

JUCÉLIO MARCOS DE CARVALHO

**DEGRADAÇÃO DOS SOLOS POR EROÇÃO HÍDRICA, SOB ÁREAS DE
PASTAGEM, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL - REGIÃO
SUDOESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL**

TANGARÁ DA SERRA/MT- BRASIL

2015

JUCÉLIO MARCOS DE CARVALHO

**DEGRADAÇÃO DOS SOLOS POR EROÇÃO HÍDRICA, SOB ÁREAS DE
PASTAGEM, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL - REGIÃO
SUDOESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo José Neves

Co-orientador: Prof. Dr. Milson Evaldo Serafim

TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL

2015

Carvalho, Jucélio Marcos.

C3311d Degradação dos solos por erosão hídrica, sob áreas de pastagem, na bacia hidrográfica do rio Cabaçal - região sudoeste do estado de Mato Grosso, Brasil / Jucélio Marcos de Carvalho. - Tangará da Serra, 2015.

54 f.; 30 cm. il. color. (anexo CD-ROM)

Dissertação (Mestrado em Ambientes e Sistema de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, 2015.

Orientador: Ronaldo José Neves

Co-orientador: Milson Evaldo Serafim

1. Geotecnologias. 2. Solos. 3. Atributos físico-químicos.
I. Autor. II. Título.

CDU 631.41(817.2)

JUCÉLIO MARCOS DE CARVALHO

**DEGRADAÇÃO DOS SOLOS POR EROÇÃO HÍDRICA, SOB ÁREAS DE
PASTAGEM, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL-REGIÃO
SUDOESTE DO ESTADO DE MATO GROSSO**

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2015.

Prof. Dr. Ronaldo José Neves
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
(Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Santos Silva Amorim
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT
(Membro Externo)

Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
(Membro Interno)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Jorge e Antônia, pelo apoio, carinho e incentivo durante toda a
minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, que nos momentos difíceis ouviu minhas orações e me conduziu ao melhor caminho.

Ao professor Ronaldo José Neves pela amizade, paciência e orientação que me proporcionou no decorrer desse trabalho.

Ao professor Milson Evaldo Serafim pela co-orientação, deste trabalho.

À professora Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin pela ajuda na elaboração e interpretação das análises estatísticas.

À todos os professores vinculados ao programa de pós-graduação pelos ensinamentos e convívio.

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa.

Agradeço o apoio de todos os colegas do mestrado, Camila, Cicero, Edilaine, Fabricio, Fernanda, Jesã, Jessica, Junior, Jucimar, Leonardo, Lucas, Patricia, Sonia, Thatiany e Willian e também ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola (PPGASP).

Aos colegas do Laboratório de Geotecnologias da UNEMAT - LABGEO UNEMAT, pela convivência e pelos aprendizados: Miriam, Jesã, Sophia, Marcel, Camila, Rafaela, Renata, Laís, Marcela, Stephanie, Tamires, Thiago, Charles, Joliene, Larissa, Wustania, Leandro e Isabela.

Aos meus pais Jorge e Antônia pelo orgulho e felicidade que sempre demonstraram na realização dessa minha conquista.

Aos meus irmãos Josimeire, Jorge Paulo, Josiane, Júlio César, pelo apoio e incentivo no decorrer do curso.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

LISTA DE SIGLAS

ANA: Agência Nacional de Águas

BDG: Banco de Dados Geográficos

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MMA: Ministério do Meio Ambiente

MT: Mato Grosso

SEMA: Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SEPLAN: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral

SIG: Sistema de Informação Geográfica

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Artigo 1	
Figura 1. Localização da área de estudo no contexto municipal e das sub-bacias que integram a bacia hidrográfica do rio Cabaçal.....	19
Figura 2. Solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.....	22
Figura 3. Graus de Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.....	23
Figura 4. Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.....	24
Figura 5. Susceptibilidade à erosão hídrica da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.....	25
Figura 6. Classes de uso do solo na bacia Hidrográfica do rio Cabaçal/MT.....	27
Figura 7. Potencial atual à erosão hídrica na bacia Hidrográfica do rio Cabaçal/MT.....	28
Artigo 2	
Figura 1. Localização da área de estudo e pontos (áreas) de coleta de solos.....	35
Figura 2. Dispersão dos diferentes ambientes e agrupamento pelo método de Tocher das duas primeiras variáveis canônicas nos atributos físicos na profundidade de 0-20 cm. E atributos químicos na profundidade de 0-20cm.....	40
Artigo 3	
Figura 1. Localização da área de estudo e pontos (áreas) de coleta de solos.....	45
Figura 2. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos e químicos diagrama de ordenação dos componentes principais para os ambientes Natural (N), moderadamente degradado (M) e degradado (D).....	49

LISTA DE TABELAS

	Páginas
Artigo 1	
Tabela 1. Classes de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Cabaçal.....	21
Tabela 2. Graus de erodibilidade para as unidades pedológicas da bacia Hidrográfica do rio Cabaçal.....	24
Artigo 2	
Tabela 1. Características físicas nos diferentes ambientes, natural, moderadamente degradado e degradado, na camada de 0,0-0,10m e 0,1-0,20m.....	38
Tabela 2. Atributos químicos do solo, nos diferentes ambientes natural, moderadamente degradado e degradado, nas camadas de 0,0- 0,10 m e 0,10m - 0,20m.....	39
Artigo 3	
Tabela 1. Características físicas e químicas nos diferentes ambientes, natural, moderadamente degradado e degradado, na camada de 0,0 - 0,20m.....	47
Tabela 2. Coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1 e 2) para os atributos físicos e químicos, em função do nível de degradação dos ambientes.....	50

LISTA DE QUADROS

Páginas

	Artigo 1	
Quadro 1.	Áreas (km ²) das classes de susceptibilidade por municípios e a porcentagem das sub-bacias em cada município.....	26
Quadro 2.	Áreas (km ²) das classes de potencial por municípios e a porcentagem de suas sub-bacias.....	29

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS	-
LISTA DE FIGURAS	-
LISTA DE TABELAS	-
LISTA DE QUADROS	-
RESUMO	-
ABSTRACT	-
INTRODUÇÃO GERAL.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
ARTIGO 1: Susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso, Brasil.	17
ARTIGO 2: Atributos físicos e químicos em Neossolos Quartzarênicos, sob diferentes níveis de degradação por erosão hídrica, nas áreas de cabeceiras da bacia do rio Cabaçal, Mato Grosso, Brasil.....	33
ARTIGO 3: Indicadores físicos e químicos em Neossolos Quartzarênicos sob pastagem com diferentes níveis de degradação por erosão hídrica, na bacia do rio Cabaçal - MT.....	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53

RESUMO

A degradação física e química do solo nos municípios da bacia do rio Cabaçal, contidos na região sudoeste de planejamento do Mato Grosso, pode ter como consequências a alteração significativa da biodiversidade e grandes perdas de solo por erosão hídrica, incorrendo em menor produtividade agropecuária, contaminação e assoreamento dos cursos d'água. O presente estudo objetivou avaliar a degradação do solo por erosão hídrica, sob áreas de pastagem, na bacia hidrográfica do rio Cabaçal - região sudoeste do estado de Mato Grosso, visando contribuir para a definição de áreas prioritárias à conservação e/ou recuperação ambiental. Para tanto, com base na interpretação de imagens de satélite e observações em campo, ambientes sob pastagens com diferentes graus de degradação do solo (ocorrência de erosão, taxa de recobrimento, encrostamento, etc.) e presença de vegetação natural localizados na região sudoeste do estado de Mato Grosso. A partir de então, definiu-se como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Cabaçal. Os mapas de susceptibilidade a erosão hídrica do solo, uso da terra e o de potencial atual à erosão foram elaborados objetivando a realização de um diagnóstico amplo da bacia. Posteriormente, para coleta de solos foram escolhidas vinte áreas dentro da referida bacia, em três ambientes diferentes: o ambiente conservado ou natural, o moderadamente degradado e o intensamente degradado. Em cada área foram definidos três pontos de amostragem, totalizando sessenta pontos de coleta de solo, realizadas nas profundidades de 0,0-0,10m e 0,10-0,20m para a determinação dos atributos físicos e químicos. De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a maior parte da bacia é susceptível à erosão hídrica do solo e apresenta discordância entre o uso atual e a capacidade de uso da terra. Dentre os atributos físicos e químicos estudados, apenas a densidade do solo, a porosidade total e a matéria orgânica foram significativos para distinguir ambientes degradados por erosão hídrica. Conclui-se também que, pela análise dos componentes principais, os atributos estudados que se mostraram mais sensíveis para distinguir ambientes foram DMP, DMG, H+, CTCpH7 e M.O. Portanto é possível utilizar esses atributos como indicadores de degradação do solo por erosão hídrica.

Palavras-chave: Geotecnologias, uso da terra, atributos físico-químicos.

ABSTRACT

The physical and chemical soil degradation throughout the Cabaçal River basin, southwestern Mato Grosso State may have consequences, such as significant changes in biodiversity and large soil losses by erosion, causing lower agricultural productivity and waterways silting and contamination. This work aimed to evaluate the soil degradation by water erosion under pasture areas in the Cabaçal river basin, to contribute to define priority areas for conservation and/or environmental recovery. Therefore, it was used satellite images interpretations and field observations of environments under pasture with different degrees of soil degradation (erosion, recovering rate, crusting, etc.) and natural vegetation presence in the region. Maps of soil water erosion susceptibility, land use and current potential erosion were developed to perform a broad diagnosis of the basin. Twenty areas were chosen for soil collection within the basin, in three different environments: conserved or natural environment, moderately degraded and intensively degraded. Three sampling points were defined in each area, making sixty points of soil collection, performed from 0,00 to 0,10 m and from 0,10 to 0,20 m to determine their physical and chemical attributes. According to the results, most of the basin area is susceptible to water erosion and it is in disagreement between current use and land use capacity. Among the physical and chemical attributes evaluated, soil density, total porosity and organic matter were significant to distinguish degraded environments by water erosion. Also, the main components analysis showed that the more sensitive evaluated attributes to distinguish environments were DMP, DMG, H⁺, and CTCpH7 and MO. Therefore it is possible to use these attributes as soil degradation indicators by water erosion.

Keywords: Geo technologies, land use, physical-chemical attributes.

INTRODUÇÃO GERAL

O uso e ocupação da terra, na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso, têm provocado a perda da sua biodiversidade e causado a degradação do solo em muitas áreas, principalmente devido à erosão hídrica, reduzindo grande parte do solo da região. A susceptibilidade e o processo de erosão hídrica do solo podem ser considerados os principais fatores de identificação de áreas degradadas.

O mais recomendado para o estudo da degradação por erosão é a abordagem das bacias hidrográficas que podem ser utilizadas como unidade de planejamento, por ser capaz de integrar várias faces do ambiente, fornecendo informações objetivas e proporcionando uma discussão embasada em critérios reais para o conhecimento da área (CAVALLARI et al., 2007).

Entende-se por “degradação da terra” o processo de deterioração do solo, dos recursos hídricos, da vegetação, da qualidade de vida da população e perda da biodiversidade (BRASIL, 1998). Dentre as várias causas deste processo, apontam-se a exploração intensiva da terra pela agricultura e a pecuária (LU et al., 2009). Estima-se que 80% das pastagens cultivadas no Brasil Central, responsáveis por mais de 55% da produção de carne nacional, encontram-se em processo de degradação (PERON; EVANGELISTA, 2004).

Os instrumentos utilizados para o monitoramento da degradação são os indicadores de qualidade, que envolvem propriedades, processos e características físicas, químicas e biológicas do solo (FAO, 2003). Esses indicadores podem ser usados para determinar a expansão espacial e distribuição geográfica de áreas degradadas e relacionar ações humanas com as condições ambientais (RUBIO; BOCHET, 1998).

Dessa forma, a avaliação da distribuição espacial dos principais fatores responsáveis pela degradação do solo pode ser realizada em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Estes dados, aliados aos obtidos em campo e laboratório, podem indicar o real grau de degradação e sua relação com atributos físicos e químicos do solo. No monitoramento em campo, por definição e também por razões práticas, em vista da quantidade de informações a serem coletadas, a escala de aplicação é restrita ao nível local. Entretanto, os dados coletados podem ser usados para estimar a

degradação em outros locais onde as condições de uso da terra, solo e clima sejam semelhantes (VAN LYNDEN et al., 2002).

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a degradação dos solos por erosão hídrica, sob áreas de pastagem, na bacia hidrográfica do rio Cabaçal - região sudoeste do estado de Mato Grosso, visando contribuir para a definição de áreas prioritárias à conservação e/ou recuperação ambiental.

O presente trabalho é constituído por três artigos: o primeiro artigo, intitulado “Susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso, Brasil”, tem como objetivo avaliar a susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal-MT, visando subsidiar o planejamento para o uso do solo. O segundo artigo, denominado “Atributos físicos e químicos em Neossolos Quartzarênicos, sob diferentes níveis de degradação por erosão hídrica, nas áreas de cabeceiras da bacia do rio Cabaçal, Mato Grosso, Brasil”, objetivou avaliar os atributos físicos e químicos dos Neossolos Quartzarênicos em diferentes níveis de degradação por erosão hídrica na bacia. O terceiro artigo, denominado “Indicadores físicos e químicos em Neossolos Quartzarênicos sob pastagem com diferentes níveis de degradação por erosão hídrica, na bacia do rio Cabaçal-MT”, tem o propósito de identificar através de componentes principais os atributos físicos e químicos do solo mais adequados para serem utilizados como indicadores do nível de degradação do solo por erosão hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. **Convenção das Nações Unidas de combate a desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África**. Brasília: Plano Nacional de Combate a Desertificação, 1998. 2ª edição. 95p.

CAVALLARI, R. L.; TAMAE, R. Y.; ROSA, A. J. A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.6, n.11, 2007.

FAO. **Data sets, indicators and methods to assess land degradation in drylands**. World Soil Resources Reports, 100. 122p. 2003. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y4609E/Y4609E00.HTM acesso em: 02 set. 2014>

LU, L.; LI, X.; VEROUSTRAETE, F.; KANG, E.; WANG, J. Analyzing the forcing mechanisms for net primary productivity changes in the Heihe River Basin, north west China. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, n. 3, p.793-816, 2009.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 3, p. 655-661, mai./jun. 2004.

RUBIO, J.L.; BOCHET, E. Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe. **Journal of Arid Environments**, v.39, p.113-120, 1998.

VAN LYNDEN, G. W. J.; KUHLMANN, T. **Review of methods for assessing land degradation**. FAO, 52p. 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/landandwater/agll/lada/emailconf.stm>. Acesso em: 04 set. 2014>

SUSCEPTIBILIDADE E POTENCIAL ATUAL À EROSÃO HÍDRICA DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL, MATO GROSSO, BRASIL

*Susceptibility and potential to current water erosion of soils in the
waterched of the river Cabaçal, Mato Grosso, Brazil*

[Revista Brasileira de Cartografia]

RESUMO

A avaliação da susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica do solo pode auxiliar os gestores públicos e proprietários de terras na identificação e recuperação de áreas degradadas. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal-MT, visando subsidiar o planejamento para o uso do solo. O mapa de erodibilidade foi gerado pela associação do mapa de solos com o de classes de erodibilidade. O mapa de erodibilidade e de declividade originaram o de susceptibilidade à erosão. O mapa do potencial à erosão foi obtido pela combinação do mapa de susceptibilidade à erosão com o de uso do solo. Quanto à susceptibilidade as classes extremamente e muito susceptíveis representaram 72,05% da área da bacia. Em relação ao potencial à erosão hídrica, 56,69% da bacia apresenta médio potencial. A maior parte das áreas na bacia variam de extremamente à muito susceptível, em função das classes de solos. As áreas com médio potencial à erosão hídrica, que correspondem a maior parte da bacia, apresentam solos alterando de extremamente à muito susceptíveis para erosão, que estão submetidos às atividades antrópicas inadequadas e a maior parte da bacia apresenta incompatibilidade entre o uso atual e a susceptibilidade à erosão hídrica.

Palavras chaves: Geotecnologias, classes de erodibilidade, degradação dos solos.

ABSTRACT

Soil water erosion susceptibility and current potential assessments can help public managers and landowners on identification and recovery of degraded areas. So that, the present work aimed to evaluate the susceptibility and current potential of soil water erosion for the Cabaçal river basin, in order to support land use planning. The area erodibility map was created through the combination of the soil and erodibility classes map, the erosion susceptibility map through the erodibility and the declivity map, and the potential erosion map through the erosion susceptibility and land use map. The susceptibility classes extremely and very susceptibility represented 72.05% of the basin area. The potential to water erosion results showed that 56.69% of the basin has medium potential. Most areas of the basin ranged from extremely to very susceptible, depending on soil types. Areas with medium potential to water erosion, which represent most of the basin, has soils ranging from extremely to very susceptible to erosion, subjected to inadequate human activities and most of the basin area had presented incompatibility between the current use and water erosion susceptibility.

Keywords: Geo technologies, erodibility classes, soil degradation.

1. INTRODUÇÃO

A expansão da atividade agropecuária na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso, evidenciada ao longo das últimas décadas, sem o adequado uso e manejo do solo, tem provocado danos à sua qualidade física e química, causando sérios impactos à região.

A degradação do ambiente, principalmente pelos processos erosivos causa grande perda de solo por erosão hídrica, suscitando o seu empobrecimento e também os assoreamentos dos cursos hídricos, nesse caso, os rios da bacia do Cabaçal.

Segundo Nascimento & Villaça (2008) as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, uma vez que é possível acompanhar as alterações introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza.

A erosão dos solos é um processo natural no desenvolvimento da paisagem, responsável pela retirada do material de superfície por meio dos agentes erosivos, vento, água e gelo. No entanto, a erosão acelerada dos solos, isto é, aquela que ocorre com intensidade superior à erosão natural é consequência das atividades antrópicas sob determinadas condições de solo, clima, vegetação e relevo (Endres *et al.*, 2006).

O processo de erosão hídrica do solo consiste na desagregação, arraste e transporte de partículas do solo em superfície para os cursos d'água (Bertoni & Lombardi Neto, 2005; Albuquerque *et al.*, 2005), enquanto que a erodibilidade é um atributo próprio de cada classe de solo e depende de suas características físicas, químicas e mineralógicas (Albuquerque *et al.*, 2000; Nunes & Cassol, 2008; Nunes *et al.*, 2013).

O emprego das geotecnologias permite a aquisição, manipulação e a integração de dados temáticos, servindo de auxílio para a caracterização espacial/temporal de áreas com susceptibilidade à processos erosivos (Valério Filho *et al.*, 2005).

A utilização de sistemas de informação geográfica (SIG) auxilia no direcionamento do trabalho de campo proporcionando redução de tempo na obtenção de resultados. Além disso, a combinação de informações georreferenciadas, geradas pelo sistema, acelera a identificação de áreas susceptíveis à erosão (Valente, 1995).

O sensoriamento remoto é uma ferramenta capaz de subsidiar a identificação e avaliação de áreas degradadas, pois as técnicas de processamento e tratamento de imagens são utilizadas para identificar áreas desmatadas e pastagens impactadas a partir de diferentes tipos de uso (Silva *et al.*, 2007).

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal-MT, visando subsidiar o planejamento para o uso do solo.

2.MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Cabaçal está localizada na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso, abrangendo áreas de dez municípios dos 22 que compõem a referida região no Estado (Figura 01). Observa-se também a presença de cinco sub-bacias principais.

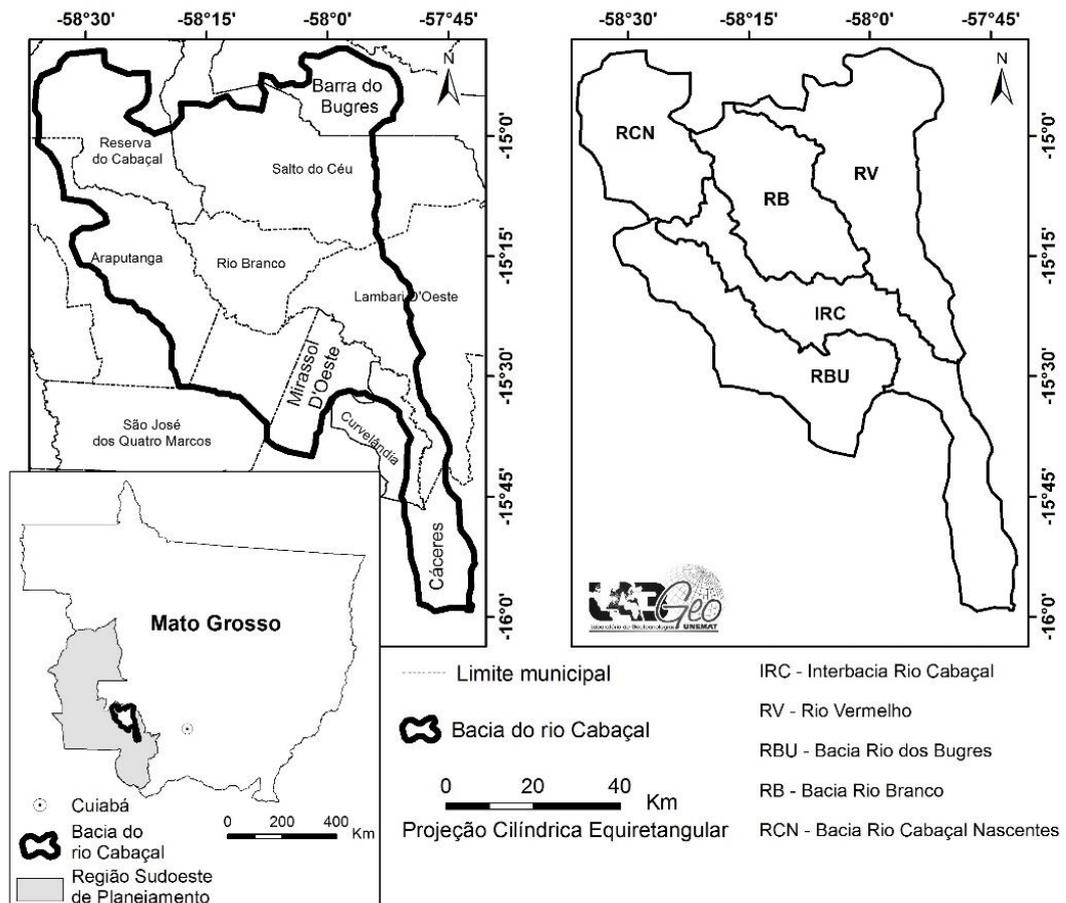


Fig 1. - Localização da área de estudo no contexto municipal e das sub-bacias que integram a bacia hidrográfica do rio Cabaçal. Fonte: Labgeo UNEMAT (2014).

A bacia do Cabaçal abrange uma área de aproximadamente 5.428,45 Km², distribuídos nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, existentes no estado de Mato Grosso. O rio Cabaçal com extensão de 303,43 Km é o principal curso na bacia supracitada, cujas nascentes estão localizadas na Chapada dos Parecis, e os principais afluentes os rios Branco, Vermelho e Bugres.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização deste trabalho, inicialmente, foram feitos levantamentos dos mapeamentos produzidos por instituições públicas estaduais e federais: SEPLAN/MT, SEMA/MT, IBGE, MMA, INPE e ANA. Os mapeamentos de interesse foram compilados, compatibilizados e organizados em um Banco de Dados Geográficos (BDG), no Sistema de Informações Geográficas ArcGis, versão 9.2 (Esri, 2007).

O mapa de erodibilidade foi gerado pela associação do mapa de solos, cuja nomenclatura foi atualizada conforme Embrapa (2006) e as informações das classes de erodibilidade sugeridas por Salomão (2010).

A associação do mapa de erodibilidade ao de declividade originou o mapa de susceptibilidade à erosão hídrica. A definição das classes de susceptibilidade à erosão, com base no percentual de declive, seguiu os critérios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo IPT (1990).

O mapa de declividade, correspondente ao mapa de isodeclividades da metodologia proposta por Salomão (2010), foi gerado utilizando as cenas 14S60_ZN, 14S585_ZN, 15S60_ZN e 15S585_ZN do radar interferométrico (SRTM - Missão Topográfica Radar Shuttle), disponibilizadas gratuitamente no sítio do INPE. As imagens foram mosaicadas e passaram pelo processo de filtragem (Spatial Analyst-fill) no software ArcGis (ESRI, 2007). O mosaico foi recortado pela máscara da área de estudo (Polígono/shapefile). No módulo Arcmap, ferramenta *Spatial Analyst*, opção *Surface Analyst* foi selecionado o comando *Slope* para geração das classes de declividade em percentual. O arquivo matricial contendo valores de declividade passou pelo processo de reclassificação, através do comando *Reclassify*, visando agrupar os valores de declividades em seis classes, com as respectivas fases do relevo, conforme a proposta do Manual Técnico de Pedologia (BRASIL, 2007). Para quantificação, das áreas de cada classe, o arquivo matricial foi

convertido para formato vetorial via ferramenta *raster to polygon*, disponível no módulo Arctoolbox no ArcGis.

Para análise do uso do solo foram adquiridas imagens do sensor OLI do satélite Landsat-8, referente ao período seco de 2013, com resolução espacial de 30 m, da órbita 227 e pontos 70 e 71, obtidas no sítio do Serviço Geológico Americano, essa metodologia é descrita por Pessoa et al. (2013).

As classes de uso do solo foram definidas conforme a metodologia sugerida por Salomão (2010), apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - CLASSES DE USO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL.

	Classes de uso do solo
	Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com intensa atividade antrópica (culturas anuais, estradas e áreas urbanizadas)
I	Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada (culturas perenes, cana de açúcar e pastagens)
II	Cobertura vegetal de baixo a médio porte, com atividade antrópica muito reduzida (campo sujo e campo cerrado)
V	Cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida (reflorestamento, capoeirão e florestas)
	Espelhos d'água e várzeas, cujo potencial erosivo pode ser considerado nulo.

O mapa do potencial atual à erosão hídrica foi obtido por meio da combinação do mapa de susceptibilidade à erosão hídrica ao mapa de uso atual do solo, conforme sugerido por Salomão (2010):

Classe I: alto potencial - uso atual do solo incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica laminar;

Classe II: médio potencial - uso atual do solo incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas;

Classe III: baixo potencial - uso atual do solo compatível com a susceptibilidade à erosão hídrica laminar.

Os mapas gerados foram submetidos à correção por meio das informações obtidas em campo e, na sequência no ArcGis foram elaborados os layouts e as quantificações que subsidiaram as análises.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pedologia da bacia do Cabaçal contempla seis classes de solos distribuídos da seguinte forma: 45,73% de Argissolos vermelho amarelo, 2,67% de Cambissolos Háplicos, 22,60% de Latossolos vermelho distrófico, 3,43% de Neossolo Litólicos, 20,63% de Neossolos Quartzarênicos e 4,94% de Nitossolos Vermelho eutrófico (Figura 2).

Dentre as classes de solos existentes na bacia, as que são consideradas mais susceptíveis aos processos erosivos são os Neossolos, Argissolos, Nitossolos e em menor percentual os Cambissolos.

Os Neossolos Quartzarênicos apresentam baixa resistência à erosão hídrica devido aos altos teores de areia, baixos de argila e matéria orgânica, resultando em fraca agregação (Bertol & Almeida, 2000). Enquanto os Argissolos são susceptíveis à erosão devido ao gradiente textural e à mudança textural abrupta, uma vez que o horizonte subsuperficial, de menor permeabilidade, favorece o escoamento superficial da água e, conseqüentemente a erosão hídrica (Carvalho *et al.*, 2005).

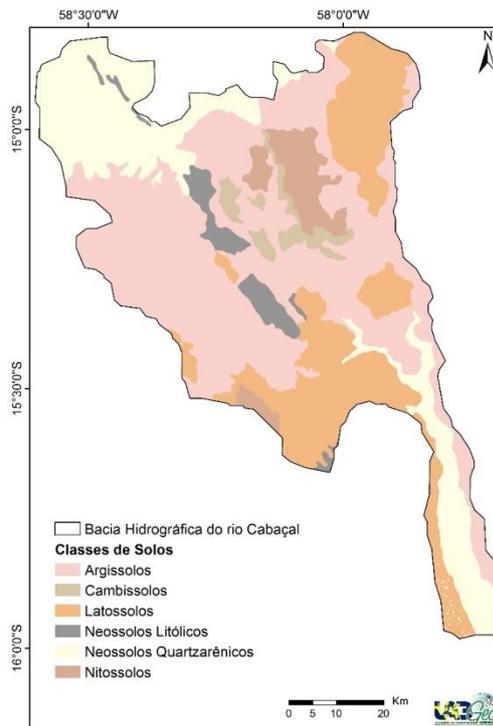


Fig. 2 - Solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT. Fonte: Labgeo UNEMAT (2014).

Em relação aos Cambissolos, estes são pouco desenvolvidos, definidos pela presença de horizonte diagnóstico B incipiente, saturação por bases variáveis de baixa (distróficos) à alta (eutróficos); em relevo plano não apresentam limitação de

uso, enquanto em relevos mais declivosos, os Cambissolos mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola, relacionadas à mecanização e a alta susceptibilidade aos processos erosivos (Embrapa, 2006).

Do total da área da bacia 31,67% apresenta grau de erodibilidade classificada como muito alta, 45,73% de erodibilidade média e 22,60% de erodibilidade baixa (Figura 3). Não foram identificados solos com grau de erodibilidade alta e de baixa à nula na bacia (Tabela 2).

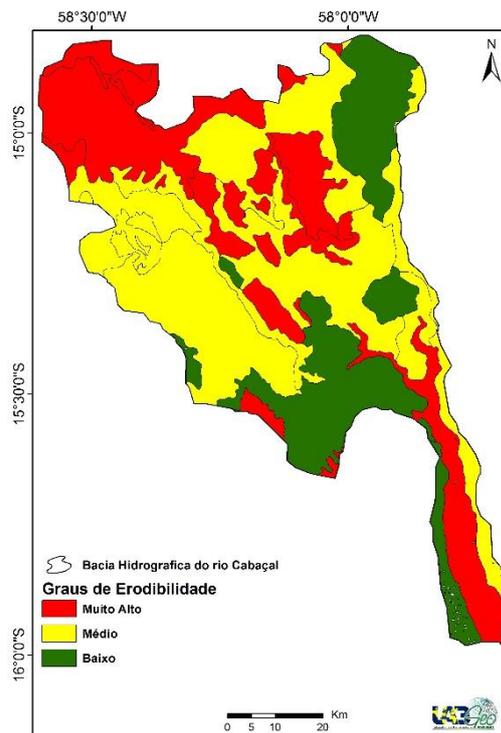


Fig. 3 - Graus de Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT. Fonte: Labgeo UNEMAT (2014).

TABELA 2. GRAUS DE ERODIBILIDADE PARA AS UNIDADES PEDOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL.

Graus de Erodibilidade	Unidades Pedológicas mapeadas
Muito alta	Cambissolo Háplico, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico Distrófico, Nitossolo Vermelho Eutrófico
Alta	-
Média	Argissolos Vermelho Distrófico
Baixa	Latossolo Vermelho Distrófico.
Baixa a Nula	-

A análise das classes de declividade (Figura 4) evidenciou que 43,98% corresponde ao relevo plano; 37,32% suave ondulado; 11,69% ondulado; 4,46% forte ondulado; 1,97% montanhoso e 0,60% ao relevo escarpado.

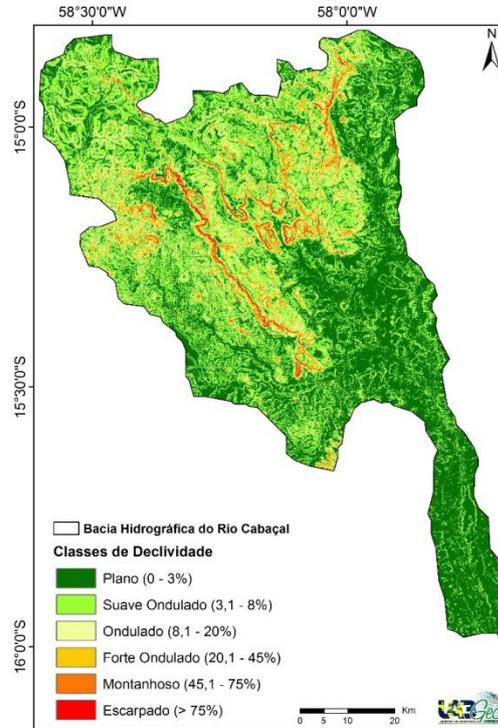


Fig. 4 - Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.

Fonte: Labgeo UNEMAT (2014).

A análise conjunta da erodibilidade e declividade mostrou que há cinco classes de susceptibilidade à erosão hídrica na área de estudo (Figura 5). As classes extremamente susceptíveis e muito susceptíveis representam 72,07% da área da bacia; a moderadamente susceptível 26,91%; a pouco susceptível 0,994% e as demais áreas, classificadas como pouco a não susceptíveis, correspondem aos espelhos d'água, perfazendo menos de 1%.

O percentual de 72,07% referente às classes extremamente e muito susceptíveis (Figura 5) está relacionado aos tipos de solos e ao grau de erodibilidade das mesmas, em particular, os Argissolos, Neossolos, Nitossolos e os Cambissolos cuja erodibilidade é muito alta e média. O relevo nesses locais pouco influenciou o resultado, uma vez que estes, em sua maioria, se apresentam de domínio plano à suave ondulado (Figura 4). Resultados semelhantes foram verificados por Nunes et al. (2013) que avaliaram a susceptibilidade à erosão hídrica no município de Salto do Céu-MT, contido parcialmente na bacia do rio Cabaçal.

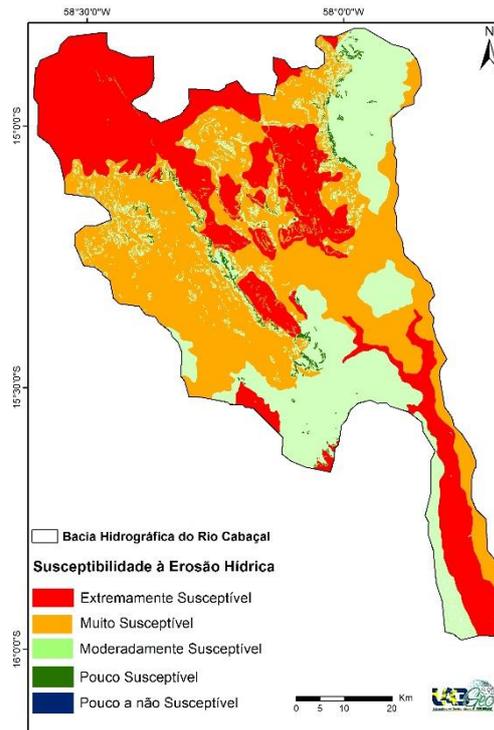


Figura 5. Susceptibilidade à erosão hídrica da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT. Fonte: Labgeο UNEMAT (2014).

No quadro 1 são apresentadas as áreas das classes de susceptibilidade à erosão hídrica por municípios e a porcentagem das sub-bacias em cada município.

QUADRO 1. ÁREAS (KM²) DAS CLASSES DE SUSCEPTIBILIDADE POR MUNICÍPIOS E A PORCENTAGEM DAS SUB-BACIAS EM CADA MUNICÍPIO.

Municípios	Classes de susceptibilidade						Porcentagem das sub-bacias nos municípios
	I	II	III	IV	V	Total	
Araputanga	52,43	623,20	91,44	2,60	0,00	769,67	10,72% IRC; 19,71% RCN; 43,01% RBU
Barra do Bugres	14,28	74,22	270,96	10,12	0,19	369,76	27,85% RV
Cáceres	174,43	60,41	84,52	0,00	0,00	319,35	24,29 % IRC
Curvelândia	66,75	0,00	74,51	0,00	0,00	141,26	10,70% IRC; 0,02% RBU
Lambari D'Oeste	105,05	385,25	110,22	0,07	0,00	600,59	22,49% IRC; 0,97% RB; 0,09% RBU; 21,78% RV
Mirassol D'Oeste	29,06	7,70	343,44	4,28	0,00	384,47	6,00% IRC; 27,68% RBU
Reserva do Cabaçal	628,14	97,56	21,83	5,21	0,00	752,73	3,16% IRC; 7,72% RB; 80,29% RCN
Rio Branco	169,79	306,19	72,86	13,17	0,17	562,18	16,90% IRC; 36,12 % RB; 1,53% RV
São José dos Quatro Marcos	34,74	198,66	153,75	9,36	0,26	396,77	5,70% IRC; 29,20% RBU
Salto do Céu	392,66	492,03	237,57	9,14	0,24	1.131,65	55,52% RB; 48,84% RV
Total	1.667,31	2.245,22	1.461,09	53,96	0,87	5.428,45	

Legenda: I= Extremamente susceptíveis, II= Muito susceptíveis, III= Moderadamente susceptível, IV Pouco susceptível, V= Pouco a não susceptível. IRC= Interbacia do rio Cabaçal, RB= rio Branco, RBU: rio dos Bugres, RCN: rio Cabaçal Nascentes, RV: rio Vermelho.

Observa-se que a porção territorial do município de Reserva do Cabaçal, contida na bacia, possui 83,44% de sua área inserida na classe I, extremamente susceptível e 80,29% de sua área encontra-se na sub-bacia rio Cabaçal Nascentes (RCN). Isso torna o município vulnerável à degradação, pois neste encontram-se localizadas a maior parte das nascentes do principal rio da bacia, Cabaçal. Os municípios de Rio Branco e Salto do Céu, localizados a montante da bacia do rio Cabaçal apresentam áreas também inseridas na classe I, 30,20% e 34,69% respectivamente.

Na classe II, muito susceptível, os municípios que apresentaram as maiores áreas foram Araputanga, Lambari do Oeste e Salto do Céu com 80,96%, 64,14% e 43,47% respectivamente. Para a classe III, moderadamente susceptível os municípios de Mirassol do Oeste, Barra do Bugres, Curvelândia e São José dos Quatro Marcos apresentaram áreas que corresponderam a 89,32%, 73,27%, 52,74% e 38,75% respectivamente.

Observa-se que os municípios contidos na porção a montante da bacia apresentaram as classes extremamente à muito susceptíveis para erosão hídrica, nesses municípios encontram-se as sub-bacias em que estão localizadas diversas nascentes do rio Cabaçal.

O mapa de uso do solo (Figura 6) mostrou que a classe I, cobertura vegetal de baixo e médio porte, com intensa atividade antrópica, compreendeu 0,75% da área da bacia; a classe II representou 59,06% da área, correspondendo as áreas de cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada, culturas perenes, cana de açúcar e pastagens; enquanto a classe III, pertinente a cobertura vegetal de baixo a médio porte, com atividade antrópica muito reduzida, representou 16,66%; a classe IV, relativa a cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida, perfaz 23,39% e a classe V, referente aos corpos hídricos, totalizou 0,14% da área da bacia (Figura 6).

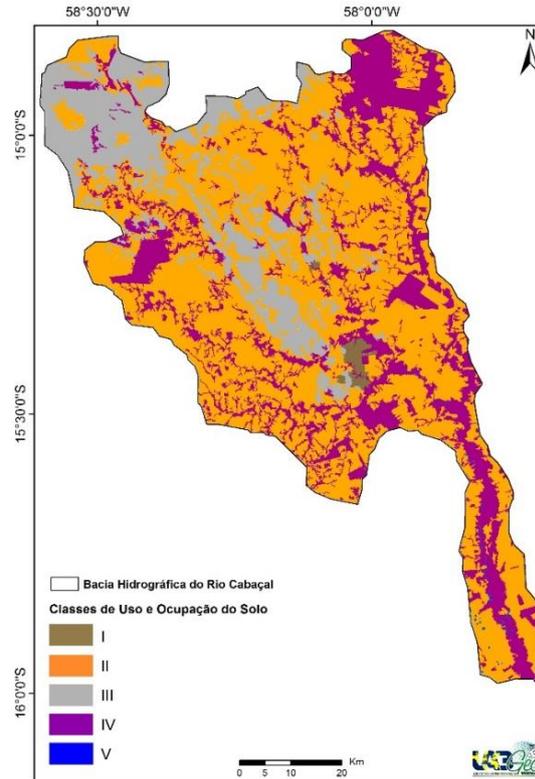


Fig. 6 - Classes de uso do solo na bacia Hidrográfica do rio Cabaçal/MT.

Fonte: Labgeo UNEMAT (2014).

O potencial atual à erosão hídrica na bacia (Figura 7), derivado da análise da susceptibilidade associada aos tipos de uso e ocupação do solo, demonstrou que 24,88% da área apresenta alto potencial à erosão, 56,69% médio, 18,26% baixo e 0,15% caracterizados pelos corpos d'água (Figura 7).

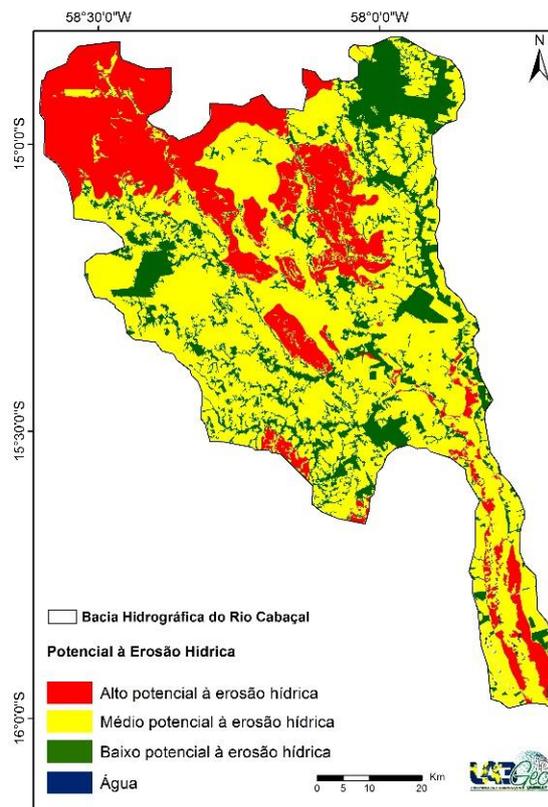


Fig. 7 - Potencial atual à erosão hídrica na bacia Hidrográfica do rio Cabacal/MT. Fonte: Labgeo UNEMAT (2014).

O percentual de 24,88% das áreas da bacia é de alto potencial à erosão, o que pode ser atribuído ao uso e ocupação do solo que é incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica. O uso inadequado do solo provoca sérios danos ambientais, dentre esses a erosão acelerada dos solos.

Os solos dessas áreas são os Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólicos, e Nitossolos (Figura 2), que apresentam grau de erodibilidade muito alto (Figura 3) e são extremamente susceptíveis à erosão (Figura 5), quando aliados ao uso inadequado do solo conferem à área um alto potencial para erosão hídrica (Figura 6).

O percentual de 56,69% representa as áreas classificadas de médio potencial à erosão hídrica, no qual o uso atual do solo é incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica laminar, mas possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas. Verifica-se nestas áreas a presença de Latossolos e Argissolos, considerados de baixa e média erodibilidade (Figura 3), com predomínio de relevo plano à suave ondulado (Figura 4), porém o uso antrópico inadequado faz com que aumente o potencial à erosão hídrica nessas áreas (Figura 7).

Somente em 18,26% da bacia o potencial é considerado baixo, ou seja, o uso do solo é compatível com a susceptibilidade à erosão hídrica, pode-se afirmar que nessas áreas os solos são manejados de forma adequada.

No quadro 2 são apresentadas as áreas das classes de potencial atual à erosão hídrica por municípios e a porcentagem das sub-bacias em cada município.

QUADRO 2. ÁREAS (KM²) DAS CLASSES DE POTENCIAL POR MUNICÍPIOS E A PORCENTAGEM DE SUAS SUB-BACIAS.

Municípios	Potencial à erosão					Porcentagem das sub-bacias nos municípios
	Alto	Médio	Baixo	Água	Total	
Araputanga	49,17	548,82	171,19	0,00	769,67	10,72% IRC; 19,71% RCN; 43,01 RBU
Barra do Bugres	9,77	134,02	225,78	0,19	369,76	27,85% RV
Cáceres	89,90	203,80	21,53	4,12	319,35	24,29 % IRC
Curvelândia	24,13	105,18	11,56	0,40	143,26	10,70% IRC; 0,02% RBU
Lambari D'Oeste	27,82	436,76	134,10	1,90	600,59	22,49% IRC; 0,97% RB 0,09% RBU; 21,78% RV
Mirassol D'Oeste	11,97	257,95	114,43	0,12	384,47	6,00% IRC; 27,68% RBU
Reserva do Cabaçal	587,60	144,78	20,35	0,00	752,73	3,16% IRC; 7,72% RB; 80,29% RCN
Rio Branco	166,01	341,63	54,04	0,50	562,18	16,90% IRC; 36,12 % RB; 1,53% RV
São José dos Quatro Marcos	26,50	272,93	97,08	0,26	396,77	5,70% IRC; 29,20% RBU
Salto do Céu	357,75	631,97	141,69	0,24	1.131,65	55,52% RB; 48,84% RV
Total	1.351,12	3.077,85	991,75	7,73	5.428,45	

Os municípios com as maiores áreas, classificadas como alto potencial à erosão, são: Reserva do Cabaçal 78,06%, Salto do Céu 31,61% e Rio Branco 29,52%, evidenciando que o uso do solo, nessas áreas, está incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica.

A classe de médio potencial à erosão, nos municípios de Curvelândia, Lambari D'Oeste, Araputanga e Mirassol D'Oeste, corresponderam a 74,45, 72,72%, 71,30% e 67,09% respectivamente, indicando que nessas áreas devem ser adotadas práticas de manejo conservacionistas para evitar o aumento dos problemas com erosão.

Na classe de baixo potencial à erosão, os municípios com áreas maiores foram Barra do Bugres com 61,06% e Mirassol D'Oeste com 29,76%. Nessas unidades municipais o uso atual do solo está compatível com a susceptibilidade à erosão hídrica.

4. CONCLUSÕES

Constatou-se que os solos presentes na bacia do rio Cabaçal, classificados como extremamente a moderadamente susceptíveis à erosão hídrica, em decorrência das suas características físicas químicas e mineralógicas, contribuíram para os altos índices de susceptibilidade à erosão na bacia.

As áreas com médio potencial à erosão hídrica, que corresponderam a maior parte da bacia, apresentam solos extremamente a muito susceptíveis à erosão, com práticas de manejo inadequadas, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas, para evitar o aumento dos problemas com erosão.

Para o planejamento do uso do solo, os municípios que compõem a bacia deverão adotar técnicas de uso e manejo mais conservacionistas, pois a maioria dessas áreas encontram-se nas nascentes do rio Cabaçal, vulneráveis a degradação por erosão hídrica.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -CAPES, pela concessão de bolsa de estudos. Informações derivadas do projeto “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT”, financiado no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A. et al. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24 (1): 141-151, 2000.

ALBURQUERQUE, A. W. et al. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9(2): 153-160, 2005.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos o estado de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24(3): 657-668, 2000.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4.ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de pedologia. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE/Diretoria de Geociências, 2007. 189-191.

CARVALHO, W. A.; FREIRE, O.; RENNÓ, C. D. Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Rio Santo Anastácio. Boletim Científico, 1/2(2), 2005. 490p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2006. 306p.

ENDRES, P. F.; PISSARRA, T. C. T.; BORGES, M. J.; POLITANO, W. Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca, SP. Engenharia Agrícola, 26(1): 200-207, 2006.

ESRI. ArcGis 9.2. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA. 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Orientação para combate à erosão no estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande. São Paulo, 3(28), 1990. IPT. Relatório.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros -Seção Três Lagoas, Três Lagoas, 5(7): 102-121, 2008.

NUNES, M. C. M.; CASSOL, E. A. Estimativa da erodibilidade em entressulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 2839-2845, 2008.

NUNES, M. C. M. et al. Susceptibility to water erosion of soils from the municipality Salto do Céu, SW Mato Grosso state, Brazil. Geografia, 38: 191-206, 2013.

PESSOA, S. P. M. et al. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na interbacia do rio Paraguai Médio-MT, Brasil. Revista Árvore, 37: 119-128, 2013.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 229-267.

SILVA, F. B.; SALVIANO, A. A. C.; ANDRADE, J. B. Áreas degradadas em microbacia de Gilbués-PI, utilizando imagens de sensor CCD-CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. 4257-4260.

VALENTE, L. S. Uso de SIG na Determinação da suscetibilidade preliminar à erosão laminar na sub-bacia do Arroio Feijó, RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSAO, 5. Anais... Bauru- SP, 1995. 287-89.

VALÉRIO FILHO, M.; SERAFIM, C. R.; PEREIRA, M. N.; ALVES, M. Análise Temporal do Crescimento Urbano em Áreas de Risco à Erosão com o Suporte das Geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. XII. Anais... Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005. INPE, 3927-3933.

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS EM NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS NAS CABECEIRAS DA BACIA DO RIO CABAÇAL/MT

[Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental]

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar os atributos físicos e químicos em Neossolos Quartzarênicos, sob diferentes níveis de degradação por erosão hídrica, nas áreas de cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Cabaçal. Para tanto, foram escolhidos três ambientes para amostragem: Natural, moderadamente degradado e degradado. Para a avaliação dos atributos foram selecionadas vinte áreas em Neossolos Quartzarênicos, e coletadas amostras de solo nas profundidades de 0,0-0,10m e 0,10-0,20m, para a determinação dos seguintes atributos: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, textura, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico; foi realizada também a análise química de rotina. Em relação ao ambiente natural, os atributos físicos mais alterados foram a densidade do solo e a porosidade total, já os químicos foram a acidez potencial, Al^3 e a matéria orgânica. Os resultados mostraram que houve alteração nos atributos físicos e químicos do solo em diferentes níveis de degradação por erosão hídrica em relação ao ambiente natural. Os atributos densidade do solo, porosidade total e matéria orgânica foram os que mais sofreram alteração nos ambientes.

Palavras-chave: Voçorocas, degradação do solo, bacia Hidrográfica, pastagem

PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES IN NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS AT THE HEADWATERS BASIN OF THE RIVER CABAÇAL/MT.

Abstract: The aim of this work was to evaluate the physical and chemical attributes of Entisols (Quartzarenic Neosol - SiBCS) soil, under different levels of water erosion degradation in the headwaters areas of the Cabaçal river basin. To this end, the three environments were chosen for sampling: Natural, moderately degraded and degraded. The attributes evaluation were performed to twenty selected areas in Entisols soils, with soil samples collected from 0,0 to 0,10 m and from 0,10 to 0,20 m, in order to describe the following attributes: soil density, particles density, porosity, texture, weighted average diameter and average diameter geometrico; performing also a routine chemical analysis. The most different physical attributes results from the natural environment were soil density and total porosity, while the chemicals were potential acidity, Al^3 and organic matter. Results showed that there was a difference in soil physical and chemical attributes at different levels of water erosion degradation compared to the natural environment. The soil density, total porosity and organic matter attributes were the most different in the environments.

Key words: Gullies, soil degradation, water basin, pasture

INTRODUÇÃO

A utilização de solos vulneráveis à degradação tem sido alvo de questionamentos no que diz respeito ao uso e manejo. Na região sudoeste do estado do Mato Grosso, a ocupação desordenada destes solos tem trazido sérios problemas ambientais.

Segundo Zuo et al. (2008) os solos arenosos são considerados ecologicamente frágeis e o uso agropecuário deveria ser evitado.

Na bacia do rio Cabaçal os Neossolos Quartzarênicos representam 21% da área total da bacia, nestes solos a vegetação de cerrado foi convertida em pastagem, no qual pode-se verificar inúmeros processos erosivos, com presença de voçorocas (Moreira & Vasconcelos, 2007).

Diante do exposto, a avaliação dos atributos físicos e químicos do solo em ambientes degradados por erosão hídrica é de extrema importância, devido à sua sensibilidade às alterações na qualidade do solo, uma vez que pode fornecer subsídios para o estabelecimento de sistemas racionais de manejo e contribuir para a manutenção de ecossistemas sustentáveis (Carneiro et al., 2009).

Segundo Doran & Parkin (1994) a qualidade desses atributos propicia condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a conservação da biodiversidade de organismos que habitam o solo. Assim, qualquer modificação no solo pode alterar diretamente sua estrutura, as propriedades químicas, a atividade biológica, e também a sua fertilidade, com reflexos na qualidade ambiental e produtividade das culturas (Brookes, 1995).

O presente estudo objetivou avaliar os atributos físicos e químicos em Neossolos Quartzarênicos, sob diferentes níveis de degradação por erosão hídrica, nas áreas de cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Cabaçal abrange uma área de aproximadamente 5.428,45 Km². O principal rio da bacia, Cabaçal, possui uma extensão de aproximadamente 303.43 km, os seus principais afluentes são o rio Branco, rio Vermelho e rio Bugres, e suas nascentes estão localizadas na Chapada dos Parecis (Figura 01).

Abrangendo os três biomas existentes no estado de Mato Grosso, Amazônia, Cerrado e Pantanal, a bacia possui áreas em 10 municípios, nos quais a principal atividade econômica é a agropecuária sob pastagem exótica. O clima da região é do tipo AW segundo a classificação de Köppen com inverno seco e o verão chuvoso.

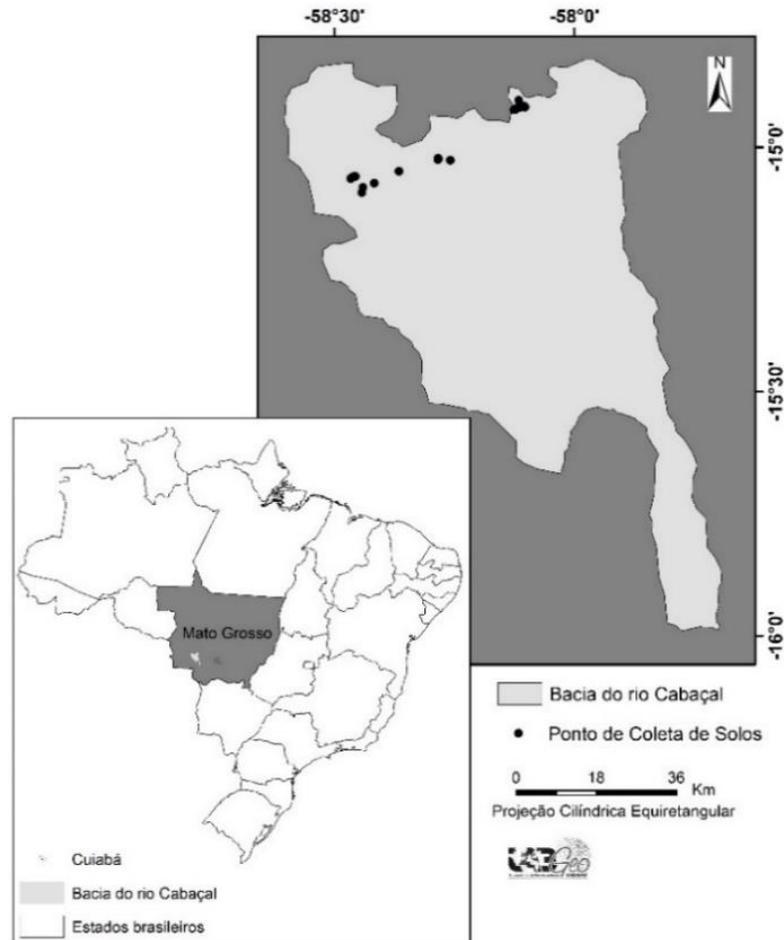


Figura 1. Localização da área de estudo e pontos (áreas) de coleta de solos

Procedimentos Metodológicos

Foram selecionados três ambientes: natural, moderadamente degradado e degradado. O ambiente conservado ou natural compreende a vegetação de cerrado nativo, sem intervenção antrópica; o moderadamente degradado corresponde a áreas de pastagens com mais de vinte anos de uso, com indícios de degradação, presença de plantas daninhas e erosão laminar e em sulcos; já o ambiente degradado corresponde a áreas em estágio avançado de degradação por erosão hídrica, com presença de grandes voçorocas. No total, foram selecionadas e georreferenciadas vinte áreas que continham os três ambientes descritos (Figura 01).

As amostras de solo foram coletadas nos diferentes ambientes representativos dos níveis de degradação, totalizando, sessenta pontos de coleta. Para a identificação dos atributos físicos do solo foram realizadas as seguintes determinações: textura, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e distribuição de tamanho de agregados. Em relação a análise química, foi realizada

a básica (rotina), para determinar os valores de pH em água e os teores de cálcio, magnésio, alumínio trocável, hidrogênio + alumínio, fósforo, potássio e matéria orgânica. As análises laboratoriais foram realizadas de acordo com os métodos do Manual de Métodos de Análise de Solo, EMBRAPA (1997).

O método da pipeta foi utilizado para a determinação da textura. Para as análises químicas foram coletadas amostras do solo deformadas, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20m. Para as determinações de densidade do solo e porosidade total foram coletadas amostras de solo indeformadas, por meio de anéis volumétricos de aço inox com 5cm de diâmetro e de altura, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20m. O método do balão volumétrico foi utilizado para a determinação da densidade de partículas. Esses atributos foram analisados em laboratório conforme recomendações da EMBRAPA (1997).

Para a determinação da distribuição de tamanho de agregados foram realizadas coletas de solo com estrutura preservada, torrões, na camada de 0-0,10m. Essas amostras foram cuidadosamente acondicionadas em potes plásticos para evitar desagregação durante o transporte e armazenamento. As amostras de solo foram homogeneizadas, destorroadas manualmente, separando os agregados nos planos de fraqueza natural, amostra com estrutura preservada, tamisadas em peneira e secas ao ar.

A distribuição de tamanho dos agregados foi obtida conforme metodologia de Van Bavel (1949), descrita por Kemper & Rosenau (1986). Nesta metodologia os agregados foram inicialmente tamisados em peneira com abertura de malha de 9,51 mm. Em seguida, as amostras foram espalhadas em bandejas e secas ao ar e à sombra. Foram utilizadas subamostras equivalentes a 50g de solo seco em estufa, com umidade corrigida, as quais foram colocadas sobre papel filtro para pré-umedecimento por capilaridade por um período de duas horas. Após, as amostras foram colocadas sobre um conjunto de peneiras com diâmetros de malha de 4,76; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25mm. O conjunto foi colocado em um agitador vertical, semelhante ao de Yoder (1936), com 33 oscilações por minuto e posto para agitar por um período de dez minutos. O solo retido em cada classe foi seco a 105 °C e posteriormente pesado, sem descontar o material inerte presente na massa de agregados.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e a teste de médias, utilizando o teste de Tukey a 5% de propabilidade (ASSISTAT). Como análise

complementar, foi utilizada a técnica multivariada por meio da análise canônica. A análise de variáveis canônicas é uma técnica da estatística multivariada que permite a redução da dimensionalidade de dados, é semelhante aos componentes principais e as correlações canônicas. Essa técnica é empregada especialmente em análises discriminantes realizadas a partir de amostras com observações repetidas. A análise procura, com base em um grande número de características originais correlacionadas, obter combinações lineares dessas características denominadas variáveis canônicas de tal forma que a correlação entre essas variáveis seja nula (Khattree & Naik, 2000).

Posteriormente a análise de correlação canônica foi elaborado um gráfico de dispersão dos diferentes ambientes para as variáveis físicas e químicas das duas primeiras variáveis canônicas. Foi aplicado o método de agrupamento de otimização de Tocher (Cruz & Carneiro, 2003), utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis físicas na profundidade de 0,0 a 0,10m houve diferença significativa ao nível ($p < 0,05$), entre os ambientes, para densidade do solo e porosidade total (Tabela 1) em relação ao ambiente natural. Em relação as demais variáveis físicas, não houve diferença.

A densidade do solo no ambiente moderadamente degradado aumentou em relação ao ambiente natural, o que pode ser atribuído ao pisoteio animal na respectiva área, pois este ambiente é de pastagem com início de degradação. O aumento da densidade do solo em ambiente de pastagens, em Neossolo Quartzarênico, também foi verificado por Sales, et al 2010, avaliando diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

Houve uma diminuição da porosidade total nos ambientes moderado e degradado, o que também pode ser conferido ao pisoteio de animais, este atributo está diretamente ligado à densidade do solo, quando há um aumento da densidade ocorre uma diminuição da porosidade total. Resultados semelhantes foram verificados por Souza et al. (2005), avaliando atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. Pode-se verificar que no Neossolo Quartzarênico houve um aumento da densidade do

solo, redução no volume total de poros e na macroporosidade em todas as áreas estudadas, em relação ao cerrado nativo.

Tabela 01. Características físicas nos diferentes ambientes, natural, moderadamente degradado e degradado, na camada de 0,0–0,10m e 0,1-0,20m

Variáveis	Ambientes		
	Natural	Moderadamente Degradado	Degradado
0,0 - 0,10m			
Ds (kg dm ⁻³)	1,34 b	1,52 a	1,47 a
Dp (g dm ⁻³)	2,57a	2,54a	257a
PT (m ³ m ³)	0,50 a	0,41 b	0,43 b
DMP (mm)	1,51 a	1,71 a	1,31a
DMG (mm)	0,58a	0,74 a	0,49 a
Argila (%)	50,31 a	43,90 a	45,05 a
Silte (%)	23,49 a	24,66 a	27,60 a
Areia (%)	926,19 a	931,43 a	927,34 a
0,10m – 0,20m			
Ds (kg dm ⁻³)	1,43 b	1,55 a	1,46 b
Dp (g dm ⁻³)	2,56 a	2,57 a	2,57 a
PT (m ³ m ³)	0,44 a	0,40 b	0,43 a
Argila (%)	47,52 a	42,93 a	47,10 a
Silte (%)	24,06 a	27,17 a	22,39 a
Areia (%)	928,41 a	929,89 a	930,50 a

As médias seguidas pela mesma letra na linha horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Já para o ambiente degradado este valor deve-se ao acúmulo de sedimentos no ambiente o que pode ter gerado uma sobrecarga, conseqüentemente, ocasionando entupimento dos poros e aumento da densidade do solo.

Para a camada de 0,10-0,20m, houve diferença significativa ao nível ($p < 0,05$), para as variáveis densidade e porosidade total (Tabela 1). O mesmo resultado foi observado na camada de 0,0-0,10m, porém nessa camada somente o ambiente moderadamente degradado diferiu do ambiente natural, indicando que o pisoteio animal está influenciando também nessa camada mais profunda do solo.

Para as variáveis químicas na camada de 0,0-0,10m houve diferença significativa ao nível de ($p < 0,05$), para acidez potencial (H+AL), teores de Al³⁺, CtcT e M.O. dos ambientes degradados em relação ao natural (Tabela 2). Ocorreu diminuição dos

valores nos ambientes moderado e degradado, esse resultado deve-se à remoção da camada superficial do solo pelo processo erosivo. Resultado semelhante a este foi encontrado por Gomide et al. (2011) em estudo de atributos físicos, químicos e biológicos do solo em diferentes voçorocas.

É possível que uma das maiores perdas seja a de matéria orgânica do solo (MOS), pois em ambientes degradados ela assume importante papel na manutenção da fertilidade natural, como evidenciado no estudo. Conseqüentemente devem ser adotadas práticas que protejam ou incrementem os teores de MOS nesses ambientes.

Tabela 2. Atributos químicos do solo, nos diferentes ambientes natural, moderadamente degradado e degradado, nas camadas de 0,0 - 0,10 m e 0,10m - 0,20m

Propriedades	Ambientes		
	Natural	Moderadamente Degradado	Degradado
0,0 - 0,10m			
Al (cmol _c /dm ⁻³)	1,06 a	0,68 b	0,71 b
Ca (cmol _c /dm ⁻³)	0,35 a	0,46 a	0,30 a
P (mg/dm ⁻³)	3,34 a	3,62 a	3,60 a
CTC _{pH 7,0} (cmol _c /dm ⁻³)	6,80 a	5,27 b	4,94 b
H + Al (cmol _c /dm ⁻³)	6,17 a	4,45 b	4,40 b
K (mg/dm ⁻³)	23,40 a	18,90 a	15,70 a
Mg (cmol _c /dm ⁻³)	0,21 a	0,30 a	0,19 a
pH H ₂ O	4,61 a	4,61 a	4,55 a
M.O. (G/DM ⁻³)	24,25 a	18,85 b	16,60 b
0,10m - 0,20m			
Al (cmol _c /dm ⁻³)	0,98 a	0,67 b	0,72 b
Ca (cmol _c /dm ⁻³)	0,31 a	0,32 a	0,27 a
P (mg/dm ⁻³)	2,26 a	2,20a	2,27 a
CTC _{pH 7,0} (cmol _c /dm ⁻³)	5,89 a	4,84 a	5,21 a
H + Al (cmol _c /dm ⁻³)	5,33 a	4,27 b	4,72 ab
K (mg/dm ⁻³)	15,20 a	10,50 ab	8,90 b
Mg (cmol _c /dm ⁻³)	0,21 a	0,22 a	0,19 a
pH H ₂ O	4,33 b	4,61 ab	4,64 a
M.O. (G/DM ⁻³)	18,25 a	13,85 b	14,70 b

As médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a camada de 0,10 - 0,20m também houve diferenças significativas ao nível de ($p < 0,05$), para as variáveis, pH, H+AL, Al⁻³, K, CtcT e M.O (Tabela 2), indicando que os processos erosivos que ocorrem na bacia estudada também influenciam as perdas dos atributos estudados nessa camada de solo.

Na análise canônica dos atributos físicos e químicos do solo sob diferentes ambientes e níveis de degradação do solo para o Neossolo, os atributos físicos (Figura 2a), a primeira e a segunda variável canônica corresponderam a 86,5% e 8,7% da variação total, respectivamente. Isso representa 95,2% da variação total, o que, de acordo com Cruz & Regazzi (1994) é satisfatório para avaliação por meio da dispersão gráfica dos escores em relação à primeira e segunda variáveis canônicas. Além da dispersão gráfica, utilizou-se o método de agrupamento de Tocher que evidenciou a formação de dois grupos: um formado pelo ambiente natural e o outro formado pelos ambientes moderado e degradado. Demonstrando que os ambientes em processo de degradação apresentaram comportamento semelhante, quando considerado o conjunto de atributos físicos do solo, fato esse também evidenciado pelo teste de médias.

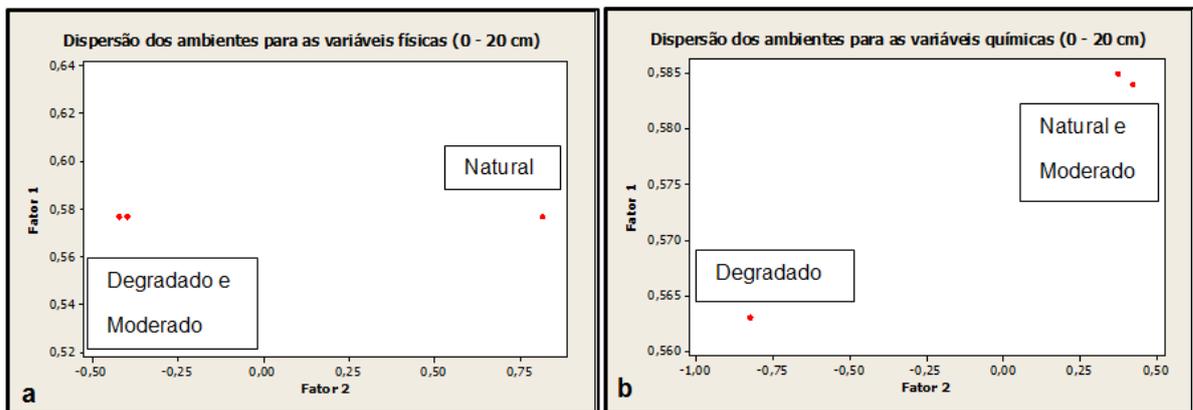


Figura 2. Dispersão dos diferentes ambientes e agrupamento pelo método de Tocher das duas primeiras variáveis canônicas nos atributos físicos na profundidade de 0-20 cm. E atributos químicos na profundidade de 0-20cm

Para os atributos químicos, a primeira e a segunda variável canônica corresponderam a 99,8 e 0,2 % da variação total, respectivamente. Isso representa 100% da variação total, o que, de acordo com Cruz & Regazzi (1994), é satisfatório para avaliação por meio da dispersão gráfica dos escores em relação a primeira e a segunda variáveis canônicas. Formou-se dois grupos: um pelo ambiente degradado e o outro grupo formado pelos ambientes natural e moderadamente degradado (Figura 2b).

Em relação aos atributos químicos, o ambiente natural e o moderado apresentaram comportamento semelhante para o conjunto de variáveis químicas, evidenciando que práticas conservacionistas nesse ambiente podem recuperar o

mesmo que está em estágio de degradação inicial, diferindo pouco do ambiente natural.

CONCLUSÕES

Houve alteração dos atributos físicos e químicos do solo nos ambientes degradado e moderadamente degradado em relação ao ambiente natural.

Os atributos físicos, densidade do solo e porosidade total foram os mais significativos para distinguir níveis de degradação em Neossolo Quartzarênico.

A matéria orgânica do solo foi o atributo mais sensível, pois os ambientes em estágio de degradação por erosão hídrica apresentaram maior perda do seu estoque em relação ao ambiente natural.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudos. Informações derivadas do projeto “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT”, financiado no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

LITERATURA CITADA

Brookes, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology. Fertility. Soils**, v.19, p.269-279, 1995.

Carneiro, M. A. C.; Souza, E. D.; Reis, E. F.; Pereira, H. S.; Azevedo, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.147-157, 2009.

Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 585 p.

Cruz, C. D.; Regazzi, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 394p.

Doran, J. W.; Parkin, T. B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

Gomide, P. H. O.; Silva, M. L. N.; Soares, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de lavras - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.567-577, 2011.

Kemper, W. D.; Rosenau, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of Soil Analysis**. 2.ed. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, p.425-441, 1986.

Khattree, R.; Naik, D. N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2000. 558 p.

Sales, L. E. de. O.; Carneiro, M. A. C.; Severiano, E. C.; Oliveira, G. C.; Ferreira, M. M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.667-674, 2010.

Moreira, M. L. C.; Vasconcelos, T. N. N. (Org.). **Mato Grosso: Solos e Paisagem**. Cuiabá/MT: Entrelinhas, 2007. 272p.

Souza, E. D.; Carneiro, M. A. C.; Paulino, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p.1135-1139, 2005.

Zuo, X.; Zhao, H.; Zhao, X.; Zhang, T.; Guo, Y.; Wang, S.; Drake, S. Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. **Soil & Tillage Research**, v.99, p.202-212, 2008.

Yoder, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society Agronomy**, v.28, p.337-351, 1936.

Indicadores físicos e químicos em Neossolos Quartzarênicos sob pastagem com diferentes níveis de degradação, na bacia do rio Cabaçal – MT

[Revista Pesquisa Agropecuária Tropical]

Resumo: As atividades agropecuárias na bacia hidrográfica do rio Cabaçal avançaram para solos considerados frágeis ecologicamente, o que aliado a um manejo inadequado ocasionou, ao longo dos anos, a sua degradação por erosão hídrica. Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com objetivo de identificar e avaliar os atributos físicos e químicos do solo mais adequados para serem utilizados como indicadores de níveis de degradação do solo por erosão hídrica. Inicialmente foram identificados três ambientes, natural, moderadamente degradado e degradado, no ambiente natural não havia intervenção antrópica, no moderadamente ocorre a presença de pastagem em estágio inicial de degradação e no ambiente degradado há presença de voçorocas. Para avaliação dos indicadores foram selecionadas 20 áreas, em Neossolos Quartzarênicos, e coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. As análises físicas foram determinadas através dos seguintes atributos: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, textura, DMP e DMG, e também análise química de rotina. Os atributos mais alterados em relação ao ambiente natural foram os físicos DMP e DMG, já os químicos foram H^+ , CTCpH7 e M.O. Os resultados mostraram que houve alteração nos atributos físicos e químicos do solo em diferentes níveis de degradação por erosão hídrica em relação ao ambiente natural. As análises de componentes principais demonstraram que alguns atributos físicos e químicos são mais sensíveis ao avanço da degradação, como DMP e DMG, o H^+ , a CTCpH7 e matéria orgânica do solo, e podem ser utilizados como indicadores de degradação do solo por erosão hídrica.

Palavras-chave: Erosão hídrica; voçorocas; qualidade do solo.

Physical and chemical indicators in Quartzarênicos under Neossolos pasture with different levels of degradation, basin of the river Cabaçal-MT

Abstract: The agricultural activities in the Cabaçal river basin have advanced to ecologically fragile soils, what together to an inadequate land management leads it to a water erosion degradation over the years. Thus, the present work aimed to identify and evaluate the more suitable soil physical and chemical attributes to be used as indicators of soil degradation levels by water erosion. It was taken three environments: natural, moderately degraded and degraded. The natural environment with no human intervention, the moderately degraded with pasture in early stages of degradation, and the degraded environment with presence of gullies. Twenty areas were selected for indicators evaluation in Entisols (Quartzarenic Neosol - SiBCS) soil, with soil samples collected from 0,0 to 0,10 m and from 0,10 to 0,20 m. Physical analyzes were performed for the following attributes: soil density, particle density, porosity, texture, DMP and DMG, performing also a routine chemical analysis. The most different physical attributes results from the natural environment were DMP and DMG, while the chemicals were H^+ , CTCpH7 and MO. Results showed that there was a difference in the soil physical and chemical attributes at different levels of water erosion degradation compared to the natural environment. The main components analyzes showed that some physical and chemical attributes are more

sensitive to the degradation advancement, such as the DMP and DMG, H^+ , CTCpH7 and the soil organic matter, therefore it can be used as soil water erosion degradation indicators.

Keywords: Water erosion; gullies; soil quality.

INTRODUÇÃO

A degradação do solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Cabaçal é provocada pela redução da cobertura vegetal nativa e aumento do uso, conversão em atividades agropecuárias, principalmente a pecuária, que é muito explorada na região, conseqüentemente a utilização de solos considerados frágeis ecologicamente, como os Neossolos Quartzarênicos.

Os Neossolos Quartzarênicos representam 21% da área total da bacia, os quais se originam de depósitos arenosos e apresentam textura de areia ou areia franca até 2m de profundidade, com teor de argila inferior a 15%. Ainda que sejam considerados de baixa aptidão agrícola, a demanda por novas áreas para a produção de alimentos culminou com a incorporação desses solos para o sistemas produtivos, primeiramente com pastagem e, posteriormente, para a produção de grãos. O uso contínuo desses solos, sem um manejo adequado, pode acarretar na rápida degradação (EMBRAPA 2006).

A qualidade do solo, constituindo um estado ativo e complexo, não pode ser avaliada diretamente, mas pode ser inferida através de indicadores calculados a partir de atributos mensuráveis (Islam & Weil 2000). Esses indicadores devem ser identificados e quantificados para avaliar se o manejo atual está contribuindo para a melhoria, manutenção e/ou degradação da qualidade dos solos agrícolas cultiváveis (Larson & Pierce 1994, Santana et al. 2002).

De acordo com Araújo & Monteiro (2007) os indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade dos agroecossistemas, e podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou identificar através de componentes principais, os atributos físicos e químicos do solo mais adequados para serem utilizados como indicadores do nível de degradação do solo por erosão hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Cabaçal abrange uma área de aproximadamente 5.428,45 Km². O principal rio da bacia, Cabaçal, possui uma extensão de aproximadamente 303.43 km, os seus principais afluentes são o rio Branco, rio Vermelho e rio Bugres e suas nascentes estão localizadas na chapada dos Parecis (Figura 01).

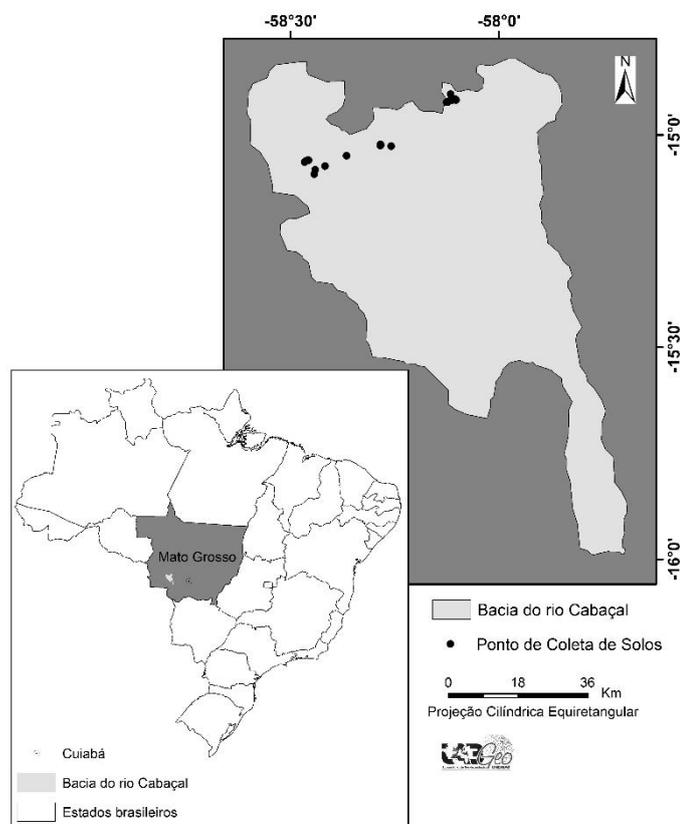


Figura 1. Localização da área de estudo e pontos (áreas) de coleta de solos.

A bacia possui áreas em 10 municípios abrangendo os três biomas existentes no estado de Mato Grosso, Amazônia, Cerrado e Pantanal, e a principal atividade econômica é a agropecuária. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo AW com inverno seco e o verão chuvoso.

Procedimentos Metodológicos

Foram selecionados três ambientes (natural, moderadamente degradado e degradado), o conservado ou natural compreende a vegetação de cerrado nativo sem intervenção antrópica; o moderadamente degradado corresponde à área de pastagem com mais de 20 anos de uso, com indícios de degradação, presença de plantas daninhas e erosão laminar e em sulcos; já o ambiente degradado corresponde à áreas em estágio avançado de degradação por erosão hídrica, com presença de grandes voçorocas. No total, foram selecionadas e georreferenciadas 20 áreas contemplando os três ambientes (Figura 01).

As amostras de solo de cada local contém os três diferentes ambientes representativos dos níveis de degradação, totalizando sessenta pontos de coleta. Para a identificação dos atributos físicos do solo foram realizadas as seguintes determinações: textura, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, distribuição de tamanho de agregados, e química básica (rotina).

O método da pipeta foi utilizado para a determinação da textura. As análises químicas foram realizadas através de coletas de amostras do solo deformadas, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20m. Para as determinações de densidade do solo e porosidade total foram coletadas amostras de solo indeformadas, por meio de anéis volumétricos de aço inox com 5 cm de diâmetro e de altura, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20m. O método do balão volumétrico foi utilizado para a definição da densidade de partículas. Todos esses atributos foram analisados em laboratório, de acordo com as recomendações da Embrapa (1997).

Para a definição da distribuição de tamanho de agregados foram realizadas coletas de solo com estrutura preservada, torrões, na camada de 0,0-0,10m. Essas amostras foram cuidadosamente acondicionadas em potes plásticos para evitar desagregação durante o transporte e armazenamento. As amostras de solo foram homogêneas, destorroadas manualmente, com o cuidado em separar os agregados nos planos de fraqueza natural, amostra com estrutura preservada, tamisadas em peneira e secas ao ar.

A distribuição de tamanho dos agregados foi obtida conforme metodologia de Van Bavel (1949), descrita por Kemper & Rosenau (1986). Nesta metodologia os agregados foram inicialmente tamisados em peneira com abertura de malha de 9,51 mm. Em seguida, as amostras foram espalhadas em bandejas e secas ao ar e à sombra. Utilizou-se subamostras equivalentes a 50g de solo seco em estufa, com umidade corrigida, as quais foram colocadas sobre papel filtro para pré-

umedecimento por capilaridade em um período de duas horas. Após, as amostras foram colocadas sobre um conjunto de peneiras com diâmetros de malha de 4,76; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm. O conjunto foi colocado em um agitador vertical, semelhante ao de Yoder (1936), com 33 oscilações por minuto e posto a agitar por dez minutos. O solo retido em cada classe foi seco a 105 °C e posteriormente pesado, sem descontar o material inerte presente na massa de agregados.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e à teste de médias, utilizando o teste de Tukey a 5 %, de probabilidade, realizadas no ASSISTAT, versão 7,7 Beta. As técnicas de análise multivariada foram empregadas como ferramentas adicionais, especificamente a análise de componentes principais (MINITAB, 2005), para distinção dos ambientes em função do grau de degradação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os atributos físicos do solo na profundidade de 0,0 a 0,20m houve diferença significativa ao nível ($p < 0,05$), para os atributos densidade do solo e porosidade total (Tabela 1), entre os ambientes degradados em relação ao ambiente natural, para os demais atributos físicos não houve diferença significativa.

Tabela 1. Características físicas e químicas nos diferentes ambientes, natural, moderadamente degradado e degradado, na camada de 0,0 – 0,20m.

Variáveis	Ambientes		
	Natural	Moderadamente Degradado	Degradado
Ds	1.39 c	1.53 a	1.46 b
Dp	2.56 a	2.55 a	2.57 a
PT	0.47 a	0.40 b	0.43 b
DMP	1.51 a	1.71 a	1.31 a
DMG	0.58 a	0.74 a	0.49 a
Argila	48.91 a	43.41 a	46.07 a
Areia	927.30 a	930.66 a	928.92 a
pH (H ₂ O)	4,47a	4,61 a	4,59 a
P (mg dm ⁻³)	2,80a	2,91a	2,94a
K (mg dm ⁻³)	19,30a	14,70ab	12,30b
H	4,73a	3,67b	3,84b
M.O	21,50a	16,35b	15,65b
CTCpH7	6,35a	5,05 b	5,08b
CTCefetiva	7,44a	7,37a	7,22a
V%	9,35b	13,35a	10,11ab

As médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Percebeu-se um aumento na densidade do solo, nos ambientes degradados em relação ao natural, o ambiente moderadamente degradado obteve aumento, este resultado pode ser atribuído ao pisoteio animal e ao manejo inadequado das pastagem na área.

Já para a porosidade total houve uma diminuição da quantidade de poros nos ambientes degradados, em relação ao ambiente natural, pois o atributo está diretamente relacionado à densidade do solo, quando há um aumento da densidade do solo ocorre diminuição na porosidade total.

A porosidade e a densidade do solo são utilizadas como indicadoras da qualidade do solo, por tratar-se de propriedades dinâmicas, suscetíveis ao uso e de fácil determinação, e relacionadas à compactação e à relativa restrição ao crescimento radicular (Arshad et al. 2002).

Embora o resultado não foi significativo para os dados da argila, é possível observar uma redução do teor nos ambientes degradados em relação ao natural (Tabela 1). Tal fato deve ser atribuído aos processos erosivos que ocorreram nessas áreas da bacia, provocando o carreamento dessas partículas. As argilas são as frações mais leves, as primeiras que se perdem por erosão, (Bertoni & Lombardi Neto 2005).

Para os atributos químicos avaliados na profundidade de 0,0 a 0,20m houve diferença significativa ao nível de ($p < 0,05$) para os seguintes atributos (K^+ , H^+ , CTCpH7, M.O e V%), (Tabela 1). Com exceção da saturação por bases (V%) que obteve um aumento nos ambientes degradados, em relação ao ambiente natural, embora somente o moderadamente degradado diferiu estatisticamente do natural, nos demais atributos houve uma diminuição dos seus teores nos ambientes degradados em relação ao natural.

O Potássio K^+ , foi encontrado em menores quantidades nos ambientes em estágio de degradação por erosão, esse elemento é naturalmente perdido por sua alta mobilidade no solo sendo adsorvidos eletrostaticamente, de forma mais fraca (BURAK et al. 2011). O super pastejo e ou pastejo prematuro de áreas podem contribuir em grande parte para o aumento das perdas por erosão e lixiviação, interferindo diretamente na eficiência de absorção de K pelas plantas (Dias Filho 1998).

Este decréscimo da CTCpH7 nos ambientes degradados em relação ao natural é preocupante, pois os Neossolos Quartzarênicos apresentam baixos valores

desse atributo, justificado principalmente pelos baixos teores de cátions e matéria orgânica do solo (MOS), tendo esta última uma contribuição de mais de 50% para a CTC de solos arenosos (Sodré & Lenzi 2001, Francelino et al. 2005, Frazão, 2007).

Houve uma diminuição do teor de matéria orgânica nos ambientes degradados em relação ao natural, essa diminuição deve-se aos processos erosivos na área, pois a matéria orgânica é a primeira a ser carregada pela erosão após o desmatamento para conversão em áreas agrícolas.

Como ferramenta para a distinção dos ambientes estudados, foram geradas dois componentes principais (Fator 1 e Fator 2) para os atributos físicos (DS, DP, PT, DMP, DMG, Argila, Areia) e químicos (pH, P, K+, H+, MO, CTCpH 7, t e V%) em conjunto, nas duas profundidades 0,0 a 0,10 e 0,10 a 0,20m. A partir da relação entre esses componentes foi elaborado um diagrama de projeção de vetores, para os atributos do solo que mais influenciaram nessa distinção, mostrando maior sensibilidade (Figura 2).

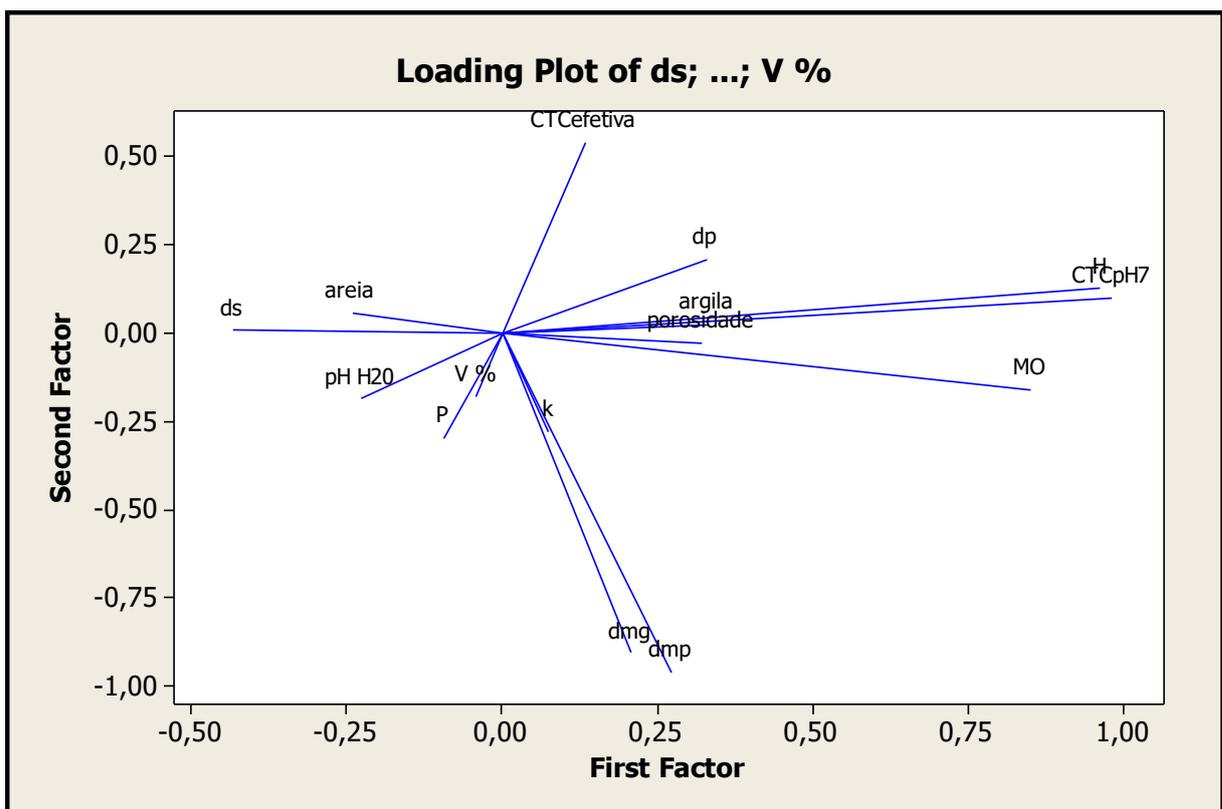


Figura 2. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos e químicos diagrama de ordenação dos componentes principais para os ambientes Natural (N), moderadamente degradado (M) e degradado (D).

O Fator 1, gerado para os atributos, explicou (32,08 %) da variação total dos atributos estudados, e os maiores coeficientes de correlação ($\geq |0,70|$) foram

identificados para as variáveis H+, MO, CTCpH7, (Tabela 2), ou seja, esses atributos foram mais sensíveis na distinção dos ambientes. Isso pode ser visualizado no diagrama de projeção dos vetores, os atributos apresentam-se mais distantes do eixo do Fator 1 (Figura 1). Já para o Fator 2, onde a variância explicada foi menor (25,46 %), os atributos (DMP e DMG) foram identificados como sensíveis na distinção dos ambientes, apresentando maior distância de seu vetor em relação ao eixo do Fator 2 (Figura 2).

Tabela 2. Coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1 e 2) para os atributos físicos e químicos, em função do nível de degradação dos ambientes.

<i>Atributos</i>	<i>Fator1</i>	<i>Fator2</i>
<i>Ds</i>	0,414	-0,125
<i>Dp</i>	-0,374	-0,111
<i>Porosidade</i>	-0,302	0,116
<i>DMP</i>	0,000	1,000
<i>DMG</i>	0,048	0,928
<i>Argila</i>	-0,326	0,069
<i>Areia</i>	0,216	-0,123
<i>pH (H2O)</i>	0,268	0,117
<i>P</i>	0,172	0,262
<i>K</i>	0,003	0,288
<i>H</i>	-0,960	0,142
<i>M.O</i>	-0,775	0,387
<i>CTCpH7</i>	-0,971	0,171
<i>CTCefetiva</i>	-0,276	-0,483
<i>V%</i>	0,089	0,163
<i>Variância Total (%)</i>	32,08	25,46
<i>Variância Acumulada (%)</i>	32,08	57,56

(1) Fatores $\geq |0,70|$ são significativos (Manly, 1994). H: Hidrogênio; M.O: Matéria Orgânica; CTCpH7: Capacidade de troca de Cátions; DMP: Diâmetro Médio Ponderado; DMG: Diâmetro Médio Geométrico.

A interpretação dos coeficientes de correlação (Tabela 2) segue o mesmo raciocínio de uma análise de correlação linear simples, assim pode-se inferir que os atributos com coeficiente de correlação negativo (H+, CTCpH7, e M.O) decrescem com o aumento do nível de degradação dos ambientes. E os atributos (DMP e DMG) que apresentaram correlação positiva, ou seja, os valores desses atributos aumentam conforme diminui o nível de degradação dos ambientes. Estes atributos

mostraram-se sensíveis na distinção de ambientes, e podem ser usados como indicadores de níveis de degradação do solo por erosão hídrica.

CONCLUSÕES

As análises dos componentes principais demonstraram que alguns atributos físicos e químicos são mais sensíveis ao avanço da degradação, como o DMP e DMG, H+, a CTCpH7 e a Matéria orgânica do solo.

Dessa forma esses atributos podem ser utilizados como indicadores do nível de degradação do solo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Biosci. Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 88, n. 2, p.153-160, 2002.
- BURAK, D. L.; FONTES, M. P. F.; BECQUER, T. Microagregados estáveis e reserva de nutrientes em Latossolo vermelho sob pastagem em região de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.41, n. 2, p. 229-241, 2011.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 4 ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.
- DIAS FILHO, M. B. Pastagens cultivadas na Amazônia oriental brasileira: processos e causas de degradação e estratégias de recuperação. In: DIAS, L. E.; MELLO, J.W.V. (Org.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa: editora, 1998. p.135-149.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de análises de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2006. 306p.
- FRANCELINO, M. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; RESENDE, M. Elaboração de um sistema de classificação da capacidade de suporte em ambiente semiárido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.1, p.83-91, 2005.

FRAZÃO, L. A. *Conversão do Cerrado em pastagem e sistemas agrícolas: efeitos na dinâmica da matéria orgânica do solo*. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems e Environment*, v.79, n.1, p.9-16, 2000.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis*. 2.ed. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, p.425-441, 1986.

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*. Madison, Wisconsin, USA: *Soil Science Society American*, 1994. p.37-52. (Special Publication, 35).

MANLY, B.F.J. *Multivariate statistical methods*. 2.ed. London, Chapman & Hall, 1994. 215p.

MINITAB. *MINITAB QUALITY COMPANION*. 2005: MINITAB: Statistical software. Disponível em: < <http://www.minitab.com> >. Acesso em: 23 jul. 2014.

SANTANA, D.P.; MATTOSO, M.J.; CRUZ, J.C. Definição de indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção de milho: um enfoque regional. In: CONGRESSO: NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002. Florianópolis: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 1 CD ROM.

SODRÉ, F. F.; LENZI, E. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. *Química Nova*, São Paulo, v.24, n.3, p.324-330, 2001.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal American Society Agronomy*, Madison, Wisconsin, USA, v.28, p.337-351, 1936.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que a maior parte da extensão da bacia hidrográfica do rio Cabaçal é extremamente à muito susceptível a erosão hídrica, e em relação ao potencial a erosão hídrica, a maior parte de sua superfície territorial apresenta médio potencial, com processos erosivos mais intensos, o caso das voçorocas, que localizam-se, na maioria das vezes, nas cabeceiras das nascentes, neste caso do rio Cabaçal, cujos solos são considerados muito frágeis ecologicamente.

Houve alterações nos atributos físicos e químicos do solo nos ambientes degradados, portanto os atributos que se mostraram mais sensíveis a degradação do solo por erosão foram: densidade do solo, porosidade total e matéria orgânica.

Conforme a análise dos componentes principais, os atributos mais sensíveis para a distinção dos ambientes foram: DMP, DMG, H⁺, CTCpH7 e M.O., assim estes atributos podem ser utilizados como indicadores de degradação do solo por erosão hídrica.