, conforme as indicações técnicas da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004).

#### 2.4.6. pH

É o índice de concentração de  $H^+$  encontrado no solo utilizado para fazer determinação de uma acidez quando o pH for maior que 7, ele é neutro quando o valor do pH for igual a 7 ou básico quando este pH maior que 7, O pH controla a solubilidade dos nutrientes no solo. Tem uma relação direta com a capacidade do poder de absorção dos nutrientes pela planta. Em solos ideais para cultivo este valor deve ser entre 6,0 e 6,5. Podendo se estender para valores de 5,5 a 6,8, em  $CaCl^2$ . Os solos do cerrado são caracterizados por ter o pH bem baixo (KAMINSKI, 2007).

#### 2.4.7. Cálcio

A função do Cálcio na planta é estimular o desenvolvimento das raízes e folhas. Compõe as paredes celulares, reforçando as estruturas das plantas. Influencia reduzindo a solubilidade e toxidez de elementos químicos nocivos à planta como, manganês, cobre e alumínio. Melhora o desenvolvimento das raízes, induzindo a atividade microbiana e potencializando a absorção de outros nutrientes (LOPES, 1998).

#### 2.4.8. Magnésio

O magnésio é um dos elementos que pode estar presente no solo e que junto com o nitrogênio compõe a clorofila. O magnésio colabora com o metabolismo do fosfato, contribui também para a respiração e em vários sistemas enzimáticos. Ele normalmente é proveniente da intemperização de rochas que contém biotita, hornblenda, dolomita e clorita. Os solos contêm geralmente menos magnésio do que cálcio. A principal fonte do magnésio é o calcário dolomítico, um produto que contém cálcio e magnésio e tem a principal função de neutralizar a acidez do solo (LOPES, 1998).

#### 2.4.9. Capacidade de Troca Catiônica (CTC) efetiva

Av. Universitária Km 3,5  
Cidade Universitária - Anápolis/GO  
75083-515

A capacidade de troca catiônica efetiva é a capacidade que o solo apresenta em fazer a adsorção de cátions próxima ao valor do pH natural.

$$CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + H^+ + Al^{3+} Na^+ + NH_4^+$$

A disponibilização dos nutrientes que faltam é realizada com a aplicação de fertilizantes químicos minerais com matéria orgânica e minerais retirados de jazidas ou do ar (no caso da fixação biológica do nitrogênio). Os macros e micronutrientes estão presentes em quase todo tipo de matéria orgânica, não podendo deixar de dizer que é um excelente repositório desses nutrientes, aumentando sua fertilidade. Os elementos químicos apresentados nos fertilizantes minerais são na sua maioria solúveis e se tornam prontamente disponíveis para as plantas em compensação também são lixiviados com maior facilidade (RONQUIM, 2010). Uma pesquisa feita pelo World Resources Institute (WOOD et al., 2001.), chegou a conclusão que, quando há um alto teor de alumínio, baixa incidência de potássio e alta capacidade de fixação do fósforo, configuram solos de fertilidade baixa (WERLE et al., 2008).

#### 2.4.10. Valor de percentagem de saturação de alumínio, m (%)

Esta relação é empregada na separação de classes de solo quanto à saturação por alumínio do solo, for alta, ou seja, maior ou igual a 50%. Normalmente a alta saturação por alumínio está associada ao baixo teor de cálcio no solo, uma vez que para a redução do alumínio tóxico é necessária a aplicação de corretivos e estes podem possuir o nutriente cálcio. A percentagem de saturação por alumínio é dada pela seguinte expressão:

$$Sat. Alumínio m (\%) = 100 Al^{3+} / (S + Al^{3+})$$

M (%) é percentagem de saturação por alumínio.

Valor S – soma de bases trocáveis, em cmolc kg<sup>-1</sup>

Al<sup>3+</sup> – concentração de alumínio trocável no solo, em cmolc kg<sup>-1</sup>

#### 2.4.11. Valor de Percentagem de Saturação de Bases V (%)

É a razão entre o total de bases e o teor encontrado na amostra em relação percentual com a CTC pH 7,0, ou CTC total. Por exemplo:

$$V (\%) = \frac{SB}{CTC} \times 100$$

Assim é possível se calcular a saturação de todas as bases individualmente e expressa-las em porcentagens. As bases determinadas na análise do solo são cálcio, magnésio, potássio e sódio. Estas são expressas em porcentagem como índice de saturação.

A soma de todos estes índices das bases (Ca%, Mg%, K% e Na %) é a V (%) ou Saturação de Bases representa a participação das bases trocáveis em relação ao total de cátions no complexo. Este valor é utilizado para a caracterização de solos eutróficos e distróficos, sendo que  $\geq 50\%$  é eutrófico e  $< 50\%$  distrófico.

#### 2.4.12. Textura do solo (argila, silte e areia)

A textura do solo é determinada pela quantidade de areia, silte e argila que está presente numa amostra. O tamanho das partículas que determinam essa textura, podendo ser argilosa quando o tamanho das partículas é menor, é denominado silte quando são de tamanho intermediário e arenoso quando são maiores. O teor de argila dos solos é importante para o cálculo das recomendações de corretivos e fertilizantes, já que a textura do solo direciona os parâmetros para que haja tais reações (NOVAIS; SMITH, 1999; RIBEIRO, 1999).

O solo é constituído de materiais minerais resultante da decomposição das rochas com tamanhos variáveis:

Areia: é um componente do solo que não tem coesão nem plasticidade, das partículas, ou seja, é um solo que possui partículas grandes, variando de 0,006mm até

2mm. Areias grossas:  $\Phi$  entre 0,60 mm e 2,0 mm; Areias médias:  $\Phi$  entre 0,20 mm e 0,60 mm; Areias finas:  $\Phi$  entre 0,06 mm e 0,20 mm. Os tamanhos dos grãos determinam a sua textura e resistência.

Siltes: São minerais que apresentam pequena ou nenhuma plasticidade e que uma baixa resistência quando seco ao ar. O tamanho das suas partículas é menor que o da areia, com diâmetros variando entre 0,002 mm e 0,06 mm.

Argila: São constituídos por uma granulação fina com partículas com dimensões menores que 0,002 mm, apresentando uma maior coesão e plasticidade. Este solo quando está umedecido, moldam-se e quando estão secas formam torrões que se tornam duros. São definidos pela plasticidade, textura, sensibilidade e consistência em sua umidade natural (ALMEIDA, 2005).

#### 2.4.13. Correção do solo

De fato, a calagem superficial tem proporcionado melhorias no ambiente radicular e alterações nos atributos químicos no perfil do solo, porém as alterações com relevância agrônômica e que facilitam o desenvolvimento radicular limitam-se a poucos centímetros, agravados em situações com impedimento físico por compactação ou selamento de poros (KAMINSKI et al., 2007). Os efeitos proporcionados pela calagem superficial podem ser comparáveis à calagem incorporada em solos menos argilosos, com menor acidez potencial e com teores elevados de nutrientes, em especial fósforo (CAIRES et al., 1998; AMARAL, 2002; GATIBONI et al., 2003; VILELA; ANGHINONI, 1984). Entretanto, nem sempre as alterações nos atributos químicos do solo são consideradas eficientes. A eficiência da calagem é determinada, independentemente da forma de aplicação, pelo tempo de manutenção do efeito na camada neutralizada e pelo volume de solo corrigido, no qual o alumínio tem a sua atividade drasticamente diminuída e a saturação por bases supera a metade da CTC (KAMINSKI et al., 2005).

Trabalhos de Gonzalez-Erico et al. (1979), Quaggio et al. (1982) e Quaggio et al. (1985) concordam com estes dados, demonstrando que a calagem, em doses superiores às necessárias, pode proporcionar a correção de camadas do subsolo. Os efeitos da calagem só ocorrem em profundidade após o pH na zona de dissolução do

calcário ter atingido valores acima de 5,5 (PAVAN; ROTH, 1992). Enquanto existirem cátions de reação ácida da solução do solo ( $H^+$ ,  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ), a reação de neutralização da acidez ficará limitada à camada superficial, retardando o efeito em subsuperfície. Para que haja neutralização da acidez em profundidade, os produtos da dissociação do calcário têm de ser arrastados para camadas inferiores (RHEINHEIMER et al., 2000). Além disso, o aumento da CTC, pela elevação do pH, aumenta a retenção de cátions (PETRERE; ANGHINONI, 2001). Isso diminui a migração dos cátions para camadas mais profundas.

Os processos que promovem a migração dos agentes de neutralização da acidez no perfil do solo (KAMINSKI et al., 2005). Alguns autores (MIYAZAWA et al., 1993; OLIVEIRA; PAVAN, 1996; FRANCHINI et al., 1999) consideram que as substâncias orgânicas hidrossolúveis promovem a migração de cálcio e atuam como ligantes complexando o alumínio e aliviando seus efeitos deletérios. Outros (AMARAL, 2002; PETRERE; ANGHINONI, 2001) atribuem os efeitos em profundidade às partículas de calcário que migram via canais e bioporos no perfil (CAIRES et al., 1998), (RHEINHEIMER et al., 2000), (MOREIRA et al., 2001), (GATIBONI et al., 2003) consideram que a correção depende da dose aplicada, do tempo decorrente da aplicação e das características físicas dos solos. Como se pode perceber, para que ocorra melhoria do perfil do solo através de aplicações superficiais de insumos é importante a manutenção de características físicas adequadas, a presença de bioporos e adições constantes de material orgânico.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado no município de Goianésia, localizado na microrregião de Ceres, situada na região central do Estado de Goiás, entre as coordenadas de Latitude: 15°17'35.08"S Longitude: 49° 5'0.29"O, com 685 m de altitude, numa área de 34.86 ha, sendo 8.63 ha de pastagem, 8.63 ha de lavoura de cana-de-açúcar, 8.91 ha de lavoura de soja e 8.69 ha de área natural. Segundo Köppen o clima local é classificado como tropical de savana, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso (*Aw*) e média pluvial anual de 1.500 mm. O relevo ondulado (14 % de declividade média), recoberto por um LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVd), classificado conforme Embrapa (2006).

A vegetação originária predominante no município é constituída de: cerrados, campos e matas, sendo que o capim-jaraguá e o colônião são as gramíneas forrageiras implantadas. A fitofisionomia do município é representada por duas formações: a floresta estacional semidecídua (Mato Grosso de Goiás), que ocorre na parte central e o cerrado, sob as formas de cerrado ralo e cerradinho, que ocupam o restante da área municipal. As atividades agrícolas, desenvolvidas principalmente no vale do Rio das Almas, bem como a pecuária, modificaram intensamente a cobertura vegetal primitiva (RIBEIRO; WALTER, 2008).

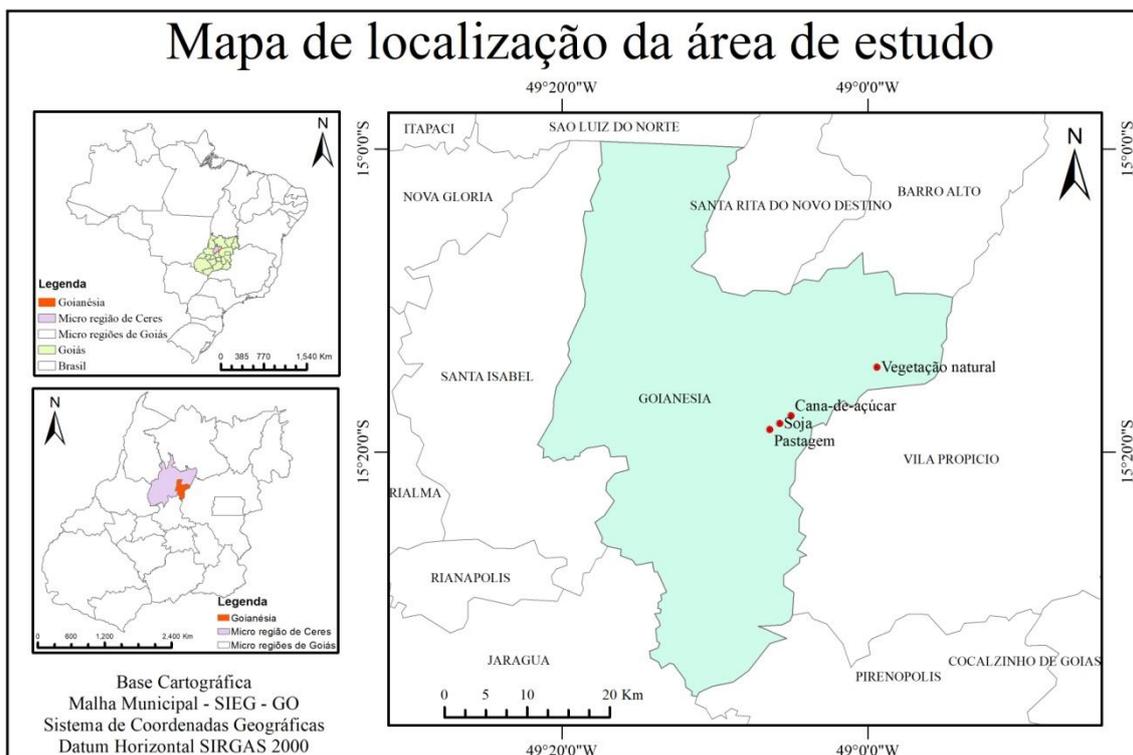


Figura 1: Mapa de localização da área do município de Goianésia, Goiás.

A cultura da cana de açúcar vem tomando espaço no Centro Oeste, melhorando a produtividade e o seu valor comercial. O conhecimento de novas técnicas e o uso de novos estudos agrônômicos para adaptação da cultura e do potencial genético tem trazido crescimento à produtividade (CHAVES et al., 2015).

A área de estudo da cana de açúcar está localizada nas coordenadas de latitude:  $15^{\circ}17'35.08''S$ , longitude:  $49^{\circ}5'0.29''O$  com 8,63 ha e foi plantada em março de 2014. Quando foram feitas as correções com adubação química N, P, K e calagem do solo. Em 2016 foi refeita a calagem sendo utilizado 3 toneladas de calcário com maiores concentrações de óxido de magnésio por hectare e em 2017 foi refeita a adubação química para a adubação das soqueiras com N, P, K, e esta área será toda reformada em 2019.

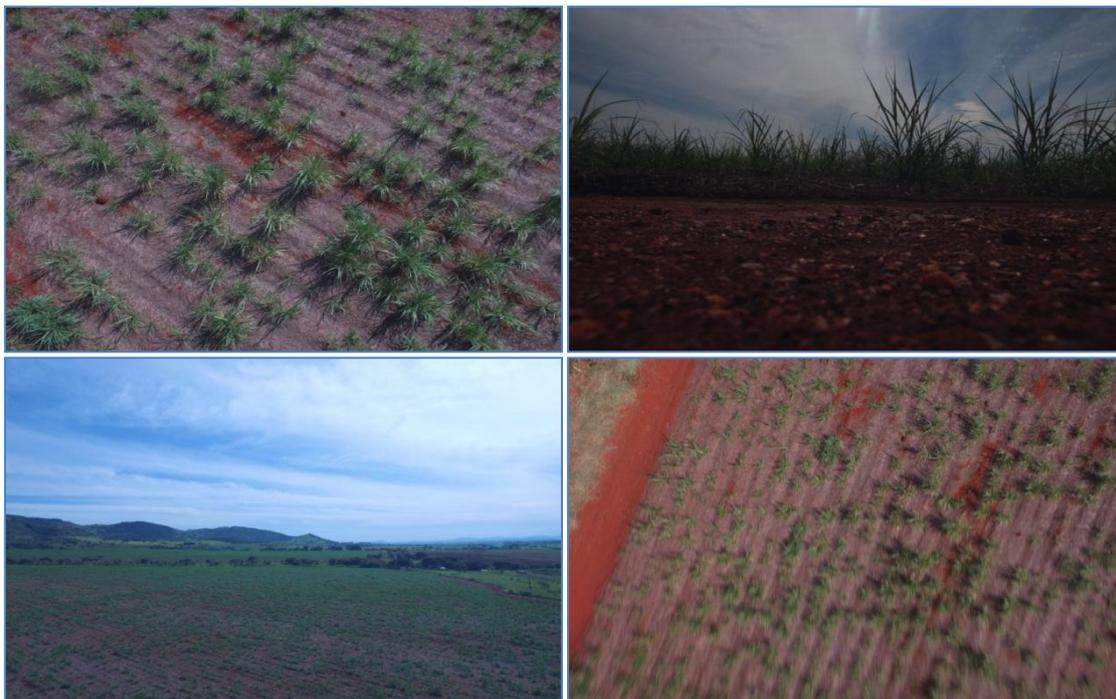


Figura 2: Área de cultivo de cana-de açúcar.

A cultura da soja vem mantendo a tendência de crescimento na área cultivada e nessa safra, a estimativa aponta para crescimento de produtividade de em até 2,9% em relação à safra passada. No estado são plantadas duas gerações de variedades transgênicas e um pequeno percentual de convencional. As de ciclo médio são as mais comuns dentre as utilizadas na região sul (CONAB, 2018).

A área de plantio de soja nesse estudo situa-se nas coordenadas latitude: 15°18'6.11"S, longitude: 49° 5'44.72"O, com uma área 8,92 ha, era coberta por cana de açúcar em 2016, quando houve a implantação da cultura de soja transgênica precoce em 2017 e 2018 com a aplicação de 1 tonelada de calcário e 0,4 toneladas de gesso por hectare e a correção química com  $P_2O_5$  e  $K_2O$  anualmente.



Figura 3: Área de cultivo de soja.

As áreas de pastagens ocupam aproximadamente 20% do território nacional, constituindo a maior classe de uso e cobertura da terra do Brasil. Como a maior parte do rebanho bovino brasileiro é alimentada a pasto, estas áreas são relevantes para a atividade pecuária do país (Atlas Digital das Pastagens Brasileiras).

A área de pastagem está localizada nas coordenadas de latitude: 15°18'30.00"S longitude: 49° 6'23.68"O, com 8,63ha formada a mais de 10 anos com capim *Brachiaria decumbens*, sem qualquer correção de acidez ou adubação química.



Figura 4: Área de cultivo de pastagem.

Como área testemunha, foram coletadas amostras em uma área de vegetação natural da Reserva da Mata do Macaco, no Município de Goianésia, Goiás, localizada nas coordenadas latitude:  $15^{\circ}14'23.18''\text{S}$  e longitude:  $48^{\circ}59'22.84''\text{O}$ .



Figura 5: Área de vegetação natural.

### 3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Descrição morfológica - Em cada área de cultura foram coletadas 10 amostras deformadas para a caracterização dos atributos, sendo 5 na profundidade de 0-25 cm e 5 na profundidade de 25–50 cm, totalizando 40 amostras de solos da camada arável, sendo 20 amostras na profundidade de 0-25 cm e 20 amostras na profundidade de 25-50 cm, coletadas em áreas de pastagem, de cana-de-açúcar, soja e área de mata natural não antropizada, coletadas com o trado holandês em pontos escolhidos aleatoriamente.



Figura 6: Pontos de coleta de amostras de solo nas áreas de “a” mata natural, “b” soja, “c” pasto e “d” cana de açúcar.

As amostras de solo foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm para as análises químicas, as quais foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo Unisolo na cidade de Goianésia, Goiás. Os macronutrientes, pH e a matéria orgânica foram analisados conforme Vettori (1969). Os micronutrientes (ferro, manganês, cobre e zinco) foram extraídos pelo extrator Mehlich<sup>-1</sup> e dosados por absorção atômica, de acordo com Gonçalves da Silva (2009). O teor de argila foi determinado seguindo a metodologia descrita por Grohmann; Conagin (1960).

Tabela 1: Principais atributos químicos de qualidade de solo do ponto de vista agrônomo e os métodos de avaliação.

Indicador	Método	Referências
Matéria Orgânica	Matéria Orgânica (g/kg) = C (g/kg) x 1,724	DONAHUE, R. L. Laboratory manual for introductory soils. [S.l.]: Interstate, 1952. 151 p. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. 271p.
Nutrientes disponíveis para plantas	K e P - Mehlich 1 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,0125M +HCl 0,05M); Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> - KCl 1 M.	Thomas (1967).
Ca Mg	Extração com solução KCl N e determinação complexiométrica em presença dos indicadores eriochrome e murexida ou calcon.	Del Negro; Vettori (1938); Embrapa (1979); Horowitz (1952); Vettori (1969).
Al	Extração com solução KCl N e determinação volumétrica com solução diluída de NaOH.	EMBRAPA (1979); Kamprath (1970); Kaster; Poetsch (1953); Lin; Coleman (1965); Lopes (1959); McLean et al. (1958); Olmos Iturri Larach; Camargo (1976).
H+Al	Extração da acidez dos solos com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH em presença de fenolftaleína como indicador. $H^{++}Al^{3+} (cmol_c kg^{-1}) = (a - b)H$	Del Negro; Vettori (1938); Embrapa (1979); Horowitz (1952); Vettori (1969)
Ca/Mg	Extração com solução KCl N e determinação complexiométrica em presença dos indicadores eriochrome e murexida ou calcon.	IITA, 1975; Page (1982)
CTC efetiva	CTC= SB+ (H+Al)	Camargo (1976); Embrapa (1979); Vettori (1969)
M	$100 Al^{3+} \checkmark (S+Al^{3+})$	Camargo (1976); Embrapa (1979); Vettori (1969)
V	V% = 100 S $\checkmark$ T TA = (a + b) x 20	
Argila, Silte e Areia	Peneiras: separação das partículas maiores que 0,05 mm (areias);	EMBRAPA (1979); Vettori (1969); Vettori; Pierantoni (1968).

### 3.3. ANÁLISE DOS DADOS

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo adotado como tratamentos os usos do solo (Vegetação natural; Pasto; cana-de-açúcar; soja) com cinco repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e posteriormente quando necessário realizado o teste de média de Tukey (5% de probabilidade) para a comparação de médias foi utilizado o programa Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de estimativa dos parâmetros da acidez do solo, pH, saturação por bases e saturação por alumínio, são apresentados na Tabela 02.

Vários estudos de manejo de solo têm demonstrado a importância do fornecimento de matéria orgânica visando à manutenção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas de um solo sob cultivo, o que promove alterações drásticas tanto na camada arável quanto nas subjacentes, sendo que os nutrientes e teor de matéria orgânica, por sua vez, tendem a diminuir a medida que aumenta o tempo de cultivo, atribuído principalmente à erosão (GOMES et al., 1978; OLIVEIRA et al., 1983). Um solo com teor elevado de matéria orgânica tende a manter a população microbiana mais estável ao longo do ano, provavelmente, em decorrência da riqueza de nichos ecológicos, pela heterogeneidade das fontes de carbono (DE FEDE et al., 2001). A taxa de decomposição da matéria orgânica varia em função das condições de temperatura e umidade. Para idênticas adições, quanto mais frio e úmido for o local, menor é essa taxa e, portanto, maiores teores de matéria orgânica deverão ser encontrados no solo (LEPSCH, 1991). O presente trabalho apresentou resultados em que tanto a vegetação nativa quanto a pastagem apresentaram os maiores valores de matéria orgânica do solo em relação às áreas de cana-de-açúcar e de soja, estes resultados se devem principalmente ao fato de que a adição de material orgânico das áreas de pastagem e mata nativa serem maiores que as áreas de lavoura pelas próprias características arquitetônicas das espécies. A área de pastagem apresentou os maiores valores de matéria orgânica devido a rápida mineralização e fornecimento desse material no solo, devido a aplicação de restilo.

Tabela 2: Atributos químicos do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

	VEGETAÇÃO		CANA		SOJA		PASTAGEM					
	Media	EPM	Media	EPM	Media	EPM	Media	EPM				
	Camada 0-25 cm											
<b>MO</b> g/dm <sup>3</sup>	31,92	± 0,24	A	23,83	± 1,33	B	25,37	± 0,37	B	33,85	± 0,79	A
<b>P mehlich</b> mg/dm	1,02	± 0,13	B	23,53	± 3,83	A	7,33	± 1,46	A	0,6	± 0	B
<b>K</b> mg/dm	0,21	± 0,01	A	0,16	± 0	B	0,13	± 0,02	B	0,15	± 0,01	B
<b>Ca<sup>++</sup></b> cmolc/dm	1,34	± 0,13	B	2,58	± 0,2	A	2,34	± 0,32	A	2,86	± 0,27	A

<b>Mg<sup>++</sup></b> cmolc/dm	0,66 ± 0,06	B	0,85 ± 0,16	B	1,14 ± 0,07	A	0,83 ± 0,05	B
<b>Al<sup>+</sup></b> cmolc/dm	0,47 ± 0,08	A	0,04 ± 0,13	B	0 ± 0	B	0 ± 0	B
<b>H+Al</b> cmolc/dm <sup>3</sup>	6,73 ± 0,5	A	4,82 ± 1,19	B	3,57 ± 0,42	B	4,88 ± 0,35	B
<b>pH</b>	4,23 ± 0,07	B	4,83 ± 0,14	A	4,93 ± 0,14	A	4,77 ± 0,02	A
Camada 25-50 cm								
<b>MO</b> g/dm <sup>3</sup>	26,37 ± 1,5	A	18,03 ± 0,6	B	20,16 ± 0,98	B	27,48 ± 1,62	A
<b>P mehlich</b> mg/dm	0,73 ± 0,13	C	13,27 ± 1,71	A	5,67 ± 1,23	B	0,4 ± 0	C
<b>K</b> mg/dm	0,19 ± 0,02	A	0,1 ± 0	B	0,09 ± 0,02	B	0,1 ± 0,01	B
<b>Ca<sup>++</sup></b> cmolc/dm	1,05 ± 0,1	B	1,78 ± 0,09	B	1,65 ± 0,19	B	2,71 ± 0,31	A
<b>Mg<sup>++</sup></b> cmolc/dm	0,56 ± 0,08	B	0,58 ± 0,07	B	0,82 ± 0,02	A	0,73 ± 0,03	AB
<b>Al<sup>+</sup></b> cmolc/dm	0,55 ± 0,07	A	0,23 ± 0,06	B	0 ± 0	C	0 ± 0	C
<b>H+Al</b> cmolc/dm <sup>3</sup>	7,98 ± 0,37	A	5,46 ± 0,53	A	3,63 ± 0,45	C	5,29 ± 0,3	BC
<b>pH</b>	4,1 ± 0,04	C	4,57 ± 0,06	B	4,83 ± 0,08	A	4,67 ± 0,02	A

\*Letras iguais seguidas na mesma linha não difere estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Contudo, mesmo em condições semelhantes de clima, drenagem e manejo, é comum observar considerável variação nos teores de húmus, isto porque os solos têm diferentes capacidades de retenção e proteção à de composição da matéria orgânica, em função de suas superfícies específicas, ou seja, quanto maior for esta superfície, mais húmus poderão adsorver e proteger.

Rando (1981), informa que, devido ao revolvimento dos solos sob cultivo, a aeração é maior, sendo a mineralização de matéria orgânica favorecida, o que resulta num decréscimo dos teores de matéria orgânica do solo, tanto na profundidade de 0 – 20 cm como de 20 – 40 cm. Centurion et al., (2001), estudando um solo sob milho, cana-de-açúcar e pastagem, verificaram teores menores de matéria orgânica e redução da CTC, quando comparado ao solo sob mata. A redução do teor de matéria orgânica de um solo com mata quando comparado com um solo cultivado se deve ao aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica estabilizada devido ao desequilíbrio ocasionado pelo cultivo (SANCHEZ, 2015).

Observa-se que, na camada superficial (0-25 cm), as amostras apresentam condições consideradas insatisfatórias para o desenvolvimento de culturas agrícolas e

também para pastagens, conforme padrões adotados para recomendação de calagem em Goiás. Esta limitação se intensifica na camada inferior (subsuperfície) onde as amostras apresentaram acidez, ou seja, pH inferior a 5,0 e saturação por bases menor que 45%. Os dados da camada 25-50 cm apresentam o mesmo comportamento da camada 0-25 cm, porém, com um percentual maior de amostras nas faixas de elevada acidez. A esta camada é dada menor importância durante a discussão dos dados, em função de ser menos influenciada por práticas de manejo e, também, devido à maior concentração do sistema radicular nos primeiros 25 cm (MARIA et al., 1999).

Estes dados permitem inferir que, há um aumento da acidez com a profundidade, indicando correção efetiva somente na camada superficial, provavelmente em função da aplicação dos corretivos na superfície do solo. Muitos agricultores simplesmente pararam de revolver o solo devido à viabilidade da utilização do solo sem necessidade de mobilização, lembrando que esse não revolvimento é contraindicado tecnicamente.

A correlação positiva do C orgânico com a acidez potencial foi encontrada por Ebeling (2006, em solos com elevado teor de C orgânico de vários estados do Brasil. Isso se deve ao  $H^+$  associado às cargas negativas dependentes de pH dos colóides orgânicos, à qual se dá por ligações covalentes, sendo, portanto, dissociável apenas com a elevação do pH pela solução SMP em pH 7,5 (GALVÃO & VAHL, 1996). Para o  $Al^{3+}$  trocável, é esperada correlação positiva pelo fato da acidez potencial referir-se ao total de  $H^+$  em ligação covalente, mais o  $Al^{3+}$ , ou seja, a soma da acidez não-trocável e trocável (SILVA et al., 2000).

Embora exista uma esperada relação entre aumento de pH com aumento da saturação por bases e redução do Al trocável, o percentual das amostras em intervalos de saturação por Al conforme Tabela 3, indica efetiva correção da acidez na camada superficial do solo. Estas concentrações de Al encontradas abaixo dos 25 cm podem caracterizar uma possível barreira química que implicaria na proliferação de raízes muito próximo da superfície do solo, como observado por Triplett Jr.; Van Doren Jr. (1969) e Kang; Yunusa (1977), em solos sob plantio direto. Contudo, em cultivos não-irrigados sob condições climáticas desfavoráveis, o pouco aprofundamento das raízes pode dificultar a expressão do potencial genético da cultura (DOSS; LUND, 1975; GONZALEZ-ERICO ET AL., 1979; SILVA ET AL., 2000; SOUSA, 2004).

As condições de saturação por bases baixa e/ou condições de pH baixo e saturação por Al alta na subsuperfície proporcionam maiores dificuldades de manejo, pois o uso convencional dos solos e cultivo das pastagens não prevê a incorporação dos corretivos e a eficiência na redução da acidez nas camadas subsuperficiais pela aplicação superficial dos corretivos não é conclusiva, pois há casos em que não se observa nenhum efeito na subsuperfície (PÖTTKER; BEN, 1998; RHEINHEIMER et al., 2000; MORAES, 2005) e, em outros o efeito do calcário em profundidade é muito rápido (OLIVEIRA; PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1999; CAIRES et al., 1998).

Poucas são as situações em que há mudança de parâmetros de acidez em profundidade com relevância agrônômica (KAMINSKI et al., 2005), como esperado nas aplicações de calcário. Em geral, as diferentes respostas à aplicação superficial estão atreladas à textura, à acidez potencial, aos teores de nutrientes, especialmente P, e às condições físicas dos solos estudados.

A saturação por bases na CTC, também concentra os maiores valores na superfície do solo, isto ocorre devido à disposição dos corretivos e fertilizantes na superfície do solo, ou na profundidade do sulcador da máquina de plantio. Outra causa da concentração das bases nesta camada é a deposição de resíduos orgânicos na superfície do solo que, através de sua decomposição, participam da ciclagem de nutrientes (TESTA et al., 1992; CAPURRO, 1999).

O valor de CTC também pode ser influenciado pelo teor de matéria-orgânica no solo, sendo que a redução da CTC pode ser atribuída a alterações na quantidade de matéria orgânica e no pH, particularmente em áreas cultivadas por longos períodos. A contribuição da matéria orgânica para CTC dos solos foi estimada entre 56 e 82 % da CTC de solos sob condições tropicais (RAIJ, 1981), o que favorece a retenção de cátions e diminui as perdas por lixiviação (JUNIOR et al., 2011).

A elevação do pH promove, também, a desprotonação de hidroxilas de radicais orgânicos e daquelas expostas na superfície das argilas, aumentando a repulsão (menor adsorção) entre o fosfato e a superfície adsorvente e diminuindo o potencial eletrostático (NOVAIS; SMYTH, 1999). Por outro lado, com o aumento do pH, ocorre diminuição da forma  $H^2PO^4$ , esta (bivalente) preferencialmente adsorvida, contrabalançando o decréscimo do potencial eletrostático (NOVAIS; SMYTH, 1999). Também, segundo esses autores, com elevada dose de calcário e maior teor de Ca trocável, pode ocorrer a

precipitação de P, formando fosfatos bi e tricálcicos de baixa solubilidade, explicando a redução nos valores de P Mehlich<sup>-1</sup> com as doses mais elevadas de calcário.

O aumento das formas de fósforo pouco lábil com a aplicação de calcário pode ser devido à oxidação da matéria orgânica e aumento dos valores de Al e Fe amorfos nesses solos durante o período de incubação (Fernandes et al., 2002). Ainda, segundo Novais; Smyth (1999), com a aplicação de calcário ocorre dispersão dos vários compostos presentes no solo pela elevação do pH, expondo cargas elétricas positivas que adsorvem P, e, também, a formação de precipitados de Al, que podem adsorver o P.

Na Tabela 3 observa-se que a relação de Ca/Mg apresenta-se boa em todas os tipos de manejo pela correção da acidez ter sido feita com mais de 2 anos. Historicamente, o estabelecimento de relações ideais para as plantas entre os cátions básicos desenvolvidos a partir do trabalho de Bear; Toth (1948), que usaram vinte solos dos EUA e estabeleceram que as relações Ca/Mg, ideais seriam de 6,5:1. Atualmente, a maioria dos trabalhos considera relações Ca/Mg entre 4:1 e 8:1 como adequadas para as plantas. O que é confirmado por indicações da EMBRAPA (2006) para solos do cerrado brasileiro. As relações Ca/Mg devem estar no intervalo de 1:1 a um máximo de 10:1, respeitando-se sempre o teor mínimo de 0,5 cmolc /dm<sup>3</sup> para o Mg. As relações Ca/Mg podem ser interpretadas como estreita (< 2), adequada (< 2 a 10) e alta (> 10), respeitando-se sempre o teor mínimo de 0,5 cmolc /dm<sup>3</sup> para o Mg.

Tabela 3: Determinação de atributos químicos (Ca/Mg, CTC, saturação por alumínio e saturação de bases de solos cultivados com cana-de-açúcar, soja e pastagem no município de Goianésia-GO.

	VEGETAÇÃO		CANA		SOJA		PASTAGEM					
	Media	EPM	Media	EPM	Media	EPM	Media	EPM				
Camada 0-25 cm												
Ca/Mg	1,98	± 0,08	B	3,11	± 0,24	A	2,01	± 0,15	B	3,38	± 0,14	A
CTC T	8,96	± 0,37	A	6,96	± 0,33	AB	7,18	± 0,18	B	8,71	± 0,48	A
m (%)	18,36	± 3,26	A	1,06	± 0,67	B	0,00	± 0,00	B	0,00	± 0,00	B
V (%)	25,13	± 2,68	B	43,16	± 3,36	A	54,26	± 5,61	A	44,04	± 3,33	A
Camada 25-50 cm												
Ca/Mg	1,94	± 0,10	B	3,27	± 0,52	A	1,99	± 0,20	B	3,66	± 0,26	A
CTC T	9,78	± 0,18	A	7,92	± 0,46	B	6,20	± 0,27	C	8,83	± 0,24	A
m (%)	24,40	± 3,95	A	8,42	± 1,98	B	0,00	± 0,00	C	0,00	± 0,00	C
V (%)	18,47	± 2,15	B	31,64	± 2,26	AB	42,63	± 5,31	A	40,08	± 3,07	A

\*Letras iguais seguidas na mesma linha não difere estaticamente pelo teste de Tukey a 5% de

---

probabilidade de erro. \* CTC T =Capacidade de troca catiônica total em mmolc dm<sup>-3</sup>.

Adams; Hederson (1962) citam diminuição na disponibilidade e no aproveitamento do Mg, quando o pH do solo é elevado pela adição de carbonato de cálcio. A variação na disponibilidade de Mg no solo foi relatada por Balbinot Júnior et al. (2006), que sugerem possível deficiência deste elemento em solos tratados com resíduos da indústria de papel que possuem relação Ca/Mg elevada. Neste caso, o aproveitamento do poder corretivo destes resíduos seria indicado principalmente para solos bem supridos em Mg, pela adição conjunta com calcário dolomítico e/ou para culturas exigentes em Ca. Isso foi observado por Moore, Overstre et al.,(???) e Jacobson (1961), onde o excesso de Ca em relação ao Mg na solução do solo prejudicou a absorção deste último, e vice-versa. Isto é explicado, segundo Lima et al., (2012), pelo fato de que se o equilíbrio Ca/Mg não é adequado, há condições para a deficiência induzida de um dos nutrientes, como consequência de antagonismos na absorção, definido por Mengel; Kirkby (1987) como competição entre íons tipo antagonismo de cátions.

Para Moreira et al. (2001) os altos teores de cálcio e magnésio no solo geraram a seleção competitiva com o potássio. Outra variável analisada foi a CTC, sendo considerada a soma total de cátions que o solo pode reter na superfície. Esta capacidade de troca de cátions é decrescente com o tempo, o que causa a redução da MO (CERRI et al., 1991). De acordo com Gonçalves et al. (2000), quanto mais elevada a CTC do solo, maior é o número de cátions que ele pode reter na matéria orgânica do solo (MOS), o que constitui a base fundamental para a produtividade agrícola sustentável.

A CTC apresentou maiores valores nos manejos da área de pasto e de vegetação natural em ambas as áreas não há colheita, ocasionando assim um maior residual de restos culturais resultando em maiores quantidades de matéria orgânica. Embora estabelecidas às relações Ca/Mg ideais para as plantas, não está claramente estabelecido ainda a partir de que proporção destes elementos na CTC começam a ocorrer problemas nutricionais nas plantas.

Em solos tropicais e subtropicais, a matéria orgânica do solo é responsável por 75 a 90 % da CTC do solo (BORTOLUZZI et al., 2009). Com relação à CTC, todos os valores foram considerados altos. Quanto maior a CTC do solo, maior o número de cátions que o solo pode reter. Portanto, a CTC é uma característica físico-química

fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo. Solos com CTC de 6 a 25 mol.dm<sup>-3</sup>, como é o caso dos solos estudados, apresentam alta percentagem de argila e, ou, alto teor de MO. É fato que a MO é capaz de aumentar a CTC de um solo porque ela adiciona cargas negativas, portanto, maior a adsorção. Entretanto, as análises de rotina não quantificam a CTC, mas sim a quantidade de bases retidas nos colóides, independentemente se forem relacionados à argila ou MO. As superfícies com cargas negativas e positivas existentes sobre os colóides atraem e matem um complexo número de cátions e ânions. A adsorção desses íons pelos colóides do solo afeta de forma considerável as disponibilidades biológicas e mobilidades, afetando a fertilidade e a qualidade ambiental (BRADY; WEIL, 2009).

Apresentando assim maior capacidade de retenção de nutrientes e de umidade (LOPES; GUILHERME, 1992). Segundo Dadalto; Fullin (2001), o teor de Al é considerado muito alto quando >1 cmol dm<sup>-3</sup>, médio se entre 0,4 e 1 e baixo se ≤ 0,3. Com isso, as áreas agricultáveis avaliadas podem ser consideradas com teor de médio a baixo, em relação ao teor de alumínio. Para Faquin (1994), o principal efeito da acidez dos solos é a toxidez do Al, sendo a saturação por alumínio o índice que melhor afere esse componente da acidez do solo. Amorim; Batalha (2008) também sugerem que o excesso de Al limita o fornecimento de nutrientes, ocorrendo uma correlação positiva com o aumento do número de espécies de microrganismo. Deve-se considerar que alterações nos atributos químicos do solo podem levar à perda de sua qualidade e da capacidade dele de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a sanidade vegetal e animal (DORAN; PARKIN, 1994). Portanto, seria benéfico se as áreas nativas, ao serem convertidas para sistemas de cultivo com produção de grãos ou para agricultura e pecuária, tivessem a estrutura do solo preservada, o que depende fundamentalmente do sistema adotado para o manejo das pastagens e do solo (COSTA et al., 2009).

O valor do percentual de saturação por alumínio m (%) foi maior na área de vegetação natural, por nesta área nunca ter sido feita a correção do solo com calcário, nas outras áreas ocorreu uma representativa redução dos valores dessa variável na profundidade de 0-25 cm onde houve o preparo e a correção do solo. Na profundidade de 25-50 cm não ocorreu o manejo de calagem. Vale ressaltar que a cana-de-açúcar é caracterizada por tolerar esta acidez sendo o pH adequado para ela variando entre 5,7 a 6,0 unidades (NOVAES et al., 2007). Os solos dos Cerrados goianos são naturalmente

ácidos devido à pobreza em bases (Ca, Mg, K e Na) do material de origem, ou devido a processos de formação que favorecem a remoção ou lavagem destes elementos (OLIVEIRA et al., 2015). No entanto os solos podem ter sua acidez aumentada por cultivos intensivos e adubações como no caso da adubação nitrogenada. Em ambos os casos, a acidificação se inicia, ou se acentua, devido à remoção de bases da superfície dos colóides do solo (OLIVEIRA et al., 2015).

A origem da acidez do solo é causada principalmente pela lavagem de Ca e Mg do solo pela água da chuva ou irrigação principalmente em solos arenosos, ou pela remoção dos nutrientes pelas culturas e utilização da maioria dos fertilizantes químicos (NOVAES et al., 2007). O monocultivo canavieiro pode ser umas das causas, uma vez que ocorre a exportação destes elementos juntamente com a parte aérea da cultura para a produção de etanol. Outra explicação reside na extração de bases pelas culturas antecessoras a cana de açúcar que podem também acidificar o solo.

É interessante lembrar que o pH ácido favorece a absorção de micronutrientes pelas plantas, mas como estes são pouco exigidos podem se tornar tóxicos, interferindo no desenvolvimento do sistema radicular e na produtividade final, além de reduzir a disponibilidade dos macronutrientes requeridos em maior quantidade pela cultura, o pH alcalino por sua vez reduz a disponibilidade e absorção de micronutrientes e também reduz a absorção de macronutrientes devido a inibição competitiva destes com o Ca e Mg reduzindo também a produtividade final (OLIVEIRA et al., 2015), conforme é ilustrado na Figura 7 relação entre pH e a disponibilidade dos elementos no solo. (MALAVOLTA, 2006).

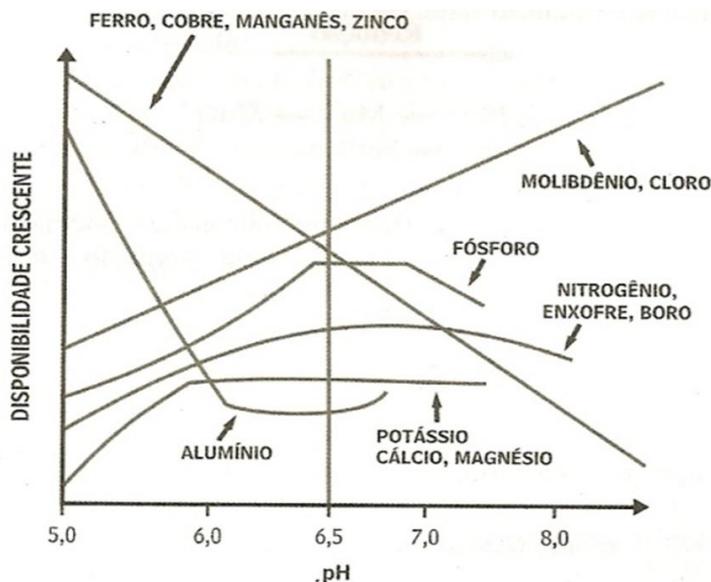


Figura 7: Relação entre pH e a disponibilidade dos elementos no solo.  
Fonte: Malavolta (2006).

Em relação à saturação de bases V (%), observa-se uma relação inversa à anterior, pois nas áreas que foram realizados manejo do solo a V (%) tem um valor significativamente maior principalmente na profundidade de 0-25 cm onde a ação do manejo pelos implementos agrícolas e a calagem e gessagem são mais efetivos. Uma das formas de melhorar esta característica e por meio da calagem que condiciona o aumento da CTC do solo além de aumentar os benefícios da intensificação do uso de fertilizante que somente são observados se o pH do solo estiver acima de 5,5 (OLIVERIA et al., 2015). Deste modo o calcário tem sido usado para a correção química do solo, objetivando elevar a saturação de bases V (%) o pH e os teores de Ca e Mg e conseqüentemente reduzir os efeitos negativos do alumínio e manganês (OLIVERIA et al., 2015). A calagem é necessária para elevar o índice de saturação por bases superior a 60%, é importante para manter o pH acima de 5,5, precipitando o alumínio e elevando os teores das bases trocáveis no solo.

A cana-de-açúcar, a exemplo da maioria das plantas cultivadas de interesse comercial, possui susceptibilidade aos estresses abióticos, como hídrico (BARROS et al., 2012; BARROS et al., 2012b), salino (PEREIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2011), toxicidade por alumínio (RHEIN et al., 2011; CARLIN et al., 2012) e saturação nutricional (CALHEIROS et al., 2012; VITORINO et al., 2012), tendo como consequência alterações morfofisiológicas e bioquímicas que acarretam em perdas de produção afetando a disponibilidade de matéria prima para a indústria sucroalcooleira.

A tolerância ao alumínio é explicada por dois mecanismos: no primeiro, denominado mecanismo de exclusão, o alumínio é impedido de chegar aos seus sítios de toxicidade nas plantas, uma vez que elas liberam, por suas raízes, ácidos orgânicos como o malato, citrato e oxalato que o complexificam estavelmente (MIGUEL et. al, 2010).

Verifica-se também nos solos ácidos a fixação do fósforo (P) pelo ferro (Fe) e pelo alumínio (Al) formando compostos insolúveis não aproveitáveis pelas plantas. Além disso, nessas condições os teores de Ca, Mg e K são baixos, o que não ocorreu nesta pesquisa. Acarretando também em uma baixa capacidade de troca catiônica (CTC) que conseqüentemente ocasiona numa alta lixiviação de cátions (perda de nutrientes para camadas mais profundas dos solos), bem como uma baixa percentagem de saturação por bases (V (%)) e uma alta saturação por alumínio (m (%)) (RONQUIM, 2010).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As concentrações dos nutrientes nas diferentes profundidades e manejo de solo são influenciadas principalmente pela quantidade de matéria orgânica, teores de argila e exploração agrícola.

- Área com uso de pastagem apresenta os maiores valores de matéria orgânica e os menores valores de fósforo disponível devido a relação de imobilização do mesmo que a matéria orgânica proporciona.

- A área com uso soja e cana de açúcar apresentam os menores valores de matéria orgânica devido a rápida mineralização e revolvimento do solo para preparo de plantio.

- A acidez do solo e sua relação com a CTC foram diretamente influenciados pelo teor de matéria orgânica mais elevada tanto na área de mata nativa quanto na área de pastagem.

- A maior disponibilidade de nutrientes nas áreas de soja e cana de açúcar foram proporcionada pelo constante manejo de correção e adubação do solo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AESCHLIMANN, J.P.; FROSSARD, E.; FELLER, C. Friedrich Albert. et al. *Pedologie. Étude et Gestion des Sols*, v. 17, p. 255-262, 2010.

ALMEIDA, Gil Carvalho Paulo de. **Caracterização física e classificação dos solos**. Departamento de Transportes da Faculdade de Engenharia – Universidade Federal de Juiz de Fora. 2005, 145p.

AMARAL, A. S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. 2002. 107f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ARAÚJO, Edson Alves et al., *Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação*. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10703: degradação de solo, terminologia**. São Paulo, 1997.

AZEVEDO, Antonio Carlos de; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz. **Solos e ambiente: uma introdução**. 2. ed. Santa Maria: Pallotti, 2006.

BALBINOT JUNIOR., A.A.; TÔRRES, A.N.L.; FONSECA, J.A. et al. Alteração em características químicas de um solo ácido pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.16-25, 2006

BONILHA, Rodolfo Martins et al., **Caracterização da fertilidade do solo, distribuição do sistema radicular e índice de qualidade do solo no ecossistema restinga do Litoral Paulista**. 2011.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2009.

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

CAIRES, E. F. et al., Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 315-327, 1999.

CAMPOS, Mari Lucia. et al., Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 361-367, 2005.

CANAL, I. N.; MIELNICZUK, J. Parâmetros de absorção de potássio em milho (Zeamays L.), afetados pela interação alumínio-cálcio. **Ciência e Cultura**, v. 35, p. 336-340, 1983.

CAPURRO, E. P. G. **Sistema solo-planta de campo nativo submetido ao uso de herbicidas para semeadura direta de forrageiras de estação fria**. 1999. 87 f. 1999. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CARDOSO, Evaldo Luis. et al., Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v. 35, n. 02, p. 613-622, 2011.

CARNEIRO C. D. R.; GONÇALVES P. W.; LOPES O. R. **O Ciclo das Rochas na Natureza**. Terra e Didática, São Paulo, v. 5, n. 01, p. 50-62, 2009.

CASTILHO, Denis. A COLÔNIA AGRÍCOLA NACIONAL DE GOIÁS (CANG) E A FORMAÇÃO DE CERES-GO - BRASIL. Élisée. **Revista de Geografia da UEG**, Goiânia, v. 1, n. 01, p. 117-139, 2012.

CLARO, Priscila Borin de Oliveira; CLARO, Danny Pimentel; AMÂNCIO, Robson. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 43, n.4, p.289-300, 2008.

CONAB | **ACOM. DA SAFRA BRAS. DE CANA-DE-AÇÚCAR** | v. 5 - Safra 2018/19, n.3 - Terceiro levantamento, dezembro de 2018.

CONAB| **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS** | v. 6 - Safra 2018/19, n.3 - Terceiro levantamento, 8 dezembro 2018.

CONCEIÇÃO, Paulo Cesar et al., Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista brasileira de ciência do solo**. Campinas. Vol. 29, n. 5 (2005), p. 777-788, 2005.

CORRÊA, L. de A.; HAAG, H. P. **Disponibilidade de fósforo pelos extratores de mehlich 1 e resina em latossolo vermelho amarelo, álico cultivado com três gramíneas forrageiras**. Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE), 1993.

CORRÊA, R. S.; MELO, B. F. Ecologia da revegetação em áreas escavadas. In: CORRÊA, R. S.; MELO, B. F. **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no Cerrado**. Brasília, Paralelo 15, p.65-99, 1998. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218338016>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

COUTO, C. et al., Níveis críticos de zinco no solo a na planta para o crescimento de milho em amostras de solos com diferentes valores do fator capacidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, n. 01, p. 79-87, 1992.

CQFS, COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 10. ed. Porto Alegre, 2004.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Avaliação do Estado nutricional da planta e disponibilidade no solo. Diagnose visual. In: Simpósio sobre micronutrientes na agricultura. Piracicaba. **Anais...** Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e Fósforo, 1991. p. 271-288.

DORAN, John W.; PARKIN, Timothy B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, John W. et al., **Defining soil quality for a sustainable environment**, Madison: **Soil Science Society of America**, Inc, 1994, cap. 1.

DOSS, B. D.; LUND, Z. F. Subsoil pH effects on growth and yield of cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, p. 193-196, 1975.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2. ed., 2006.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, v. 77, n. 1, p. 185-268, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)77015-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(02)77015-6)>. Acesso em 12 nov. 2018.

FAISSOL, Speridião. O “Mato Grosso de Goiás”. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); **Conselho Nacional de Geografia**, 1952.

FALKENMARK, M. et al., Water, a reflection of land use: options for counteracting land and water mismanagement. Stockholm, Sweden: **Swedish Natural Science Research Council**, 128p., 1999.

FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V.; FURTINI, A.E., CURI, N. Formas de fósforo em solos de várzea e biodisponibilidade para o feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 373-383, 2002.

FERRAZ, S. F. B. et al., How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning. **Landscape Ecology**, v.29, n.2, p.187-200, 2014.

FERREIRA, Lara Cristine Gomes; DEUS, João Batista de. Características da produção sucroalcooleira na Microrregião Ceres–GO: uma abordagem sobre as políticas, a safra e a obtenção de terras. **Ateliê Geográfico**, v. 05, p. 196-218, 2011.

FIGUEIREDO, Yan Covolan. **A fertilidade do solo no cerrado: os pioneiros da pesquisa e o papel da Cooperação Internacional**. 2016. 186f, Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade de Brasília, Brasília.

FILHO, J. F de Melo. et al., Índice de qualidade em um latossolo amarelo coeso cultivado com citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 04, p. 1168-1177, 2009.

FONTENELE, Ana Consuelo Ferreira. et al., **Natureza, políticas públicas e (re) ordenamento do espaço: interfaces das políticas ambientais em Sergipe**. 2013. 358p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe.

FOY, C. D.; FLEMING, A. L. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soil. In: JUNG, G. A. **Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions**. 1978. p. 301-343.

FRANCHINI, J. C. et al., Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 533-542, 1999.

FREITAS, D. A. F. et al., Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista de Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v. 43, p. 417-428, 2012.

FREITAS, Idelfonso Colares de. et al., Agroecossistemas de produção familiar da Amazônia e seus impactos nos atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 1310-1317, 2013.

GATIBONI, L. C. et al., Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 282-290, 2003.

GOEDERT, Wenceslau J.; SCHERMACK, Marcio Julio; FREITAS, Frederico Carneiro de. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 223-227, 2002.

GOMES, Marco Antonio Ferreira; FILIZOLA, Heloisa Ferreira. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, p. 6, 2006.

GONZALEZ-ERICO, E.; et al., Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, p. 1155-1158, 1979.

GROHMANN, F.; CONAGIN, A. Técnica para o estudo da estabilidade de agregados do solo. **Bragantia**, v. 19, p. 329-343, 1960.

GUIZELINI, Adhara Palácio. **Estudo do comportamento hidromecânico de solos visando a construção de sistemas de cobertura alternativos para aterros sanitários**. 2011, 168f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Paraná.

HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 59, p. 47-63, 2001.

ISNTITUTO, DE POTASSA E. FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 1998.

JACOMINE, Paulo Klinger Tito. A NOVA CLASSIFICAÇÃO BRASILEIRA DE SOLOS. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 5, p. 161-179, 2013.

JUNIOR, Có et al., **Matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar**. 2011.

KAMINSKI, J.; et al., Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 573-580, 2005.

KANG, B. T.; YUNUSA, M. Effect of tillage methods and phosphorus fertilization on maize in the humid tropics. **Agronomy Journal**, v. 69, p. 291-294, 1977.

KAMINSKI, João et al., Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, 2007.

KAMINSKI, João et al. Acidez e calagem no sul do Brasil: Aspectos históricos e perspectivas futuras. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 307-332, 2007.

KAMINSKI, João et al., Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, 2007.

KLEIN, Vilson Antonio. et al., Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v. 40, 2010.

LARSON, William E.; PIERCE, Frank J. **The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management**. Defining soil quality for a sustainable environment, n. defining soil qua, p. 37-51, 1994.

LEPSCH, I.F., Coord. Manual para levantamento utilitário de meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação. 1 ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1991.

LEPSCH, Igo F. Formação e conservação dos solos. Oficina de textos, 2016.

LIMA, W. de P. et al., Forest plantations and water consumption: a strategy for hydro solidarity. **International Journal of Forestry Research**, New York, 2012.

LOPES, A. S. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. rev. e amp. Piracicaba: **Potafos**, 1998.

MALAVOLTA, E. Adubos e adubação fosfatada. Piracicaba: Fertilizantes Mitsui S/A, 1985.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: **Editora Agronômica Ceres**, 2006.

MARIA, I. C. de; CASTRO, Orlando Melo de; DIAS, H. Souza. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 03, p. 703-709, 1999.

MELLONI, R. et al., Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

MIGUEL, Paulo Sérgio Balbino et al., Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, n. 1, p. 13-29, 2010.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, p. 411-416, 1993.

MORAES, M. F. de. **Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário e material vegetal em superfície**. 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2005.

MOREIRA, S. G.; et al., Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 71-81, 2001.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Informações Agronômica nº 87 - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, v. 38, n. 1-2, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, Elaine Cristina Alves Martins et al. Alterações dos atributos físico-químicos da camada superficial do solo em resposta à agricultura com soja na várzea do Tocantins. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v. 5, n. 4, p. 56-62, 2015.

ORLANDO Fº, J. O., MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja doutor do seu canavial. **Informações Agronômicas**, Campinas, v.67, p.1-16. 1994.

PARROTA, J.A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.41, p. 05-133, 1992.

PAVAN, M. A.; ROTH, C. H. Effect of lime and gypsum on chemical composition of runoff and leachate from samples of Brazilian Oxisol. **Ci. Cult.**, v. 44, p. 391-394, 1992.

PESSOA, Jadir de Moraes. A colônia agrícola nacional de Goiás no aprendizado da itinerância. In: NEVES, Delma Pessanha (Org.). **Processos de constituição e reprodução do campesinato no Brasil**. São Paulo: Editora Unesp, 2008, cap. 7.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 885- 895, 2001.

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

QUAGGIO, J. A.; et al., Calagem para a sucessão batata-triticale-milho usando calcários com diferentes teores de magnésio. **Bragantia**, v. 44, p. 391-406, 1985.

QUAGGIO, J. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 113-118, 1982.

QUEIROZ, Hernandes Andrade. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP**. 2008. 57 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,

Av. Universitária Km 3,5  
Cidade Universitária - Anápolis/GO  
75083-515

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Disponível em:  
<<http://hdl.handle.net/11449/98899>>. Acesso em 30 out. 2018.

RHEINHEIMER, D. S.; et al., Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 797-805, 2000.

RIBEIRO, Antonio Carlos. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In.: SANO, S.M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. Ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1, p. 152-212

RONQUIM, Carlos César. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2010.

ROQUE, Paulo. **A Colonização do Cerrado: Savanas e Celeiro do Mundo**. São Paulo: Prêmio, 2006.

SABESP. **Guia de recuperação de áreas degradadas**. Edson José Andrigueti (superintendente). São Paulo: SABESP, 2003. (Cadernos Ligação).

SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal– Bioma Cerrado Ano – Base**. 2002. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, da Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, 2010.

SANO, Edson Eyji; DAMBRÓS, Luiz Alberto; OLIVEIRA, Geraldo César; BRITES, Ricardo Seixas. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. In: FERREIRA Jr., Laerte Guimarães (Org.). **A encruzilhada socioambiental – biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado**. Goiânia: Cãnone/Cegraf- UFG, p.91-125, 2008.

SANTOS, D. C. dos. et al., Agregação e frações físicas da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso no bioma Pampa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1735-1744, 2011.

SANTOS, Thiago Oliveira. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SCHNITZER, M. Soil organic matter – the next 75 years. **Soil Science**, v. 151, p. 41-58, 1991.

SESSEGOLO, Gisele C. A Recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Unidades De Conservação**, p. 25, 2006.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. - Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78., (2002)

SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1755-1761, 2007.

SILVA, Maria Anita Gonçalves da. et al., Metodologias e eficiência de extratores para zinco, cobre, ferro e manganês. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, 2009.

SILVA, V.R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes Estados de compactação**. 2003. 171p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, VR da; REINERT, Dalvan José; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, 2000.

SOUSA, D. M. G. Resposta das culturas à adição de gesso agrícola. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas. Lages. **Anais...** Lages: SBCS/UDESC, 2004.

TAMBOSI, Leandro Reverberi. et al. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, p. 151-162, 2015.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, p. 107-114, 1992.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. Tópico sem ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 195-276, 2002.

TRIPLETT, Jr., G. B.; VAN DOREN Jr., D. M. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of non-tilled maize. *Agronomy Journal*, v.61, p. 637-639, 1969.

VETTORI, Leandro. **Métodos de análise de solo. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo**, Ministério da Agricultura, 1969.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**. Viçosa. Vol. 33, n. 4 (jul./ago. 2009), p. 743-755, 2009.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.213-223, 2011.

VILELA, L.; ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética da absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 91-96, 1984.

WERLE, Rodrigo; GARCIA, Rodrigo Arroyo; ROSOLEM, Ciro Antonio. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, dez. 2008. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000600009&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000600009&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 22 fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600009>.

WOOD S.; SEBASTIAN K.; SCHERR, S. Soil recourse condition. In: **Pilot analysis of global ecosystems Agroecosystems**. A joint study by the International Food Policy Research Institute. Washington DC, International Food Policy Research Institute and Word Recourses Institute, p 45-54, 2001.

ZIMBACK, Célia Regina Lopes. **Formação dos solos**. Botucatu: GEPAG/UNESP, 2003.

**APÊNDICE**

**USO DE INDICADORES QUÍMICOS DO SOLO PARA A  
ESTIMATIVA DA QUALIDADE DO SOLO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ALMAS NA  
MICRORREGIÃO CERES – GO.**

João Asmar Júnior<sup>1</sup>,  
Maria Goncalves da Silva Barbalho<sup>2</sup>.

Resumo: A microrregião de Ceres é uma das principais regiões econômicas do Estado de Goiás e foi a primeira região do estado a receber incentivo do governo federal para o desenvolvimento. No Cerrado, a conversão das matas nativas em agroecossistemas tem se caracterizado pela degradação da qualidade do solo. Neste sentido, este estudo teve o objetivo de avaliar a dinâmica e evolução dos indicadores da qualidade química do solo. Foram avaliadas duas áreas em uma mesma microbacia hidrográfica, onde foram coletadas amostras de solo nos horizontes superficiais em pontos distintos. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e, as médias, foram comparadas pelo teste de Tukey. Como análises complementares foram realizadas análises multivariadas pelo método de agrupamento de Ward. A medida de similaridade utilizada foi à distância euclidiana.

Palavras-chave: Indicadores de qualidade do solo; Vale do São Patrício; uso e ocupação do solo.

**USE OF SOIL PHYSICAL INDICATORS FOR THE SOIL  
QUALITY ESTIMATE IN THE HYDROGAS BASIN OF RIO  
DAS ALMAS IN CERES - GO MICROREGION.**

Abstract: The Ceres microregion is one of the main economic regions of the State of Goiás and was the first region in the state to receive federal development incentives. In the Cerrado, the conversion of native forests into agroecosystems has been marked by the degradation of soil quality. Therefore, this study had the objective of evaluating the dynamics and evolution of soil chemistry quality indicators. Two areas were evaluated in

a same hydrographic basin, where soil samples were collected in the superficial horizons

at twelve distinct points. The results were submitted to analysis of variance by Test F and the averages were compared by the Tukey test. As complementary analyzes, multivariate analyzes were performed by the Ward grouping method. The measure of similarity used was at Euclidean distance.

Keywords: Soil quality indicators; St. Patrick's Valley; use and occupation of soil.

1 Aluno do Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente (PPSTMA)-

Centro Universitário de Anápolis- UniEVANGELICA; Brasil, joaoasmar@gmail.com,

2 Docente/Pesquisador do Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio

Ambiente (PPSTMA)- Centro Universitário de Anápolis- UniEVANGELICA; Brasil, mariabarbalho2505@gmail.com.

Av. Universitária Km 3,5  
Cidade Universitária - Anápolis/GO  
75083-515

## 1. INTRODUÇÃO

Na década de 1930 o governo Vargas implementou a “Marcha para o Oeste” com objetivo de ocupar o Centro Oeste de Goiás com uma agricultura moderna, articulando a malha ferroviária e rodoviária com o objetivo de abrir “escoadouros” para a produção nacional (COELHO, 2010).

Em 1942 através dos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND), criou-se a Colônia Agrícola Nacional de Goiás (CANG), a primeira de oito colônias fundadas pelo governo de Getúlio Vargas, culminando no surgimento do município de Ceres, na região central do Estado de Goiás. A CANG buscava tornar o Centro-Oeste em polo fornecedor de alimentos (grãos) para o Sudeste. Conhecida como Vale do São Patrício, o desenvolvimento da região consolidou-se graças ao fundador e primeiro administrador da colônia, Engenheiro Bernardo Sayão de Carvalho Araújo. Em razão de sua relevância econômica e administrativa, seria criada a Microrregião Ceres (FERREIRA, 2010).

A região central do Estado de Goiás, onde está Ceres (Mato Grosso de Goiás), era propícia para o crescimento demográfico, com fatores permissivos a tal afluência. O solo é propício à agropecuária, pois resulta da decomposição das rochas eruptivas básicas com significativa abundância de húmus. Tal região pode ser dividida em três grandes áreas, segundo o mapeamento de FAISSOL (1952): o rio São Domingos em Anicuns; a região de Guapó e a região da CANG, microrregião de Ceres, denominando-os, respectivamente, de “Mata de Santa Luzia ou de São Domingos”, “Mata da Posse” e “Mata de São Patrício”.

Nessas áreas predominavam solos eutróficos, de alta fertilidade. Porém, o desmatamento intensivo e indiscriminado das últimas três décadas e o manejo inadequado dos solos causaram impactos ambientais como os fenômenos erosivos, compactação e contaminação dos solos e dos recursos hídricos (SANO, et al. 2008). Assim, o estudo busca caracterizar o comportamento químico do solo da bacia hidrográfica do Rio das Almas, no município de Goianésia na microrregião de Ceres-Go, em sistema não perturbado e em sistemas explorados pela pecuária e agricultura de modo a avaliar os impactos causados pela agricultura e pecuária.

Estudos desenvolvidos em solos de cerrado apontaram a elevada saturação por Al em subsuperfície como causa da redução do rendimento das culturas (GONZALEZ-ERICO et al., 1979). O Al, em especial, além da paralisação do crescimento, causa engrossamento das raízes, devido ao enrijecimento da parede e à inibição da divisão celular (FOY & FLEMING, 1978; FOY et al., 1978), o que, por sua vez, altera a absorção e utilização de nutrientes, especialmente o P (CANAL & MIELNICZUK, 1983). Diante disso, em solos cuja fertilidade natural é baixa e a acidez é elevada, o suprimento de elementos essenciais pode não ser adequado para a obtenção de boas colheitas e os riscos de deficiência hídrica são muito elevados.

O diagnóstico da acidez do solo é feito interpretando valores de pH em água e pela porcentagem da saturação da CTC7 por bases, em amostras coletadas na camada 0-10 cm. Conforme as indicações técnicas da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004), o pH do solo deve ser superior a 5,5 e a saturação por bases superar 65% da CTC. Sua elevação acima de 5,5 transforma o Al em  $Al(OH)_3$ , não afetando o

desenvolvimento das plantas. O aumento do pH também cria cargas negativas, contribuindo para a CTC e, para a saturação por bases.

A calagem superficial tem proporcionado melhorias no ambiente radicular e alterações nos atributos químicos no perfil do solo, porém as alterações com relevância agrônômica e que facilitam o desenvolvimento radicular limitam-se a poucos centímetros, agravados em situações com impedimento físico por compactação ou selamento de poros (KAMINSKI et al., 2005). Nem sempre as alterações nos atributos químicos do solo são eficazes. A eficiência da calagem é determinada pelo tempo de manutenção do efeito na

camada neutralizada e pelo volume de solo corrigido, no qual o alumínio tem a sua atividade drasticamente diminuída e a saturação por bases supera a metade da CTC (KAMINSKI et al., 2005).

Os processos que promovem a migração dos agentes de neutralização da acidez no perfil do solo ainda estão em discussão (KAMINSKI et al., 2005). Alguns autores (MIYAZAWA et al., 1993; OLIVEIRA & PAVAN, 1996; FRANCHINI et al., 1999) consideram que as substâncias orgânicas hidrossolúveis promovem a migração de cálcio e atuam como ligantes complexando o alumínio e aliviando seus efeitos deletérios. Outros (AMARAL, 2002; PETRERE & ANGHINONI, 2001) atribuem os efeitos em profundidade às partículas de calcário que migram via canais e biopóros no perfil.

O aumento de Matéria Orgânica do Solo pode ser considerado como um dos melhores benefícios do PD, por seu impacto em outros indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade do solo. A função física da MOS se refere à melhoria da estrutura do solo e, conseqüentemente aeração, drenagem e retenção de umidade. Biologicamente, sua função é fornecer carbono como fonte de energia para os microrganismos, promovendo a ciclagem de nutrientes. Sua função química é manifestada por sua capacidade de interagir com metais, óxidos e hidróxidos metálicos, atuando como trocador de íons (CTC) e na estocagem de nitrogênio, fósforo e enxofre (PRAKASH & MCGREGOR, 1983 apud SCHNITZER, 1991). Outra característica a ser destacada é a liberação de ácidos orgânicos durante sua decomposição, que pode complexar o Al monomérico ou se ligar às cargas elétricas dos óxidos de ferro e alumínio, diminuindo assim, os sítios de adsorção de P (HAYNES & MOKOLOBATE, 2001).

Objetivo Geral deste trabalho foi fazer uma caracterização química do solo na bacia hidrográfica do Rio das Almas, no município de Goianésia na microrregião de Ceres-Go.

Os Objetivos Específicos foram caracterizar o comportamento químico do solo em sistema não perturbado pela ação antropogênica comparando com áreas onde foram exploradas pela pecuária e agricultura dentro da mesma bacia na mesma propriedade rural.

Avaliar os impactos causados pela agricultura e pecuária no solo e compará-los aos dados de uma área de mata natural.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área da pesquisa localiza-se no município de Goianésia, microrregião de Ceres, na região central do Estado de Goiás. O clima local é classificado como tropical de savana, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso (Aw) e média pluviométrica anual de 1.500 mm. O relevo é ondulado com cobertura de pastagem e o solo é Cambissolo Háplico, Tb distrófico de textura média (CXvbd), classificado conforme a EMBRAPA,

Av. Universitária Km 3,5  
Cidade Universitária - Anápolis/GO  
75083-515

cultivados com pastagem degradada e cultura de milho. O preparo foi realizado com aração a 0,25 m de profundidade e duas gradagens superficiais. Em cada área, realizou-se a descrição morfológica dos perfis (SANTOS et al. 2005).

As análises químicas foram realizadas em 24 amostras de solos da camada arável, na profundidade 0-20 cm e de 20-40 cm formadas, coletadas em áreas de cultivo de milho e de pastagem degradada. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm para análises químicas e físicas, realizadas no Laboratório de Análises de Solo Unisol, em Goianésia, Goiás.

Os macronutrientes, pH e a matéria orgânica foram analisados conforme VETTORI (1969). Os micronutrientes (ferro, manganês, cobre e zinco) foram extraídos pelo extrator Mehlich-1 e dosados por absorção atômica, de acordo com (SILVA 1999). O teor de argila foi determinado seguindo a metodologia descrita por GROHMANN (1960), e os limites para interpretação dos resultados, baseados em LOPES (1989), sendo dag kg-1 de: 0-15 = textura arenosa; 15-35 = textura média; 35-60 = textura argilosa e 60-100 = textura muito argilosa. Os resultados foram submetidos à análise descritiva com o auxílio do aplicativo computacional Assistat 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002).

O teor de argila determinado pela metodologia descrita por (GROHMANN 1960), baseado nos limites para interpretação dos resultados, com base em (LOPES 1989), foram em dag kg-1 de: 0-15 = textura arenosa; 15-35 = textura média; 35-60 = textura argilosa e 60-100 = textura muito argilosa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de estimativa dos parâmetros da acidez do solo, pH, saturação por bases e saturação por alumínio, são apresentados na Tabela 1. Na camada superficial (0-

Camada (cm)	PASTAGEM													
	MO	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+</sup>	H+Al	pH	Ca/Mg	CTC T	m	V	Argila	
	g/L	mg/L	cmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub>				CaCl <sub>2</sub>	cmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub>		%				
0-20	18.50	0.75	0.11	1.61	0.76	0.05	2.88	4.89	2.16	5.35	2.32	47.16	35.37	
20-40	18.50	0.60	0.08	1.28	0.56	0.09	3.13	4.85	2.33	5.05	4.52	38.17	35.37	
Camada (cm)	AGRICULTURA													
	0-20	16.17	2.03	0.17	1.42	0.58	0.11	2.77	4.72	2.47	4.94	5.18	43.69	27.17
	20-40	16.17	2.05	0.14	1.24	0.53	0.20	2.81	4.59	2.39	4.73	10.33	40.74	27.17

20

Camada (cm)	PASTAGEM						
	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	mg/L						
0-20	-	0.40	0.12	16.56	0.12	0.22	
20-40	2.38	-	-	-	-	-	
Camada (cm)	AGRICULTURA						
	0-20	-	0.38	0.26	27.90	0.32	0.34
	20-40	11.88	-	-	-	-	-

cm), as amostras apresentam condições consideradas insatisfatórias para o desenvolvimento de culturas agrícolas e para pastagens, com tal limitação se intensificando na camada inferior (subsuperfície) onde, entre 20 - 40 cm, as amostras apresentaram subsuperfície muito ácida (pH inferior a 5,0) e saturação por bases menor que 45%. Os dados da camada 20- 40 cm apresentam o mesmo comportamento da 0-20 cm, porém, com maior número de amostras nas faixas de elevada acidez. (De Maria et al., 1999).

Embora exista esperada relação entre aumento de pH e aumento da saturação por bases e redução do Al trocável, a distribuição percentual das amostras em intervalos de saturação por Al (Figura 1) indica efetiva correção da acidez na camada superficial do solo. Estas concentrações de Al encontradas abaixo dos 20 cm podem caracterizar uma possível barreira química que implicaria na proliferação de raízes muito próximo da superfície do solo, como observado por (TRIPLETT JR. & VAN DOREN JR. 1969) e (KANG & YUNUSA, 1977) em solos sob PD.

As condições de saturação por bases baixa e/ou condições de pH baixo e saturação por Al alta na subsuperfície proporcionam maiores dificuldades de manejo, pois o uso convencional dos solos e cultivo das pastagens não prevê a incorporação dos corretivos e a eficiência na redução da acidez nas camadas subsuperficiais pela aplicação superficial dos corretivos não é conclusiva, pois há casos em que não se observa nenhum efeito na subsuperfície (PÖTTKER & BEN, 1998; RHEINHEIMER et al., 2000; MORAES, 2005) e, em outros o efeito do calcário em profundidade é muito rápido (OLIVEIRA & PAVAN, 1996; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 1999; CAIRES et al., 1998).

A elevação do pH promove, também, a desprotonação de hidroxilas de radicais orgânicos e daquelas expostas na superfície das argilas, aumentando a repulsão (menor adsorção) entre o fosfato e a superfície adsorvente e diminuindo o potencial eletrostático (NOVAIS & SMYTH, 1999). Por outro lado, com o aumento do pH, ocorre diminuição da forma  $H^2PO_4^-$ , em relação a  $HPO_4^{2-}$ , esta (bivalente) preferencialmente adsorvida, contrabalançando o decréscimo do potencial eletrostático (NOVAIS & SMYTH, 1999). Também, segundo esses autores, com elevada dose de calcário e maior teor de Ca trocável, pode ocorrer a precipitação de P, formando fosfatos bi e tricálcicos de baixa solubilidade, explicando a redução nos valores de P Mehlich-1 com as doses mais elevadas de calcário.

Quanto às concentrações de zinco e manganês, ambas se apresentaram significativamente menores no manejo convencional comparando as com o manejo agroflorestal e a mata nativa, nas duas profundidades. O zinco foi classificado como baixo para os dois sistemas de cultivo, sendo sua maior parte apresentada em formas complexadas ou queladas com radicais orgânicos (CAMPOS et al., 2005).

Observou-se ainda que os valores de Fe e Cu aumentaram quando se comparou os valores da área de agricultura em relação a área de pastagem, fato comprovado e citado por MALAVOLTA (2006). Ele relata que o cobre apresenta adsorção específica e fixação muito enérgica, ou seja, é um elemento que apresenta elevada estabilidade resultando em pouco movimento no solo, sendo que a maior parte fica retida junto à matéria orgânica. Já o ferro, ao formar complexos solúveis com compostos orgânicos, tem sua mobilidade e disponibilidade no perfil do solo aumentadas (FAGERIA et. al., 2002).

A maior ou menor movimentação do zinco no perfil do solo está intimamente relacionada com o teor de matéria orgânica nos horizontes superficiais observando-se pouca mobilidade no perfil do solo considerando-se a profundidade de 0-20 cm (DECHEN et al., 1991). Já, segundo (COUTO et al. 1992) a adsorção do zinco ao longo do perfil do solo está em função do teor de argila do mesmo. Assim sendo, tanto a M.Orgânica como o teor de argila podem ter influenciado no comportamento do atributo Zn.

### 3. CONCLUSÕES

- As concentrações dos nutrientes nas diferentes profundidades e manejo de solo são influenciadas principalmente pela quantidade de matéria orgânica, teores de argila e exploração agrícola.
- Áreas com uso de pastagem apresentam os menores valores de disponibilidade de nutrientes, pois a reposição nutricional não é realizada ou feita de maneira ineficaz.
- A área com uso para agricultura apresenta os menores valores de matéria orgânica devido a rápida mineralização e revolvimento do solo para preparo de plantio.

### 4. AGRADECIMENTOS

Agradeço a UniEVANGÉLICA pelo fomento com a bolsa de 50% para o custeio dos estudos, e a Professora e orientadora Maria Gonçalves da Silva Barbalho, pelas valiosas orientações.

### 5. REFERÊNCIAS

1. AMARAL, A. S. Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície. 2002. 107f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
2. CAIRES, E. F.; et al. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 315-327, 1999.
3. CAIRES, E. F.; et al. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 315-327, 1999.
4. CAMPOS, Mari Lucia et al. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 4, p. 361-367, 2005.
5. CANAL, I. N.; MIELNICZUK, J. Parâmetros de absorção de potássio em milho (*Zea mays* L.), afetados pela interação alumínio-cálcio. Ciência e Cultura, v. 35, p. 336-340, 1983.
6. COELHO, George Leonardo Seabra. Marching to the West: between theory and practice. 2010. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
7. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.
8. DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Avaliação do estado nutricional da planta e disponibilidade no solo. Diagnose visual. In: Simpósio sobre

micronutrientes na agricultura. Piracicaba. Anais. Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e Fósforo, 1991. p. 271-288.

9. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análises de solos. 19.ed. Rio de Janeiro, 2017. 10.FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop protection. *Advances in Agronomy*, v.77, p.185-268, 2002.

11.FAISSOL, Speridião. O “Mato Grosso de Goiás”. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Conselho Nacional de Geografia, 1952.

12.FERREIRA, Mozart Martins. Caracterização física do solo. In: Física do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1 ed. Viçosa, MG, 2010.

13.FOY, C. D.; FLEMING, A. L. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soil. In: *Crop tolerance to suboptimal land conditions*. ASSA/CSSA/SSSA, 1978. p. 301-343 (Special publications, 32).

14.GONZALEZ-ERICO, E.; et al. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, v. 43, p. 1155-1158, 1979.

15.HAMMER, Oyvind; HARPER, David A.T.; RYAN, Paul D. Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, v.4, issue 1, art. 4, 2001.

16.HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient cycling in agroecosystems*, v. 59, p. 47-63, 2001.

17.KAMINSKI, J.; et al. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 573-580, 2005.

18.KANG, B. T.; YUNUSA, M. Effect of tillage methods and phosphorus fertilization on maize in the humid tropics. *Agronomy Journal*, v. 69, p.291-294, 1977.

19.MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ed. Agr. Ceres, 2006, 638 p.

20.MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 17, p. 411-416, 1993.

21.MORAES, M. F. de. Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário e material vegetal em superfície. 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2005.

22.NOVAIS, R.F.& SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

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

24.PAVAN, M. A.; ROTH, C. H. Effect of lime and gypsum on chemical composition of runoff and leachate from samples of a brazilian oxisol. *Ciência e Cultura*, v. 44, p. 391-394, 1992.

25.PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 885- 895, 2001.

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

27.RHEINHEIMER, D. S. dos. Dinâmica do fósforo no solo e adubação fosfatada em sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E

- NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. Anais... Lages: SBCS/UDESC, 2004. CD-ROM.
- 28.RHEINHEIMER, D. S.; et al. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 797-805, 2000.
- 29.RHEINHEIMER, D. S.; et al. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 797-805, 2000.
- 30.SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal – Bioma Cerrado Ano - Base 2002. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, da Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, 2010.
- 31.SCHNITZER, M. Soil organic matter – the next 75 years. *Soil Science*, v. 151, p. 41-58, 1991.
- 32.SILVA, Francisco de Assis Santos e Silva; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira de. Versão do programa computacional assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. Campina Grande, v. 4, n.1, 2002.
33. TRIPLETT, Jr., G. B.; VAN DOREN Jr., D. M. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of non-tilled maize. *Agronomy Journal*, v.61, p. 637-639, 1969.