

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

GABRIELA GOMES DE LIMA

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
DE UM LATOSSOLO DO CERRADO SUBMETIDO
A DIFERENTES USOS**

BRASÍLIA

2015

GABRIELA GOMES DE LIMA

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE UM
LATOSSOLO DO CERRADO SUBMETIDO A DIFERENTES USOS**

Monografia apresentada a Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária como requisito parcial à
obtenção do título em bacharel em Agronomia.

Orientadora: Dr^a Marina Rolim Bilich Neumann

BRASÍLIA

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Lima, Gabriela Gomes de. Atributos físicos, químicos e biológicos de um latossolo do Cerrado submetido a diferentes usos.

Orientação de Marina Rolim Bilich Neumann. Brasília, 2015. 31p. : il. color.

Monografia de Graduação em Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015.

1.Solos do Cerrado.2.Áreas degradadas.3.Indicadores.4.Análise de variância.5. Componentes principais. I. Lima, G. G. de II. Avaliação da qualidade de solo sob diferentes usos, para fins de identificação de solo degradado

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Lima, G. G. Atributos físicos, químicos e biológicos de um latossolo do Cerrado submetido a diferentes usos. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015, 30 p. : il. color. Monografia de Graduação.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Gabriela Gomes de Lima.

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO: Atributos físicos, químicos e biológicos de um latossolo do Cerrado submetido a diferentes usos.

GRAU: Bacharel

ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva – se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Gabriela Gomes de Lima

E-mail: gabrielagomes@agronoma.eng.br

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE UM
LATOSSOLO DO CERRADO SUBMETIDO A DIFERENTES USOS

GABRIELA GOMES DE LIMA
MATRÍCULA: 10/0029868

MONOGRAFIA SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO
GRAU DE BACHAREL EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

MARINA ROLIM BILICH NEUMANN
DOUTORA, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
ORIENTADORA/E-MAIL: marinabilich@unb.br

THAIS RODRIGUES COSER
DOUTORA, EMBRAPA CERRADO
EXAMINADORA

JADER GALBA BUSATO
DOUTOR, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
EXAMINADOR

BRASÍLIA, JULHO DE 2015

“Never give up, make your dreams bigger than any obstacle”

(Autor Desconhecido)

AGRADECIMENTOS

Grata a Deus pela vida. Ele que permitiu que tudo isso acontecesse, abençoando e guiando meus passos ao longo da minha jornada. Aos meus anjos da guarda que estão sempre olhando por mim.

Aos meus pais, Osneider e Wânia, não há palavras suficientes para agradecer pelo apoio incondicional nos meus estudos, por acreditarem nos meus sonhos e incentivarem a realizá-los. Às minhas queridas irmãs, Larissa e Patrícia, por serem meus exemplos. À encantadora princesa que chegou para florir nossas vidas, Natália.

À minha orientadora de monografia, Marina Rolim Bilich Neumann, por toda atenção, empenho e suporte durante a elaboração deste trabalho. Por me ajudar a clarear as ideias quando tudo parecia difícil, e por ter continuado firme comigo durante todo o trajeto. Agradeço também pelos ótimos conselhos profissionais.

Aos professores Cícero Figueiredo e Jader, aos alunos Felícia e Peterson, e aos demais envolvidos neste trabalho.

Meus agradecimentos também às amigas que a vida me deu durante meus anos de estudo em Brasília. Aos colegas de estágio e professores da Universidade de Brasília que fizeram parte da minha formação.

RESUMO

Nos últimos anos têm crescido a preocupação quanto à degradação de solos. Apesar do problema ser tão antigo como a agricultura, a sua extensão e impacto na qualidade de vida do homem e meio ambiente são hoje em dia maiores do que nunca. O presente trabalho teve como objetivo utilizar de indicadores físicos, químicos e biológicos do solo para avaliar a sua sob diferentes manejos, como também verificar a eficácia destes atributos para discernir a área degradada das demais. Neste estudo foram consideradas 5 áreas pertencentes a Fazenda Água Limpa/Universidade de Brasília com diferentes históricos de uso. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. As amostras foram coletadas nas seguintes áreas: 1) Cerrado nativo (C): área sob vegetação de Cerrado *stricto sensu*, preservada e sem histórico de perturbação antrópica; 2) Pastagem plantada (PP): área com forrageiras da espécie Tifton-85; 3) Agricultura convencional (AC): área em utilização para produção de milho, submetida atualmente a plantio direto; 4) Reflorestamento (Ref): área de reflorestamento com eucaliptos, sem tratos culturais; 5) Área degradada (D): área em que grande parte do solo original foi retirado para construção de uma barragem. Em todas as 5 áreas foram coletadas amostras na profundidade de 0-10cm. Em laboratório, foram determinados: 1) Indicadores Físicos: densidade e umidade; 2) Indicadores Químicos: acidez potencial ($H+Al^{3+}$), cálcio e magnésio trocável ($Ca^{2+}+Mg^{2+}$), potássio (K^+), CTC potencial (T), CTC efetiva (t), saturação por bases (V%), e saturação por alumínio (m%); 3) Indicadores Biológicos: carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO_2). Posteriormente, estes dados foram submetidos à análise de variância e de componentes principais. Os indicadores biológicos foram os que mostraram resultados mais relevantes para análise da qualidade do solo, especificamente o COT, CBM e qCO_2 . Os indicadores físicos não apresentaram resultados relevantes e os indicadores químicos não devem ser analisados individualmente quando há áreas que receberam algum tipo de adubação química. Os efeitos da degradação do solo foram claramente observados por meio da redução expressiva do COT e CBM.

Palavras-chave: solos degradados, indicadores, manejo, componentes principais.

ABSTRACT

Over the last years, the concern regarding soil degradation has grown. Although this problem is old as agriculture, the proportion and impact at human's quality of life and environment are at nowadays bigger than before. The purpose of the current study was to use physical, chemical and biological indicators to evaluate soil quality from different management areas at Brazilian Cerrado, as well as to verify which one of those indicators was more effective to identify degraded soils. Based on that, the study collected samples from five areas that are located at Fazenda Água Limpa from University of Brasilia, where the soil features is a Red-Yellow Latosol dystrophic. The samples were collected at the following areas: 1) Native Cerrado (C): the vegetation is a Cerrado stricto sensu, preserved and with no history of human disturbance; 2) Cultivated Pasture (PP): forage area with Tifton-85; 3) Conventional farming (AC): area that has produced corn with no tillage; 4) Reforestation (Ref): the areas was reforested with eucalyptus with no agricultural practices; 5) Degraded Areas: areas where the original soil was almost completely removed for building a dam. In all those five areas, the samples collected were from the layer 0-10 cm. Other analyses were done at the lab, such as: 1) Physical Indicators: density and humidity; 2) Chemical Indicators: potential acidity ($H^+ + Al^{3+}$), calcium and magnesium exchangeable ($Ca^{2+} Mg^{2+}$), potassium (K^+), potential cation exchange capacity (T), effective cation capacity (t), base saturation ($V\%$), and aluminium saturation($m\%$); 3) Biological Indicators: total organic carbon (TOC), microbial biomass carbon (MBC), basal respiration (BR), and metabolic quotient (qCO_2). Afterwards, the data was submitted to analysis of variance and principal components. The biological indicators had shown the best results for indicating soil quality, specifically TOC, MBC and qCO_2 . The physical indicators were not relevant for this study, and the chemical indicators had presented to be more efficient if using them along with other indicator, especially when chemical fertilization was used in some of the areas. The effects of degraded soils were more clearly noted with the significant reduction of TOC and MBC.

Key words: *degraded soils, indicators, management areas, main components.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização das áreas de amostragens.....	19
Figura 2: Análise de componentes principais.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proposta de conjunto mínimo de indicadores ou atributos para avaliar a qualidade do solo.....	15
Tabela 2: Caracterização física das amostras de solo sob diferentes usos da terra.....	27
Tabela 3: Caracterização química das amostras de solo sob diferentes usos da terra.....	28
Tabela 4: Caracterização biológica das amostras de solo sob diferentes usos da terra.....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 Geral.....	13
2.2 Específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
3.1 Uso do solo e sua degradação.....	13
3.2 Indicadores físicos, químicos e biológicos do solo.....	15
3.3 Usos do solo x qualidade do solo.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 Indicadores físicos.....	21
5.2 Indicadores químicos.....	22
5.3 Indicadores biológicos.....	25
5.4 Análise de componentes principais.....	26
6. ANEXO.....	27
7. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm crescido a preocupação quanto à degradação de solos. Apesar do problema ser tão antigo como a agricultura, a sua extensão e impacto na qualidade de vida do homem e meio ambiente são hoje em dia maiores do que nunca. É uma preocupação importante por duas razões. Primeiro, a degradação de solos afeta a capacidade produtiva de um ecossistema. Segundo, afeta o clima do planeta por meio de alterações no equilíbrio da água e da energia e modificações nos ciclos de carbono, nitrogênio, enxofre e outros elementos. Por meio do impacto na produtividade agrícola e no meio ambiente, a degradação do solo provoca instabilidade política e social, aumenta a taxa de desmatamento, intensifica o uso de terras marginais e frágeis, acelera a enxurrada e a erosão do solo, aumenta a poluição de cursos de água, e a emissão de gases que provocam o efeito estufa. Dessa maneira, um estudo que vise estabelecer métodos e indicadores de qualidade em solos tropicais, de forma a possibilitar o monitoramento da degradação e recuperação dos solos, no Bioma Cerrado, é oportuno e relevante.

Fatores climáticos como vento e chuva são responsáveis por retirar camadas do solo, mas são as ações antrópicas que têm acelerado o processo de degradação dos solos. O manejo agrícola inadequado tem sido apontado como um dos fatores principais nos processos de degradação, principalmente em manejos agrícolas que optam por deixar o solo descoberto, favorecendo ainda mais o processo erosivo. No semiárido nordestino, o aumento da intensidade do uso dos solos acompanhada de a redução da cobertura vegetal nativa tem causado a degradação dos recursos naturais (Menezes & Sampaio, 2002).

A qualidade do solo pode ser compreendida como a sua capacidade em desempenhar diversas funções como a de sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana (Doran & Parkin, 1994). Já área degradada é definida como qualquer ambiente que tenha tido suas características originais alteradas por uma obra de engenharia ou que tenha passado por processos erosivos, no qual há necessidade de intervenção do homem para sua restauração pois já não é possível sua recuperação natural (Noffs *et al.*, 2000).

Objetivando restaurar áreas degradadas ou minimizar os efeitos de degradação em solos que ainda não se encontram nesse processo, indicadores de solo tem sido utilizados para qualificar o solo. Acredita-se que por meio da determinação de atributos físicos, químicos e biológicos do solo seja possível monitorar alterações de médio a longo prazo no estado de qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994). Estes indicadores podem fornecer informações importantes como o estado de

compactação, infiltração de água no solo, fertilidade, quantidade de carbono e atividade microbiana do solo, podendo assim indicar a qualidade do solo.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar, comparativamente, os indicadores de qualidade física, química e biológica do solo em áreas sob diferentes usos da terra, para fins de identificação de solos em área degradada.

2.2 Específicos

- Quantificar os seguintes indicadores físicos do solo: densidade e umidade.
- Quantificar os seguintes indicadores químicos do solo: $H+Al^{3+}$, $Ca^{2+}+Mg^{2+}$, K^+ , T, t, V%, m%.
- Quantificar os seguintes indicadores biológicos do solo: COT, CBM, RB, qCO_2 .
- Definir os indicadores mais sensíveis para diferenciação de áreas com solos degradados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Uso do solo e sua degradação

A prática insustentável da agricultura, que tem afetado diretamente a qualidade dos solos, juntamente com o crescimento populacional expressivo tem representado um novo desafio do século XXI. O agravante é o crescimento populacional sem o devido aumento da produção alimentar.

A atividade antrópica, por meio do manejo agrícola inadequado com intervenções físicas, químicas e biológicas, tem alterado significativamente as características naturais do solo, levando a constante degradação dos mesmos. Formas recorrentes da degradação são a erosão e compactação devido possivelmente ao uso intensivo de maquinários pesados, pisoteio de animais, cultivo excessivo e sucessivo, desmatamento, uso inapropriado de defensivos agrícolas, ou uso ineficiente da irrigação. Fatores climáticos e as próprias características intrínsecas do solo também interferem no processo de degradação. Por conceito, a perda de vegetação e solos caracterizam a degradação

de ecossistemas, sendo que estes sistemas degradados somente chegarão a situação de potencialmente sustentáveis por meio de sua recuperação ou reabilitação (Tavares *et al*, 2008). Segundo estudo realizado pela FAO (2011), 25% dos solos do planeta encontram-se degradados.

No Brasil, os biomas do Cerrado e Mata Atlântica apresentam ser os solos mais degradados do país devido principalmente ao uso intensivo do solo juntamente com a perda expressiva da cobertura vegetal original, os quais intensificaram a perda de matéria orgânica do solo e da biodiversidade (Tavares & Balieiro, 2008,). Esses dois biomas encontram-se em uma lista conhecida como *Hotspot* do planeta, o qual lista biomas que possuem grande biodiversidade e endemismo, mas que já perderam três quartos de sua cobertura vegetal nativa (Myers *et al*, 2000). A principal característica comum entre solos que se encontram em diferentes níveis de degradação é a perda parcial ou total da camada superficial dos solos, considerada a camada mais rica em matéria orgânica e em microorganismos (Tavares & Balieiro, 2008).

Segundo Lal & Stewart (1992), todo e qualquer solo que tenha sofrido alteração em sua natureza, seja ela física, química ou biológica devido a alterações climáticas em decorrência de ações antrópicas ou por fatores naturais, é considerado solo degradado. Uma das principais características de solos degradados em termos agronômicos é a perda da capacidade produtiva agrícola, pois os mesmos já não apresentam atributos favoráveis para a produção. Qualquer nível de degradação de solo interfere diretamente no ecossistema, o desafio está em conseguir identificar este problema em solos que se encontram neste processo e portanto não apresentam características visíveis, para que se busque alternativas para o uso sustentável do solo de tal forma a minimizar ou evitar o avanço da degradação.

3.2 Indicadores físicos, químicos e biológicos do solo

O conceito de qualidade de solo pode ser entendido como a capacidade do solo em exercer diversas funções, dentro dos limites de uso da terra e ecossistema, com o objetivo de sustentar a produtividade biológica, manter e/ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana (Doran e Parkin, 1994). A visualização do solo, como mudanças de cor e presença de plantas daninhas, pode servir como um indicador. Porém, o método mais apropriado seria através do uso de indicadores físicos, químicos e biológicos. Mais especificamente, para se obter uma análise mais acurada sobre a qualidade do solo, é preciso que os indicadores sejam analisados em conjunto e não de forma individual.

Araújo *et al*. (2007) propôs um conjunto mínimo de indicadores para avaliar a qualidade do solo. Segundo os autores, os indicadores físicos são utilizados para avaliar o estado de agregação e

compactação do solo, determinando assim a capacidade de infiltração de água no solo. Já os indicadores químicos estão relacionados com a disponibilização de nutrientes para a planta, enquanto que os atributos de natureza biológica mostram a atividade dos organismos vivos presentes no solo.

Tabela 1. Proposta de conjunto mínimo de indicadores ou atributos para avaliar a qualidade do solo.

INDICADOR	RELAÇÃO COM A QUALIDADE DO SOLO
Matéria orgânica	Fertilidade do solo, estrutura, estabilidade, retenção de nutrientes, erosão e capacidade de disponibilização de água
Estrutura do solo	Retenção e transporte de água e nutrientes, erosão do solo e habitat de microrganismos
Profundidade do solo e enraizamento	Compactação e estimativa da profundidade da lavoura
Infiltração e densidade volumétrica	Porosidade e movimento da água
Capacidade de campo	Disponibilidade e armazenamento de água
pH	Disponibilidade de nutrientes e microrganismos
Condutividade elétrica	Crescimento da planta e atividade microbiana
Parcela de Nitrogênio, Fósforo e Potássio	Disponibilidade de nutrientes para a planta e perda potencial de nitrogênio e fósforo
Nitrogênio potencialmente mineralizado	Repositor de carbono e nitrogênio, e potencial catalítico da biomassa microbiana
Respiração Basal	Avaliação da atividade microbiana

Fonte: Adaptação de Doran et al. (1996) e Larson & Pierce (1994).

3.2.1) Indicadores Físicos

Entre algumas das características encontradas por meio da análise de atributos físicos como a densidade e a umidade do solo, tem-se a compactação e a porosidade (Mion *et al.*, 2012), que

refletem diretamente na emergência das plântulas, no desenvolvimento radicular das plantas, e na capacidade de infiltração de água no solo.

A densidade do solo é uma característica que pode ser facilmente alterada por práticas de manejo, compactação e tipo de cultura. Considera-se que dentre os diversos atributos do solo que influenciam no manejo de irrigação e desenvolvimento vegetal, a densidade do solo possa ser a principal, considerada muito importante para projetos de irrigação e drenagem (Andrade *et al.*, 2005). A umidade do solo é responsável por interferir em processos do solo como aeração, temperatura, e resistência, enquanto estes são afetados pela densidade, tamanho e distribuição dos poros (Collares *et al.*, 2006).

3.2.2) Indicadores Químicos

Os indicadores químicos são os elementos essenciais para a nutrição, crescimento e desenvolvimento da planta. Assim sendo, a fertilidade, que é calculada pela SB, V%, T, t, m% e pH, está estreitamente relacionado com os atributos químicos do solo (Ronquim, 2010).

Alguns trabalhos tem mostrado a eficácia do uso de indicadores químicos como método de avaliação da qualidade do solo. De acordo com Cardoso *et al.* (2011), a conversão da vegetação arbórea em pastagem cultivada (sem correção e adubação) resultou na redução significativa dos teores de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , matéria orgânica do solo (MOS), SB, T e t. Conclui-se que estes atributos químicos são passíveis de serem usados como parâmetro na avaliação da qualidade do solo.

3.2.3) Indicadores Biológicos

Os indicadores biológicos mensuraram a atividade microbiológica no solo por meio de análises como o carbono da massa microbiana, carbono orgânico total e a respiração basal (Alef *et al.*, 1995).

A biomassa microbiana (BMS) do solo é considerada como todos os organismos vivos presentes na MOS, como fungos, bactérias e protozoários, sendo sua principal função a ciclagem de nutrientes. A BMS tem sido utilizado em pesquisas como um indicativo do estado e de alterações da MOS. Outra variável também utilizada para definir qualidade do solo é a quantidade de COT presente em uma amostra. Já a respiração basal é considerada um dos métodos mais comuns para estimar a atividade metabólica nos solos, por meio da liberação de CO_2 ou consumo de O_2 (Alef *et al.*, 1995). A respiração basal pode ser avaliada por meio de uma estimativa indireta da velocidade de decomposição da matéria orgânica ou de algum material adicionado ao solo (Alef *et al.*, 1995).

De acordo com estudos realizados por Martins *et al.* (2010) em que foram utilizados atributos biológicos como um dos indicadores para áreas que se encontram em processo de degradação na região semiárida do Estado de Pernambuco - caracterizado por solos da classe Luvisolos, o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o carbono orgânico total (COT) foram considerados como bons indicativos do nível de degradação do solo. Segundo o resultado encontrado pelos autores onde as amostragens foram feitas na profundidade de 0-10 cm, o carbono da biomassa microbiana durante o período da seca foi de 332,832 mg kg⁻¹ em solos conservados, enquanto que para solos degradados este valor foi de 64,324 mg kg⁻¹. Quanto ao COT os valores encontrados também durante o período da seca foi de 13,77 mg kg⁻¹ para solos conservados e de 5,81 mg kg⁻¹ para solos degradados. Com a diferença significativa encontrada entre os valores do CBM e COT pode-se julgar que tais parâmetros biológicos foram eficazes para diferenciar os ambientes quanto ao nível de degradação do solo.

3.3 Usos do solo x qualidade do solo

A atual exploração agrícola tem contribuído para o desequilíbrio das características físicas, químicas e biológicas do solo, acelerando o processo de degradação. Além do clima ser um contribuinte para este processo, a escolha da cultura e o manejo adotado são cruciais para evitar a perda de qualidade dos solos.

Um estudo realizado no município de Botucatu-SP, caracterizado por solos da classe Nitossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo, com o objetivo de caracterizar o nível de degradação física e química dos solos usados para cultivo agrícola, mostrou que os valores de matéria orgânica no solo (MO), de P, Ca e pH, foram mais elevados em áreas com cobertura vegetal do que nas áreas com solos degradados (Júnior, 2000). Ainda no mesmo trabalho, a capacidade de troca de cátions (CTC) apresentou uma elevada correlação com os teores de argila e de MO, mostrando assim a importância de elevar os teores de MO para que seja restaurado propriedades físico-químicas importantes do solo.

Áreas destinadas para pastagens também tem crescido consideravelmente no Brasil devido principalmente à crescente demanda por alimentos de origem animal, como carne e leite. As pastagens presentes nos biomas Cerrado e Amazônia já se encontram degradados ou em processo de degradação (Dias-Filho, 2007). Assim como para o cultivo agrícola, o processo de degradação causado por pastagens ocorre em consequência do manejo inadequado e insustentável da atividade de pecuária.

Sinais de solos degradados também foram relatados em áreas que apresentaram cultivo contínuo de cana-de-açúcar, afetando principalmente a macroporosidade do solo (Carvalho *et al.*, 1991; Silva & Ribeiro, 1992). Outro fator alterado, segundo Correia (1985) foi a condutividade hidráulica saturada, o qual apresenta relação com o volume dos poros, responsáveis pela percolação da água no solo, aeração e drenagem.

Outro estudo realizado sob Latossolo Vermelho-Amarelo no DF (Araújo *et al.*, 2007), indica existir uma relação estreita e inversa entre a qualidade do solo e os manejos à este submetidos; como por exemplo, o teor de matéria orgânica apresentou-se mais elevados para as áreas de Cerrado e pastagem natural do que para áreas com cultivo convencional de milho, possivelmente porque nestas áreas de cultivo de grãos havia revolvimento contínuo do solo, favorecendo então a decomposição da matéria orgânica (Araújo, 2007). Outro ponto abordado pelo autor é o atual impacto que os recursos hídricos estão sujeitos devido a grande proporção de áreas na região do Cerrado voltadas para pastagens naturais e plantadas que se encontram degradadas ou em processo de degradação, e portanto, com as chuvas, sedimentos poderão ser carregados e depositados nos reservatórios hídricos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Água limpa da Universidade de Brasília - UnB (Figura 1). O solo das áreas de amostragem é classificado, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico A moderado, textura muito argilosa fase Cerrado tropical subcaducifólio relevo plano.

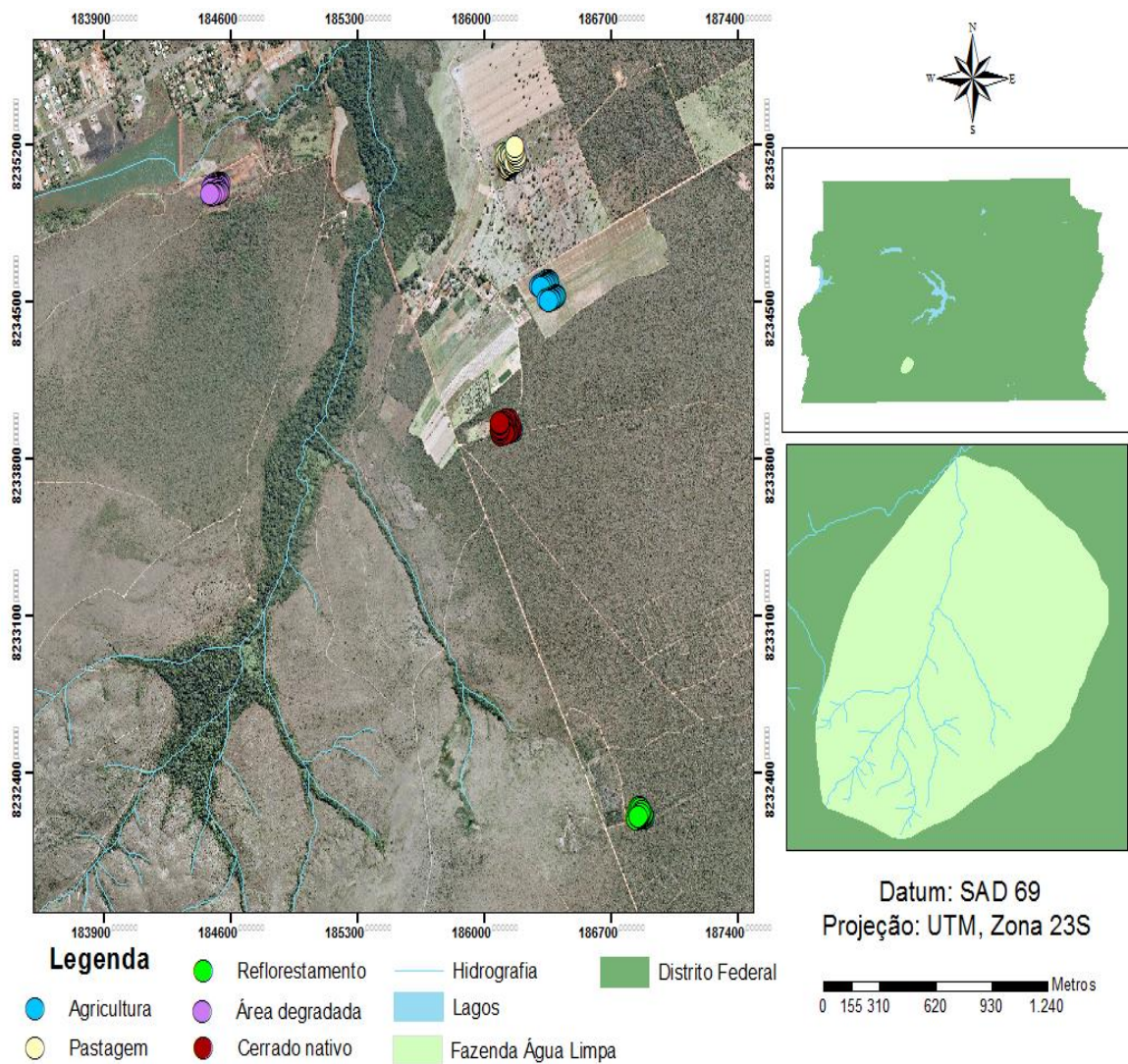


Figura 1: mapa de localização das áreas de amostragens.

Em março de 2013 foram coletadas 6 amostras indeformadas e 5 amostras deformadas de solo para cada área de estudo, totalizando 30 amostras indeformadas e 25 amostras deformadas. O solo foi amostrado na camada superficial de 0-10cm.

As 5 áreas utilizadas foram: (1) Cerrado nativo (C): área sob vegetação de Cerrado stricto sensu, preservada e sem histórico de perturbação antrópica. Esta área foi escolhida como referência para comparação das alterações dos atributos; (2) pastagem plantada (PP): área onde foi implantada pastagem à aproximadamente sete anos com forrageiras da espécie Tifton-85, sendo utilizada para pastagem de bovino. Antes da implantação da pastagem foi utilizado o sistema Barreirão. Na época da implantação da pastagem, a acidez do solo foi corrigida com calcário; (3) Agricultura convencional (AC): área em utilização para produção de grãos, à aproximadamente 20 anos, principalmente de milho, submetida atualmente a plantio direto. Nesta área tem sido realizada

calagem, e antes de cada plantio, é realizada adubação química; e (4) reflorestamento de eucalipto (Ref): área de reflorestamento com indivíduos adultos, implantada à cerca de 20 anos, sem adubação ou tratamentos culturais. Uma serrapilheira cobre todo o solo; (5) área degradada (D); área adjacente à uma barragem. Nesta área foi retirado grande parte do solo original para construção da barragem.

4.1) Indicadores Físicos

O método utilizado para determinar a densidade do solo foi por meio do anel volumétrico. Utilizou-se para tal um anel de aproximadamente 100 cm³ que foi introduzido na camada de 0-5 cm e 5-10 cm de solo para coletar amostras indeformadas. A massa de solo seco foi obtida a partir da diferença entre o conjunto úmido e o conjunto seco, sendo o conjunto composto por recipiente de alumínio, tampa e cilindro. A densidade do solo foi obtida dividindo-se o peso do solo seco dividido pelo volume do cilindro (100 cm³).

4.2) Indicadores Químicos

Para a determinação da acidez potencial utilizou-se a como solução extratora: (CH₃COO)₂Ca.H₂O 0,5 mol/L (1 N), pH= 7,0. Após medir 5 cm³ de TFSA das amostras de cada área, transfere-se para um erlenmeyer de 250 mL, adicionando 75 mL da solução extratora. Agita-se por 15 minutos, deixar em repouso por uma noite. Após decantar filtrou-se no dia seguinte em papel filtro faixa branca (filtragem rápida).

Pipetou-se 25 mL do filtrado, adicionando 3 gotas do indicador, titula com NaOH 0,025 mol/L até a viragem de incolor para róseo persistente e fazer a prova em branco utilizando 25 mL da solução extratora. É importante que o ponto de viragem das amostras seja da mesma cor que o obtido na prova em branco (Oliveira, 1999).

$$\frac{\text{meq (H + Al}^{3+}\text{)}}{100 \text{ cm}^3} = \left(\text{Vol}_{\text{NaOH } 0,025 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}^{\text{amostra}} - \text{Vol}_{\text{NaOH } 0,025 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}^{\text{branco}} \right) 1,65$$

Na determinação do Cálcio e Magnésio a solução extratora é o KCl 1 mol/L (pH= 5,5). Pipeta-se 25 mL do filtrado utilizado na determinação do alumínio, adicionando 4 mL do coquetel pH 10,0 seguido de 1,0 mL do ácido ascórbico e 3 gotas do indicador negro de eriocromo T.

Titula-se com EDTANa₂ 0,0125 mol/L até a viragem de vermelho pra azul. A prova em branco é feita utilizando 25 mL da solução extratora.

Em solos adubados com fosfato, muitas vezes após alguns minutos a cor azul volta de novo para o vermelho, devido à liberação do Ca²⁺ ligado ao HPO₄²⁻ e/ou ao PO₄³⁻. Nestes casos, continuar a titulação até a persistência da cor azul (Oliveira, 1999).

$$\frac{\text{meq Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{100 \text{ cm}^3} = \left(\text{Vol}_{\text{EDTANa}_2, 0,0125 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \text{ amostra} - \text{Vol}_{\text{EDTANa}_2, 0,0125 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \text{ branco} \right)$$

Quando se determina o potássio (K^+) utiliza-se como solução extratora o HCl 0,05 mol/L + H_2SO_4 0,0125 mol/L (0,025 N) (Mehlich I). Os 5 cm³ de TFSA são transferidos para erlenmeyer de 125 mL, adicionar 50 mL da solução extratora, agitar por 5 minutos, deixando em repouso por uma noite. No dia seguinte, filtrar em papel de faixa branca (filtragem rápida) (Oliveira, 1999).

Ao se determinar o Al^{3+} utiliza-se como solução extratora KCl 1mol/L (pH= 5,5). A partir de 10 cm³ de TFSA, transfere-se para erlenmeyer de 250 mL e adicionando 100 mL da solução extratora. Agita-se por 5 minutos, deixando em repouso por uma noite. Após decantar, filtrou-se em papel de faixa branca.

Pipeta-se 25 mL do filtrado para um béquer de 100 mL, adicionando 4 gotas do indicador e titular com NaOH 0,025 mol/L até a viragem da cor de amarelo para azul. Deve-se fazer a prova em branco utilizando 25 mL da solução extratora (Oliveira, 1999).

$$\frac{\text{meq Al}^{3+}}{100 \text{ cm}^3} = \left(\text{Vol}_{\text{NaOH } 0,025 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \text{ amostra} - \text{Vol}_{\text{NaOH } 0,025 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \text{ branco} \right)$$

Assim, foi possível determinar os valores da: $\mathbf{T} = \mathbf{K} + \mathbf{Ca} + \mathbf{Mg} + (\mathbf{H}+\mathbf{Al})$; $\mathbf{t} = \mathbf{K} + \mathbf{Ca} + \mathbf{Mg} + \mathbf{Al}$, $\mathbf{V}\% = (\mathbf{SB} \times 100) / \mathbf{T}$ e $\mathbf{m}\% = (\mathbf{SB} \times 100) / \mathbf{T}$.

4.3) Indicadores Biológicos

Para determinar o carbono da biomassa microbiana utilizou – se o método de irradiação – extração adaptado de Islam e Weil (1998). As amostras foram retiradas do refrigerador e deixadas em temperatura ambiente por 24 h. As amostras de solo foram destorroadas, passadas em peneira de 2 mm de malha e homogeneizadas, retirando-se as raízes e os resíduos visíveis de plantas e animais do solo.

Segundo o método proposto por Islam e Weil (1998), a energia necessária para provocar a lise bacteriana é de 800 J s-1g-1 solo em base seca. Para isso, aqueles autores sugerem a fórmula para cálculo do tempo de irradiação, que é $T = \text{RW}/P$, em que T é o tempo de irradiação (s); R, a energia incidente pretendida sobre a amostra; W, a massa de solo (base seca); e P, a potência do micro-ondas. Contudo, os autores enfatizam que a temperatura da massa de solo úmido deve ficar acima de 80 °C, e não deve ultrapassar 88 °C para não provocar a liberação de carbono não

microbiano durante a irradiação. Antes da realização da extração, a calibração do aparelho de microondas foi feita utilizando um volume conhecido de água e, em seguida, foi preestabelecido o tempo de irradiação para a elevação da temperatura no interior do microondas.

De cada área estudada, foram pesadas seis subamostras de 20 g de solo (três irradiadas e três não irradiadas); as amostras foram irradiadas em forno de microondas por 3 minutos. Posteriormente, a extração foi realizada com sulfato de potássio 0,5 mol L⁻¹; a determinação do carbono da biomassa microbiana foi feita por oxidação, com dicromato de potássio 0,066 mol L⁻¹; e a titulação, com sulfato ferroso amoniacal 0,033 mol L⁻¹. O cálculo do carbono da biomassa microbiana (mg kg⁻¹ C_{microbiano} no solo) foi realizado por meio das formulas: C_{microbiano} = FC / kC - 1, em que FC = CI - CNI, sendo CI o teor de carbono extraído do solo irradiado, CNI o teor de carbono extraído do solo não irradiado e kc – fator de correção (utilizado valor de 0,33).

Para mensurar o carbono orgânico total utilizou-se o método de Walkey – Black. Um dia antes da realização das análises, as amostras foram retiradas do refrigerador e deixadas em temperatura ambiente por 24 h. As amostras de solo foram destorroadas, passadas em peneira de 2 mm de malha e homogeneizadas, retirando-se as raízes e os resíduos visíveis de plantas e animais do solo. Depois passadas em peneira 0,50 mm e levadas em estufas por 24h à 105 °C. Foi pesado 0,5g de solo, transferido para um erlenmeyer e adicionado 10 ml de dicromato de potássio e foi agitado. Em seguida foi adicionado 20 ml de ácido sulfúrico e deixado em repouso por 30 minutos. Após repouso, foi adicionado 200 l de água destilada, 1 ml de indicador difenilamina 0,16%be titulado com sulfato ferroso amoniacal, até a viragem.

A respiração basal foi quantificada segundo a metodologia proposta por Alef *et al.* (1995), cuja quantificação baseia-se em uma estimativa indireta da velocidade de decomposição da matéria orgânica ou de outro material que tenha sido adicionado ao solo.

4.4) Análises Estatísticas

Os resultados de laboratório de todos os indicadores foram submetidos à análise de variância para identificar a influência dos diferentes tipos de manejo (Ref, PP, AC, C, D) sobre as variáveis analisadas. Para isso, os dados foram analisados considerando um delineamento inteiramente casualizado. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey (p<0,05).

Os dados de todas as variáveis em conjunto foram submetidos à análise de componentes principais (PCA), a partir de combinações lineares das variáveis originais em eixos ortogonais independentes. Esta análise foi realizada com o objetivo de identificar quais fatores mais

interferiram no agrupamento das variáveis. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* XLSTAT 2011.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Indicadores Físicos

Na tabela 2 (anexo) estão apresentados as médias das densidades observadas nas cinco áreas avaliadas. Verificou-se que os valores apresentados se mostraram elevados para todos os ambientes quando comparados com resultados de outro estudo (Araújo *et al.*, 2007), o que pode ter sido ocasionado pelo dia de coleta das amostras que ocorreu durante um veranico.

Assim, as áreas amostradas que apresentaram maiores médias e valores estatisticamente similares, indicando maior grau de compactação foram a área degradada, a agricultura convencional e pastagem plantada. O que se esperava é que a densidade do solo fosse maior em áreas degradadas, entretanto, Araújo *et al.* (2007) também verificaram valores mais elevados de densidades nas áreas sob pastagem plantada (PP) e agricultura convencional (AC) em latossolo na Fazenda Experimental Água Limpa. Esses valores mais altos podem ser resultantes do pisoteio dos animais no caso da pastagem plantada e do trânsito de máquinas e implementos na área de agricultura convencional. Kondo & Dias Junior (1999) demonstraram que o efeito do pisoteio do gado em pastagens ocorre principalmente nos primeiros centímetros do solo, cerca de 0–3 cm.

Os valores de densidade de solo observados na área de pastagem e o de Cerrado foram estatisticamente similares. Entretanto, os valores observados nas áreas de reflorestamento, foram os que apresentaram menor densidade, o que é condizente com as práticas realizadas na área, onde há elevada densidade de árvores de eucalipto, nenhum distúrbio ou práticas agrícolas na área.

5.2 Indicadores Químicos

Na tabela 3 (anexo) estão apresentados as médias da SB, T, t, V% e m% observadas nas cinco áreas avaliadas. Verificou-se que a agricultura convencional apresentou os maiores valores para praticamente todos os atributos.

De acordo com a tabela, a agricultura convencional foi a área que apresentou valor mais elevado para SB: 5,14 cmol_c/dm³, possivelmente porque há nessa área um histórico do uso de calcário para correção da acidez e uso frequente da adubação. A pastagem plantada também apresentou valor elevado para SB, pois é uma área que foi submetida ao sistema Barreirão e provavelmente já havia recebido adubação química, e previamente a implantação da pastagem foi

realizada a correção do solo com a calagem. Já os demais manejos, área degradada, cerrado e reflorestamento, foram estatisticamente similares com menores valores de SB, mostrando que não houve uma diferença significativa entre eles.

Como esperado, os resultados mostram que a CTC efetiva (t) obteve o mesmo resultado do que o apresentado pelo atributo anterior SB. Isso porque (t) é calculada em função da $SB + Al^{3+}$.

A área degradada apresentou um valor de CTC potencial extremamente menor quando comparada com as demais áreas, $1,05 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Já a agricultura convencional por ser uma área que tem histórico de adubação química e uso de calcário, portanto há mais bases presentes no solo, somado com a acidez potencial do solo apresentou o maior valor para CTC potencial, $9,55 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. As demais áreas foram enquadradas no mesmo grupo, mostrando que não houve diferença de quanto a CTC potencial.

Quanto à saturação por bases, foram obtidos 2 grupos distintos. O primeiro grupo com comportamento similar foram as áreas de Cerrado e reflorestamento que indicam que estes solos estão quimicamente pobres, apresentando os menores valores para a saturação por bases, 1,97% e 3,22%, respectivamente. Já as demais áreas apresentaram valores estatisticamente similares os sistemas agrícolas (AC e PP) por já terem recebido calagem em algum momento e a área degradada por já ter recebido algum tipo intervenção, como calagem para sua recuperação.

As amostras de solos sob o Cerrado e reflorestamento são as que apresentaram maiores saturações de alumínio (m%). Os solos do cerrado já apresentam naturalmente esta característica de solos com alta concentração de alumínio (Oliveira *et al.*, 2005). A área de reflorestamento apresentou este valor elevado, pois não foi submetida a tratamentos culturais há pelo menos 20 anos. A área degradada e pastagem mostra que não houve saturação de alumínio nos seus solos; o teste ainda mostra que a agricultura convencional apesar de ter apresentado uma média de m(%) diferente de zero, se comportou como os solos das áreas degradadas e da pastagem porque houve a correção do solo com uso de calcário para neutralização do Al^{3+} .

5.3 Indicadores Biológicos

Na tabela 4 estão apresentados as médias do carbono da biomassa microbiana, quociente metabólico e carbono orgânico total observadas nas cinco áreas avaliadas. Verificou-se que estes atributos foram os que apresentaram resultados mais relevantes para a comparação da qualidade de solos das áreas degradadas em relação aos demais usos da terra.

A área de reflorestamento apresentou um valor expressivamente maior de carbono da biomassa microbiana do que as demais áreas, $504,96 \text{ mg/kg}$ solo. Opostamente, a área degradada

apresentou o valor mais baixo de CBM, 27,55 mg/kg solo, mostrando claramente a redução significativa de organismos vivos presentes em solos de áreas degradadas em função da retirada de MOS. A área do cerrado também mostrou ser um solo biologicamente rico, com CBM de um pouco mais de 50% daquele apresentado pelo reflorestamento, 275,44 mg/kg solos. Seguidamente, as áreas de agropecuária apresentaram comportamentos similares. Araújo *et al.* (2007) em estudo comparativo da qualidade dos solos do Cerrado e sob diferentes usos, também verificaram que a pastagem plantada e o agricultura convencional não apresentaram ser estaticamente diferentes quanto ao carbono da biomassa microbiana.

Os resultados da análise do quociente metabólico, que é a relação entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana. Com isso, por meio do quociente metabólico foi possível analisar melhor o comportamento das 5 áreas, as quais foram agrupadas em 2 grupos distintos.

A área degradada foi a que apresentou resultados maiores para o qCO^2 quando comparada com as demais. Foi possível constatar que o solo da área degradada se encontra em estresse, pois além de apresentar o menor valor para CBM, ainda apresentou respiração na mesma intensidade que os demais solos, que apresentaram valores mais elevados de CBM, ou seja, os poucos organismos vivos presentes nas áreas degradadas estão com a respiração elevada, indicando ambiente de estresse. De acordo com Bezerra *et al.* (2008) “o quociente metabólico (qCO^2) é um valioso indicador de estresse, perturbação ou estabilidade do ecossistema”.

O processo de perturbação da área degradada reduziu drasticamente a quantidade de matéria orgânica presente no solo, e apesar de a pastagem possuir uma média absoluta superior ao da área degradada, as duas áreas apresentaram comportamentos similares. Já o cerrado apresentou comportamento similar tanto com a pastagem e área degradada, como também com a área de agricultura convencional. E mais uma vez, o solo da área de reflorestamento foi o que apresentou valor mais elevado para COT, 24,22 g/kg, mostrando ser a área mais rica quanto ao teor de matéria orgânica.

5.4 Análise de Componentes Principais

Por meio da análise de componentes principais (Figura 2) foram gerados 2 componentes (F1 e F2) como mecanismo ilustrativo para melhor diferenciação dos efeitos de cada tipo de sistema adotado neste trabalho, considerando os seguintes indicadores: densidade do solo, umidade do solo, SB, t, T, V%, m%, COT, CBM e qCO^2 . A distribuição das variáveis apresentou variância acumulada de 74,95% para a soma dos componentes principais F1 e F2.

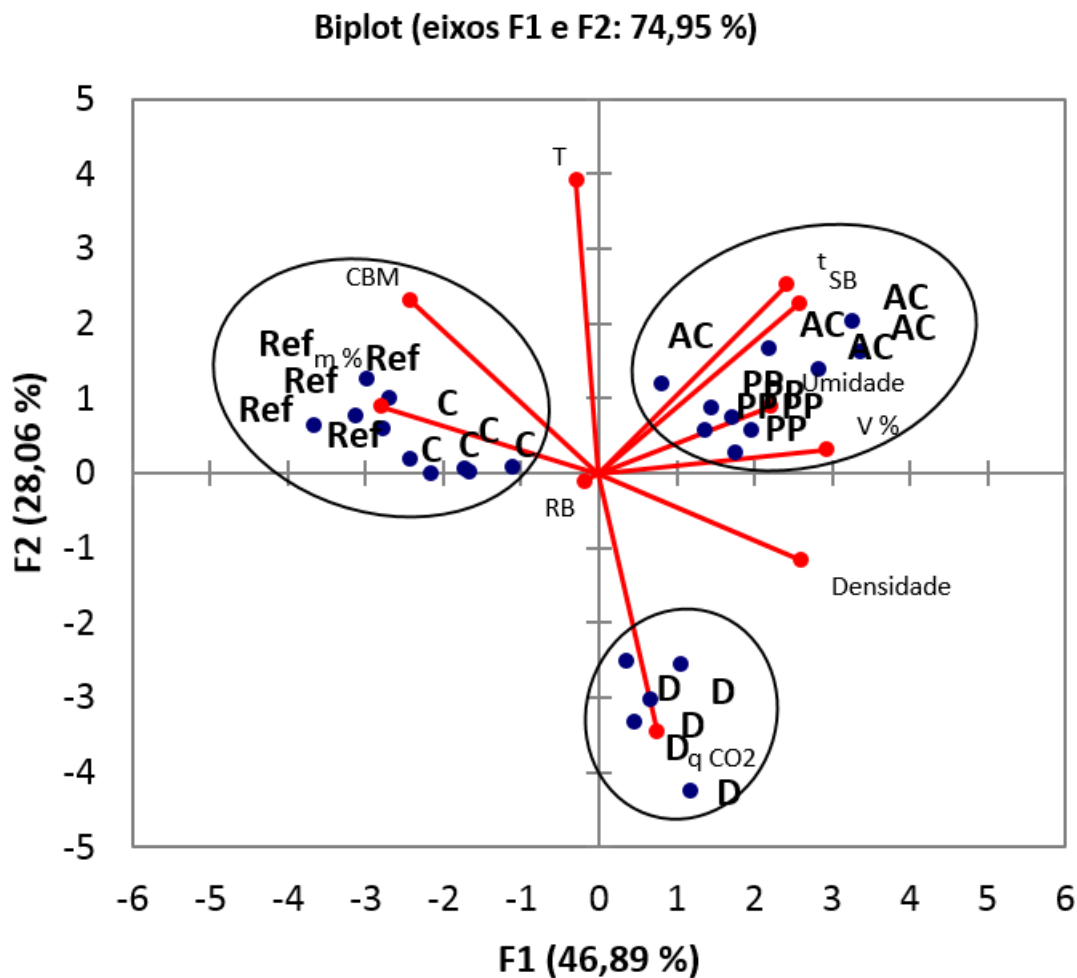


Figura 2: Análise de componentes principais.

Assim, esta análise mostra que há 3 ambientes diferentes. A área degradada foi a que se comportou de maneira mais diferenciada das demais, inclusive se encontra em quadrante oposto, e a variável que mais contribuiu para tal diferenciação foi o ambiente estressante em que a área degradada se encontra, definido pelo quociente metabólico (qCO_2). Já os demais sistemas podem ser considerados similares por se encontrarem no mesmo quadrante superior. Porém, os comportamentos mais similares foram entre agricultura convencional e pastagem plantada, e entre reflorestamento e cerrado nativo.

Agricultura convencional e pastagem plantada apresentaram como variáveis relevantes para tal agrupamento a umidade do solo, soma de bases, saturação por bases, e CTC efetiva. O interessante dessa junção foi agrupar os dois tipos de sistemas agrícolas analisados neste trabalho. Como são duas áreas que visam a produtividade agrícola, adubações constantes foram feitas, inclusive na área de pastagem, a qual previamente a implantação da pastagem havia sido submetido

ao Sistema Barreirão, onde provavelmente também havia frequentes adubações. Além disso, as duas áreas já receberam calagem para correção da acidez do solo, contribuindo para as elevadas taxas de bases encontradas nas análises químicas, elevando as diversas variáveis dos indicadores químicos.

O outro agrupamento composto pelo reflorestamento e cerrado também foi interessante por ter juntado as duas áreas que apresentam menor interferência antrópica. O Cerrado por ser uma área que não apresenta perturbação e assim mantém sua vegetação natural. O reflorestamento, após implantado os eucaliptos, há cerca de 20 anos atrás, nunca mais foi perturbado e nem recebeu mais nenhum tipo de trato cultural. Pelo fato destas duas áreas não terem recebidos tratamentos culturais, uma das variáveis que mais contribuiu para a junção destes dois sistemas foi a saturação por alumínio que refletiu uma das características intrínsecas dos solos naturais dessa região de estudo, o Cerrado. Entretanto, por essas áreas terem predominância de árvores e muita vegetação nativa associado com a característica de não terem sido submetidos a práticas agrícolas como revolvimento do solo, favoreceu outra variável relevante para este agrupamento que foi o carbono da biomassa microbiana, indicando que a presença e a atividade de organismos vivos é elevada nestes sistemas.

6. ANEXOS

Tabela 2: Caracterização física das amostras de solo sob diferentes usos da terra.

Áreas de Uso	Densidade (g/cm ³)	Grupos*	
Reflorestamento	1,709	C	
Cerrado	2,004	B	
Pastagem plantada	2,089	B	A
Área degradada	2,160		A
Agricultura convencional	2,166		A

*Médias seguidas pelas mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a $p < 0,005$.

Tabela 3: Caracterização química das amostras de solo sob diferentes usos da terra.

Áreas de Uso	Soma de Bases ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Grupos*	t ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Grupos*	T ($\text{cmol}_e/\text{dm}^3$)	Grupos*
Área degradada	0,15	C	0,28	C	1,05	C
Pastagem plantada	0,25	C	0,51	C	7,18	B
Agricultura convencional	0,28	C	0,73	C	7,57	B
Reflorestamento	3,44	B	3,44	B	8,11	B
Cerrado	5,14	A	5,20	A	9,55	A

Áreas de Uso	Saturação por Bases (%)	Grupos*	Saturação por	Grupos*
Área degradada	1,97	B	0	B
Pastagem plantada	3,22	B	0	B
Agricultura convencional	34,82	A	1,77	B
Reflorestamento	47,84	A	66,01	A
Cerrado	56,01	A	79,62	A

*Médias seguidas pelas mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a $p < 0,005$.

Tabela 4: Caracterização biológica das amostras de solo sob diferentes usos da terra.

Áreas de Uso	Quociente Metabólico ($\text{mg C}/\text{mg CBM dia}^{-1}$)	Grupos*	Carbono Orgânico Total (g/kg)	Grupos*	Carbono da Biomassa Microbiana (mg/kg)	Grupos*
Área degradada	0,03	B	24,22	A	27,55	D
Pastagem plantada	0,06	B	23,00	AB	166,26	C
Agricultura convencional	0,08	B	21,39	BC	177,35	C
Reflorestamento	0,09	B	20,72	C	275,44	B
Cerrado	0,65	A	8,33	C	504,96	A

*Médias seguidas pelas mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a $p < 0,005$.

7. CONCLUSÕES

- 1) Os indicadores de solo mais sensíveis para diferenciar áreas nativas, de relorestamento e de agropecuária, em relação à áreas degradadas são: COT, CBM e $q\text{CO}_2$.
- 2) A perda de matéria orgânica do solo em área degradada diminuiu consideravelmente o COT, CBM, e consequentemente a CTC potencial.
- 3) Áreas nativas ou com pouca interferência antrópica refletiram na saturação por alumínio, característica própria de latossolos da região.
- 4) Os efeitos da degradação do solo são claramente observados pelas análises obtidas com os indicadores biológicos por meio da redução expressiva do COT e CBM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEF, K.; NANNIPIERRE, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995.
- ANDRADE, A. R. S.; GUERRINI, I.V.A; GARCIA, C.J.B; KATEZ, I.; GUERRA, H.O.G. **Variabilidade espacial da densidade do solo sob manejo da irrigação**. Ciências Agrotécnica de Lavras v. 29, nº. 2, p.322-329. 2005.
- ARAÚJO, R; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. **Qualidade de um Solo sob Diferentes Usos e sob Cerrado Nativo**. R. Bras. Ci. Solo, 31:1099-1108, 2007.
- BEZERRA, R. G. D.; SANTOS, T. M. C.; ALBUQUERQUE, L. S.; CAMPOS, V. B.; PRAZERES, S. S. **Atividade Microbiana em Solo Cultivado com Cana-de-Açúcar Submetido a Doses de Fósforo**. Revista Verde, Mossoró - RN, v.3, n.4, p. 64-69, Out/Dez, 2008.
- COLLARES, G. L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. **Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília - DF, v 41, n. 11, p. 1663-1674, novembro, 2006.
- CORREIA, J. C. **Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso (Typic Acrorthox) do Estado do Amazonas, sob diferentes métodos de preparo do solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília - DF, 20:1381-1387, 1985.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de Pastagens: Processos, Causas, e Estratégias de Recuperação**. 3 ed. Belem: Embrapa Amazonia Oriental, 190 p., 2007.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W. et al. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: ASA/SSSA, p.3-21, 1994.
- DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. **Soil Healthy and Sustainability**. Adv. Agron. 56:1-54, 1996.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2ª Edição, Brasília – DF, 2006.
- FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/edsaasa.asp>>. Acesso em: 17 de Junho de 2015.

- GOEDERT, Wenceslau J. – Qualidade do Solo em Sistemas de Produção Agrícola – **XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2005.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, p. 408-416, 1998.
- JUNIOR, L. R. N. **Caracterização de Solos Degradados pela Atividade Agrícola e Alterações Biológicas após Reflorestamentos com Diferentes Associações de Espécies da Mata Atlântica**. Piracicaba – SP, Dezembro de 2000.
- LAL, R.; STEWART, B. A. Need for land restoration. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil Restoration**. New York, Advances in Soil Science, 17:1-11. 1992.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. **The Dynamics of Soil Quality as a Measure of Sustainable Management**. In: Doran, J. W.; Coleman, D. C.; Bezdicek, D. F.; Stewart, B. A. (Eds.). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Pub., 35:37-52, 1994.
- MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. L.; SOUZA, E. R.; POROCA, H. A. **Atributos Químicos e Microbianos do Solo de Áreas em Processo de Desertificação no Semiárido de Pernambuco**. R. Bras. Ci. Solo, 34: 1883-1890, 2010.
- MENEZES, R.S.C. & SAMPAIO, E.V.S.B. **Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano**. In: SILVEIRA, L.M.
- MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M.. **Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo**. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.
- MYERS N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G; KENT, J. **Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities**. Nature, 403: 853-858, 2000.
- NOFFS, P. S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de áreas degradadas da mata atlântica: Uma experiência da CESP – Companhia Energética de São Paulo**. Caderno nº 3. Ministério do Meio Ambiente (Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica), 2000. Disponível em: http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_03.pdf. Acesso em: 15 set. 2014.
- OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. P.; SANTO, K. J. G.; MOREIRA, F. P. **Considerações sobre a Acidez dos Solos do Cerrado**. Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, Goiás, ISSN 1808-8597, v.1, n.1, p. 01-12. Agosto, 2005.

CARVALHO, S. R.; BRUAND, A.; H ARDY, M.; LEPRUM, J.C. & J AMAGNE, M. **Tassement des sols ferrallitiques Podzólico Vermelho Amarelo sous culture de canne à sucre (état de Rio de Janeiro, Brésil): apport d'une analyse de la porosité associée a une connaissance détaillée de la phase minérale.** Cahiers Orstom, sér. Pedologie, Bondy. 26:195-212, 1991.

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

SILVA, M.S.L. da. & RIBEIRO, M.R. **Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiros do Estado de Alagoas.** R. bras. Ci. Solo, Campinas, 16:397-402, 1992.

TAVARES, S. R. L., BALIEIRO, F. C., MELO, A. S., ANDRADE, A. G., [*et al*]. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de Recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Disponível em: <http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2012/02/curso_rad_2008.pdf>. Acesso em: 17 de Junho de 2015.

XLSTAT. **Statistical Software for excel.** 2011.