

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

ATRIBUTOS FÍSICOS E A HIDRODINÂMICA NOS SOLOS SOB
COBERTURAS VEGETAIS EM UMA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI.

LUCIANO FÉLIX DE FIGUEIREDO

SINOP – MT
MARÇO 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E A HIDRODINÂMICA NOS SOLOS SOB
COBERTURAS VEGETAIS EM UMA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI.**

LUCIANO FÉLIX DE FIGUEIREDO
FREDERICO TERRA DE ALMEIDA
KELTE RESENDE ARANTES

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Agronomia do ICAA/CUS/UFMT, como parte das exigências para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

SINOP – MT
MARÇO 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

F475a FIGUEIREDO, Luciano Félix de.
Atributos físicos e a hidrodinâmica nos solos sob coberturas vegetais em uma microbacia hidrográfica do rio Caiabi. / Luciano Félix de FIGUEIREDO. -- 2016
xiii, 37 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Frederico Terra de Almeida.

Co-orientador: KelteResende Arantes.

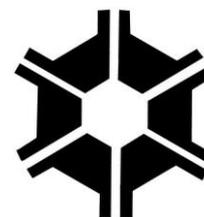
TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2016.

Inclui bibliografia.

1. condutividade hidráulica. 2. uso do solo. 3. textura do solo. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

TÍTULO DO TRABALHO: ATRIBUTOS FÍSICOS E A HIDRODINÂMICA NOS SOLOS SOB COBERTURAS VEGETAIS EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI.

ACADÊMICO: Luciano Félix de Figueiredo.

ORIENTADOR: Frederico Terra de Almeida.

CO-ORIENTADOR: Kelte Resende Arantes.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Frederico Terra de Almeida.
Orientador.

Prof. Dr. Kelte Resende Arantes.
Co-orientador.

Prof. Dr. Oná da Silva Freddi.
Membro.

DATA DA DEFESA: 08/03/2016

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Eliza e Antônio pelo amor, apoio e compreensão

A doce e meiga Josemara, pela paciência e incentivo

A vocês dedico esse trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao grande arquiteto do universo (Deus), pela saúde força e sabedoria nas tomadas de decisão.

A Universidade Federal de Mato Grosso, pelas oportunidades na formação profissional, pessoal e humana e pelo ensino de qualidade e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, CNPq, pela fomentação da Bolsa de Iniciação Científica.

Ao Prof. Dr. Frederico Terra de Almeida, pela amizade, orientação, conselhos durante esta caminhada. Aqui estão os meus mais sinceros agradecimentos.

Ao prof. Dr Kelte Resente Arantes, pelas correções deste Trabalho de conclusão de curso. Muito obrigado.

Ao Prof. Dr Onã da Silva Freddi, pelos ensinamentos dicas e conselhos, que se prontificou em fazer as correções deste texto, e pela participação da minha banca examinadora. Os meus agradecimentos.

Aos Professores Deocleciano Bitencourt da Rosa, Eduardo Morgam Uliana, Ednaldo Antônio de Andrade, Hercules Gimenes, Handrey Borges Araújo, Rogerio Alessandro Farias Machado, Adilson Pacheco de Souza, Anderson Lange, Claudineli Cássia Bueno da Rosa, Maria Inês Bolonhezi pelo incentivo e dicas.

Aos colegas de curso, Fernando Gustavo Britto Perissinotto, Gabriel Casagrande, Jackson dos Santos, Romulo Costa Martins, Mateus Demicheli, Hangel Martins, Fabricio Gonçalves Moraga, Renato Melegari, Guilherme Querubim dos Reis, Bruno Casavecchia, Felipe Alencar da Silva Nogueira, Rafael Menon, Jonatan Dorneles, Grazielly Faria, Marcelo Bianchi, Pela amizade e companheirismo, contribuição nos trabalhos de campos e madrugada estudando.

Agradeço aos colegas do curso de agronomia 2010/2 e 2012/1. A todos vocês o meu mais sincero muito obrigado pelos momentos de alegrias que proporcionaram. Que Deus abençoe a todos vocês e muita sorte doravante.

Aos motoristas da Universidade Federal de Mato Grosso, em especial Waldemir Rodrigues e Paulo Santos. Sem a sua ajuda nas excursões de campo seria impossível realizar este trabalho. Muito obrigado.

Aos Professores do curso que incentivaram a nossa caminhada. Agradeço de coração por terem compreendido as situações cotidianas nestes quatro anos de vivência acadêmica.

À minha família por sempre ter me incentivado e por estar ao meu lado nos momentos em que sempre precisei. É para todos vocês que dedico este trabalho. Tenho paixão por todos vocês.

Se não fomos agraciados com um conhecimento instintivo que nos mostre o que fazer para que o nosso mundo regido pela tecnologia seja um ecossistema seguro e equilibrado, devemos descobrir como fazê-lo. Precisamos de mais pesquisa científica e mais controle tecnológico. É provavelmente muito cômodo esperar que um grande Zelador do Ecossistema venha a Terra e corrija os nossos abusos ambientais. Cabe a nós essa tarefa.

Carl Sagan (1934-1996)

SUMÁRIO	
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
1.INTRODUÇÃO	1
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Dinâmica da Água no solo.	3
2.2 Condutividade da Água no solo.	4
2.3 Características físicas e matéria orgânica do solo.	5
2.4 Métodos de determinação Condutividade Hidráulica.	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Localização e caracterização fisiográfica da área de estudo.	11
3.2 Pontos de amostragem.	12
3.3 Determinação da condutividade hidráulica no solo saturado (K_0), dos parâmetros físicos e da matéria orgânica no solo.	15
3.4 Tratamentos adotados para avaliação da condutividade hidráulica e dos atributos físicos do solo e da matéria orgânica.	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Análise de correlação	26
5. CONCLUSÕES	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
7. APÊNDICE	35

RESUMO

A condutividade hidráulica (K_0), é um atributo que ajuda a entender a dinâmica da água no solo, e fenômenos de considerável importância como a capacidade do solo reter a água ou repor a mesma ao lençol freático. Para a água percolar pelo perfil do solo é necessário que os atributos físicos do solo apresentem condições que permitam a infiltração e que não favoreçam o escoamento superficial, o que pode acarretar problemas como erosão do solo. Neste sentido este estudo tem como propósito avaliar a condutividade hidráulica no solo saturado, em área de lavoura (LA), pastagem (PA) e mata nativa (MN), da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, e relaciona-la com classe textural, densidade do solo (DS), porosidade, resistência a penetração (RP), agregados e matéria orgânica (M.O). Observou-se que a mata nativa exibe os maiores valores de K_0 em relação à LA e a PA. Na MN nota-se que os valores de K_0 estão concatenados com os parâmetros físicos, indicando que, quando o solo possui boas condições estruturais ocorre aumento da K_0 . Na lavoura e na pastagem houve redução na K_0 , evidenciado pelos aumentos nos valores de DS e a RP, que são inversamente proporcionais a K_0 . Concluiu-se que a K_0 é diretamente influenciada pelos atributos físicos juntamente com o tipo de uso.

Palavra chaves: condutividade hidráulica, uso do solo, textura do solo.

ABSTRACT

The hydraulic conductivity (K_0) is an attribute that helps to understand the dynamics of water in the soil, and phenomena of considerable importance as the ability of soil to retain water or reset it to the groundwater. For water percolate through the soil profile is necessary that the soil physical attributes present conditions that allow infiltration and which do not favor the runoff, which can cause problems such as soil erosion. In this sense this study aims to evaluate the hydraulic conductivity in the saturated soil in crop area (LA), pasture (PA) and native forest (MN), in the watershed Caiabi river, and relates it with textural class, density soil (DS), porosity, penetration resistance (RP), aggregates and organic matter (OM). The native forest displays the largest K_0 values relative to LA and PA. In the MN the K_0 values are concatenated with physical parameters, indicating that when the soil has good structural condition K_0 increased. Tillage and grassland decreased in K_0 , evidenced by increases in DS values and RP, which are inversely proportional to K_0 . Concluded that K_0 is directly influenced by physical attributes along with the usage type.

Key words: hydraulic conductivity, land use, soil texture.

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

CUS = Campus Universitário de Sinop.

CNPq = Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

cm = centímetro.

°C = Graus Celsius.

DNPM = Departamento Nacional de Produção Mineral.

DS = densidade do solo.

DMP = Diâmetro Médio Ponderado.

DMG = Diâmetro Média Geométrico.

Embrapa = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

et al = Referência bibliográfica feita após o primeiro autor, que representa os outros co-autores da obra, publicação, entre outros.

Ed. = Edição, Editora, Editor.

g. cm^{-3} = gramas por centímetros cúbicos.

g. kg^{-1} = gramas por quilogramas.

g. dm^{-3} = gramas por decímetros cúbicos.

ICAA = Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais.

IEA = Índice de Estabilidade de Agregado.

In situ = expressão latina que significa no lugar.

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ = Bicromato de Potássio.

K_0 = Condutividade Hidráulica solo Saturado.

KPa = Quilo Pascal.

L = litros

LA = Lavoura.

MPa = Mega Pascal.

M.O = Matéria Orgânica.

mol = é unidade de massa atômica

MN = Mata Nativa.

mm = milímetro.

m = metro.

mm. h^{-1} = milímetro por hora.

m^3m^{-3} = metros por metros cúbicos.

NaOH = Hidróxido de Sódio.

n. = Número.

Orgs. = Organizadores.

O = Oeste.

PT = Porosidade total.

Prof. = Profundidade.

PA = Pastagem.

p. = páginas

RP = Resistência a penetração.

Rev. = Revista.

SiBCS = Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

S = Sul.

TCC = Trabalho de Conclusão de Curso.

v. = Volume.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo.....	11
Figura 2: Localização dos pontos de amostragem.	14
Figura 3: Coleta das amostras indeformadas.....	16
Figura 4: permeametro de carga constante.....	17
Figura 5 b e b: Tanque Yoder.....	18
Figura 6a e b: representação das linear para K_0, DS e RP.....	27
Figura 7: relação entre a condutividade K_0 e a PT.	27
Figura 8 a b e c: relação entre a K_0, DMP, DMG e IEA	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pontos de coletas de solos, tipo de uso e classe textural.	15
Tabela 2: valores médios de condutividade hidráulica do solo (K_0).....	20
Tabela 3: Valores médios da densidade do solo (DS).....	21
Tabela 4: Valores médios de matéria orgânica do solo (M.O).....	22
Tabela 5: Valores médios da resistência a penetração (RP).	23
Tabela 6: valores médios da porosidade total (PT).....	24
Tabela 7: Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregado (IEA).	25
Tabela 8: Coeficientes de Correlação de Pearson, K_0, DS, PT, RP, DMG, DMP e IEA).	26
Tabela 9: Valores médios da textura.	35
Tabela 10: Resultado de análise de variância da condutividade hidráulica do solo saturado.	35
Tabela 11: Resultado de análise de variância da densidade do solo.	35
Tabela 12: Resultado de análise de variância da resistência a penetração.	36
Tabela 13: Resultado de análise de variância da porosidade total.....	36
Tabela 14: Resultado de análise de variância da microporosidade.	36
Tabela 15: Resultado de análise de variância da macroporosidade.	36
<i>Tabela 16: Resultado de análise de variância do diâmetro médio ponderado.</i>	37
Tabela 17: Resultado de análise de variância do diâmetro médio geométrico.....	37
Tabela 18: Resultado de análise de variância de índice de estabilidade de agregado.	37
Tabela 19: Resultado de análise de variância da matéria orgânica.....	37

1.INTRODUÇÃO

A cada dia, as sociedades mantem uma estreita relação com a natureza, contudo raramente ocorre uma reflexão referente a importância da mesma. Assim a humanidade tem vivenciado nos dias atuais uma catástrofe em decorrência do uso do solo sem a aplicação de técnicas corretas, nos quais não permite a recomposição da mesma (CUNHA, 2006).

O uso e ocupação do solo no estado de Mato Grosso, mesmo sendo recente, tendo a sua maior expressividade a partir de meados do século XX, nota-se mudanças devido a expansão do agronegócio, que no ano de 2011 apresentou uma área desmatada de 22,7 % do total de seu território (SANTOS, 2013).

Na região da Amazônia Legal, relata o mesmo autor que nos últimos 20 anos a área plantada aumentou de 6,2 milhões de ha para 14,6 milhões ha, sendo que deste total 9,9 milhões de ha encontram-se no estado de Mato Grosso.

Essas alterações e pressão exercida sobre o solo, requer atenção na prática adotadas nos sistemas de produção, nos quais minimiza os impactos nos biomas, e em especial a um adequado uso do solo e água, de forma que possam ter sistemas de produção que sejam sustentáveis.

Em relação a infiltração e o movimento da água dentro do solo, verifica-se que a taxa de infiltração é inicialmente alta e tende a diminuir, sendo influenciada diretamente pela cobertura vegetal, manejo e tipo de solo.

A condutividade hidráulica no solo, devido a sua importância em informar sobre a capacidade de transporte de água, solutos e substâncias químicas no solo, também são usados como referências em projetos de irrigação e drenagem, minimizando as perdas de fertilizantes e de solo por erosão e de substâncias químicas por lixiviação, sendo geralmente relacionados ao fluxo de água, o qual influencia todo o processo de utilização dos recursos solo e água.

O entendimento da condutividade hidráulica deve ser observado a partir de duas vertentes, a primeira é vista como a variação em decorrência das condições naturais em que se encontra o local de estudo e a textura do solo, pois as condutividades hidráulicas apresentam valores diferentes em solos argilosos e em arenosos mesmos em condições de uso semelhantes. A segunda

observação relaciona-se a fatores físicos, que são alterados devido ao tipo de solo e ao manejo, tendo como variáveis dependentes a densidade do solo, agregados porosidade, teor de matéria orgânica e resistência a penetração, entre outros, que se modificam devido ao manejo e a textura do solo.

A determinação da condutividade hidráulica pode ser realizada através de ensaios de campo e de laboratório, em que o mais usual é o permeâmetro de carga constante, onde são coletadas amostras indeformadas, para posterior realização dos ensaios no laboratório.

A região da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, situada na porção norte do estado de Mato Grosso, está atualmente com alta densidade de uso para fins agropecuário. Mesmo tendo um índice médio de chuva de 2000 mm anual, as alterações no solo, tendem a diminuir a sua taxa de infiltração, favorecendo o escoamento superficial, e podendo provocar a diminuição de retenção de água no solo, fator preocupante para esta microbacia, pois tende a promover o aumento das condições hídricas extremas nesta, em que poderá afetar as principais atividades de produção desta região, que são as atividades agropecuárias.

Este estudo tem como objetivo geral determinar a condutividade hidráulica do solo saturado (K_0) na microbacia hidrográfica do rio Caiabi, em diferentes tipos de textura de solo e de uso e cobertura, bem como de outros atributos dos solos, correlacionando-os.

Sendo os objetivos específicos,

- i) Determinação da condutividade hidráulica saturada do solo, pelo método permeâmetro de carga constante, em diferentes pontos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi;
- ii) Determinação de vários atributos físicos do solo, em diferentes pontos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi;
- iii) Determinação da matéria orgânica (M.O) do solo, em diferentes pontos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi;
- iv) Determinação de índices de qualidade do solo, das amostras dos diferentes pontos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi;
- v) Correlacionar a K_0 aos outros atributos e índices do solo, avaliando os.

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

2.1 Dinâmica da Água no solo.

A infiltração é um processo pelo qual a água atravessa o solo e vai umedecendo as camadas inferiores. Com o umedecimento do solo o perfil é alterado à medida que água se infiltra, o sentido da infiltração é de cima para baixo, sendo a superfície a primeira faixa a saturar percolando a água para as camadas subseqüentes, Bernardes (2003). A taxa de infiltração, no qual é definida como a lâmina de água, volume por unidade de área, que atravessa a superfície do solo, por unidade de tempo (ALVES SOBRINHO et al., 2003; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005; BRANDÃO et al., 2006; LIBARDI, 2012; GUERRA et al., 2007).

De acordo com Barreto et al, (2001); Bertoni & Lombardi Neto, (2005), a infiltração ocorre pelo movimento da água no solo através de duas forças, sendo ela a capilaridade e a gravidade. O movimento da água através dos grandes poros, no solo saturado, é fundamentalmente ocasionado pela gravidade e é responsável por repor água no lençol freático, enquanto que no solo não saturado o movimento ocorre por capilaridade, pelos pequenos poros, sendo a água disponível para a vegetação.

Para que ocorra toda a infiltração da água precipitada no perfil do solo, é necessário que a taxa seja igual ou menor que a capacidade de infiltração, sendo assim o valor do volume de água precipitado tem que ser o máximo o valor da taxa de infiltração básica. Em situações onde o valor do volume precipitado seja maior e atinja tempo suficiente para que haja a saturação do solo haverá acúmulo de água formando poças e conseqüentemente o escoamento superficial (BRANDÃO et al.; 2006; GUERRA et al., 2007). Os fatores que influenciam nos índices de infiltração de água do solo, são caracterizados por condições naturais como o relevo, tipos e arranjos estruturais dos solos e em situações nos quais existem a intervenção de natureza humana.

Para que o solo tenha uma boa capacidade de armazenar água as suas estruturas físicas devem estar preservadas, principalmente os agregados pois estes são os principais responsáveis para a formação dos poros. Neste sentido Bernardes (2003), orienta que a importância do manejo do solo reflete principalmente na distribuição dos tamanhos dos poros e agregados, afeta o

comportamento da água propicia uma maior ou menor homogeneidade estrutural e, conseqüentemente afeta a faixa de disponibilidade de água para as plantas.

2.2 Condutividade da Água no solo.

A condutividade da água no solo é um parâmetro no qual expressa a facilidade com que a água se movimenta no perfil do solo. E possui uma relação intrínseca com as propriedades físico-química do solo, relevo e as atividades advindo de natureza humana, (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005; KLEIN, 2012).

A infiltração da água no solo é o processo do movimento da água da chuva ou oriundo de irrigações em dois momentos distintos, quando o solo não está saturado e saturado. A taxa de infiltração diminui com o tempo até atingir o valor constante, que é equivalente à condutividade hidráulica saturado, influenciando todo o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, (ALVARENGA et al. 2011; KLEIN, 2012).

Neste sentido para uma melhor compreensão dos fundamentos da água no solo, é necessário entender o comportamento da infiltração quando o solo está saturado e não saturado.

A condutividade hidráulica saturada do solo representa um parâmetro chave para análise da intensidade do deslocamento da água no solo. Um solo saturado, é aquele no qual todos os poros estão cheios de água, não existe capilaridade e a adsorção também é nula. Com a saída de água, o solo vai-se tornando não-saturado e o ar substitui a água inicialmente nos poros maiores, onde aparecem meniscos (interface água/ar) e começa a atuar a capilaridade, (BERNARDES, 2003; MESQUITA e MORAES, 2004).

Em solos com baixa umidade, está presente somente a água capilar retidas nos microporos e a água higroscópica, retida firmemente nas partículas minerais, formando uma fina camada delgada em tornos das partículas do solo principalmente as coloidais, está água diferentemente da capilar não disponível para as plantas, e só se movimenta através de vapor, logo a sua retirada é somente em temperaturas acima de 100 °C.

Nos solos não saturados existem somente água capilar e higroscópica, e a condutividade hidráulica com baixa umidade possui comportamento de infiltração semelhante ao solo saturado, contudo, no início da precipitação ou no

momento da irrigação, as taxas de infiltração são elevadas gerando as frentes de umedecimento tendendo a diminuição com o tempo de acordo com o acúmulo de água nos poros dos solos, (ALVARENGA et al, 2011; BARRETO et al, 2001 BRANDÃO et al, 2006).

2.3 Características físicas e matéria orgânica do solo.

Todas as plantas para se desenvolverem necessitam de água e nutrientes, que retiram do solo, sendo este um sistema composto de uma parte sólida e outra porosa, que em determinados períodos estão preenchidos com água, em outro ar ou contem ambos.

O entendimento de seu comportamento é fundamental para qualquer tomada de decisão sobre a exploração agrícola dos solos, assim entender os fatores que interferem no movimento da água torna-se imprescindível, (PRIMAVESI, 1984; SOUZA et al, 2003).

O movimento da água no sistema solo-planta envolve processos como a infiltração, redistribuição, drenagem e absorção pela planta, sendo assim o conhecimento das características físicas e químicas do solo, conduzem ao entendimento da translocação da água no perfil do solo (RIZZARDI et al, 2014).

O solo é resultado da decomposição das rochas, e como as rochas são compostas por diversos minerais, o solo resultante do intemperismo possui características semelhantes ao material de origem, tendo a matriz ou esqueleto do solo a composição de sólidos minerais e orgânicos da rocha de origem (TOLEDO et al, 2009).

A textura é a representação das frações relativas a areia, silte e argila do solo, no qual a areia possui diâmetro de 2,0 a 0,05 mm, silte de 0,05 a 0,002 mm e argila frações <0,002 mm. E a textura possui uma relação intrínseca com outros atributos dos solos, em que está diretamente relacionada ao grau de compactação, na disponibilidade de água, na capacidade de troca de cátions, na dosagem de nutrientes, corretivos e de herbicidas, (KLEIN, 2012; RESENDE, 2007).

Os arranjos e a quantidade de partículas das frações areia, silte e argila, influenciam diretamente nas taxas de infiltração. Solos com textura arenosa tendem a ter maior capacidade de infiltração, em decorrência do tamanho das partículas, contudo os solos argilosos possuem propriedades coloidais que

juntamente com a matéria orgânica e os sesquióxidos de ferro e alumínio formam comumente microagregados (< 1mm) muitos estáveis, o que contribui para favorecer as taxas de infiltração, (KLEN, 2012; BARRETO, 2001).

Os solos possuem diferentes percentuais de partículas (areia, silte e argila), e os arranjos dessas partículas apresentam propriedades e comportamentos bastantes distintos. Os arranjos estruturais que se formam sob estado natural preservam as características físicas nos quais permitem um equilíbrio entre as fases solidas e os espaços porosos no esqueleto do solo. Contudo o tráfego de animais e implementos agrícolas, o revolvimento do solo, alteram as formas estruturais, aumentando a densidade do solo (DEMARCHI et al, 2011; TORMENA et al, 1998).

Os solos agrícolas apresentam grande amplitude de densidade em função de suas características mineralógicas, textura e de teor de matéria orgânica Marcolin et al, (2011); Pragana et al, (2012). Sendo a densidade do solo uma relação de sua massa seca e o volume, quando a mesma é alterada de acordo com os arranjos dessas estruturas, em função das práticas agrícolas.

Em condições naturais solos arenosos apresentam densidade superior aos argilosos enquanto que os solos siltosos apresentam densidade intermediária Figueiredo et al. (2009), Libardi, (2012). As partículas de argilas apresentam propriedades coloidais, o qual resulta em agregação com porosidade intra-agregado, o qual aumenta o volume do espaço poroso principalmente aqueles poros com diâmetro reduzidos (MARCOLIN et al, 2011).

A argila, em função do reduzido diâmetro, apresenta grande área superficial específica, o que acarreta elevada retenção de água e fluxo lento de ar e água, além de elevada pegajosidade quando úmido, e alta coesão quando seca, Macolin et al, (2011). A areia por sua vez, em função do maior tamanho, permite maior permeabilidade de água e são considerados não coesivas. A fração silte possui poros menores e mais numerosos, retendo mais água e menor taxa de drenagem que areia (KLEIN, 2012).

A densidade do solo apresenta pouca variação em relação a profundidade, com uma leve tendência de aumento em relação as camadas inferiores, esse fato é esperado, já que com o aumento da profundidade o teor de matéria orgânica é reduzido, há menos agregação, menor penetração das

raízes, e a compactação ocasionada pelo peso das camadas adjacentes provoca a diminuição da porosidade total (TREVISAN et al, 2009).

Outra variação da densidade está relacionada aos tráfegos de máquinas e pisoteio de animais, nota-se que a camada superficial em solos agrícolas, geralmente possui maior densidade em relação as outras subcamadas. A consequência do aumento da densidade do solo tende a aumentar a microporosidade e uma diminuição dos macroporos o que dificulta a infiltração de água podendo causar problemas com erosão do solo (BERTONI, 2005; MARCOLIN et al, 2011; PEQUENO et al.2012).

A matéria orgânica do solo, apresenta compostos de origem vegetal, animal e microbiana. Tem influência sobre as propriedades físicas e químicas dos solos, sendo comumente responsável pela maior parte da capacidade de troca de íons dos solos. É também parcialmente responsável pela estabilidade dos agregados, além de fomentar a energia e condições de vida microbiana nos solos, (PRIMAVESI, 1984).

Em relação a formação das propriedades estruturais do solo, a matéria orgânica, juntamente com os óxidos e hidróxidos são os agentes cimentantes e responsáveis por formar agregados no solo, a sua forma amorfa permite ter uma alta superfície específica, o que confere a capacidade de agrupar as partículas minerais formando as estruturas que contém os macros e microporos (KLEIN, 2012; SILVA et al, 2008).

Mesmo tendo origem animal e vegetal, a M.O. tem como principal fonte de deposição a vegetação. Em condições favoráveis de umidade de temperatura, aumenta a atividade microbiana do solo, as transformações dos resíduos vegetais e animais resultante da decomposição pelos organismos presente nas camadas superficiais do solo geram três produtos distintos: a humina, os ácidos flúvicos e ácidos húmicos (COSTA et al, 2013).

Assim quando se trata das condições estruturais dos solos, a quantificação dos teores de matéria orgânica do solo, tem como propósito atribuir a sua interação com os demais componentes dos solos. Segundo Silva et al (2008), as diferenças nos teores de matéria orgânica, na mata nativa e nas áreas em uso está relacionado a própria ação da vegetação, a sua natureza e ao tipo de sistema radicular, sendo que na superfície é onde ocorre a maior reciclagem dos elementos oriundo da vegetação.

A influência da matéria orgânica no solo, é notado principalmente quando se analisas outros atributos físico-químicos, pois Beutler et al (2008), Demarchi et al (2011), Silva et al (2008), atribuem que qualidade na formação da macroporosidade, densidade do solo, porosidade total e agregados são melhores em condições onde existe elevados teores de matéria orgânica associado ao manejo adequado do solo.

Quando se trata da estrutura do solo, existem fatores que indicam a melhor qualidade do solo, em relação ao material de origem e ao tipo de uso, neste sentido os principais indicadores da qualidade física do solo é a resistência a penetração, porosidade e agregados.

A resistência a penetração do solo depende da interação entre a vegetação, tipo de solo, conteúdo de água, grau de compactação e manejo, assim a resistência a penetração do solo é uns dos indicadores do estado de compactação no qual o solo se encontra quando comparado a densidade do solo, Beutler et al (2004). Contudo pode ser influenciado pelo conteúdo de água, textura e pela condição estrutural do solo, o que dificulta a obtenção de valores críticos com relação as plantas (PEQUENO et al.2012, TREVISAN, 2013).

A porosidade do solo refere-se aos espaços que são ocupados por água e ar, os poros nos solos são alterados devido a seu uso, e a diminuição de matéria orgânica, em que solos argilosos nas áreas de matas tendem a possuir elevados graus de porosidade, principalmente microporos, contudo as raízes e a biota favorecem a formação de macroporos (BEUTLER et al 2008; DEMARCHI et al, 2011; MESQUITA E MORAES,2004; SILVA et al 2008).

Os agregados fazem parte da estrutura do solo, permitindo aeração a infiltração da água, o desenvolvimento radicular e controla os processos erosivos. Para a sua melhor formação os coloides do solo devem encontrar floculados e estabilizados por algum agente cimentante, como argila ou matéria orgânica.

Com relação aos agregados, estes são usados como parâmetros de avaliação da estruturação dos solos, sendo: o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregado (IEA).

Demarchi et al (2011) citam que os agregados apresentam, cada qual, um princípio diferente: O DMP é tendo maior quanto maior for a porcentagem de agregados retidos nas peneiras com malhas maiores; o DMG representa uma

estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência; e o IEA representa uma medida da agregação total do solo, não considerando a distribuição por classes de agregados, e quanto maior a quantidade de agregados de diâmetro $<0,25$ mm, menor será o IEA.

Entre as variáveis RP, porosidade e agregados, nota-se que são dependentes da textura, umidade e tipo de uso, contudo a alteração possui uma relação direta com o manejo do solo, pois Demarchi et al (2011), constataram em seus estudos que a estabilidade de agregados em plantio direto, são mais estáveis do que em solos com plantio convencional, onde ocorre o revolvimento constante do solo, fator que contribui na alteração da porosidade e resistência a penetração.

2.4 Métodos de determinação Condutividade Hidráulica.

A condutividade hidráulica saturada do solo (K_0) representa um parâmetro chave para análise da intensidade do deslocamento da água no solo. Para a sua determinação existe uma grande variedade de métodos, com diferentes níveis de precisão; alguns aplicáveis apenas em determinadas condições ou com certos objetivos, os quais, de modo geral, podem ser agrupados em métodos indiretos ou diretos (KLEIN, 2012; LIBARDI, 2012; MARQUES et al, 2008).

Dentre os métodos utilizados, alguns aspectos devem ser considerados pois, dados discrepantes têm várias origens, tanto em condições de campo quanto em laboratório, e a condutividade hidráulica medida em condições de campo pode apresentar valores muito discrepantes entre uma amostra e outra, mesmo para pequenas distâncias, devido a vários fatores específicos, como fluxo preferencial, para os quais não se tem controle (ALVARENGA et al, 2011).

No campo, destacam-se os métodos que usam o princípio de fluxo contínuo, e os de fluxo constante. Dentre estes diversos métodos, os mais utilizados são o do princípio de fluxo contínuo, destacando-se o método do furo de trado ou de poço (Não aconselhado para solos arenosos) o método de Porchet, também conhecido como método inverso, uma vez que mede a K_0 na ausência do lençol freático (BARRETO et al, 2001).

Com relação aos métodos de laboratório, destaca-se o método do permeâmetro de carga constante, que é determinado a partir da condução das amostras de solo indeformadas a um sistema montado em bancada para

determinação da condutividade hidráulica do solo saturado. O método consiste basicamente em manter uma carga hidráulica constante sobre as amostras nos anéis, utilizando-se um frasco de Mariotte, medindo o volume da solução drenado, em função do tempo, isto é, a vazão, (KLEIN, 2012; LIBARDI, 2012; PEREIRA et al, 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização fisiográfica da área de estudo.

Este estudo foi realizado na microbacia hidrográfica do rio Caiabi, sendo este um dos afluentes do rio Teles Pires. A área desta microbacia abrange os municípios de Sinop e Vera, porção médio norte do estado de Mato Grosso, conforme a figura 1. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (clima tropical com estação de seca de inverno), com média anuais de precipitação variando de 1900 e 2000 mm, (MAITELLI, 2005; SOUZA et al. 2013).

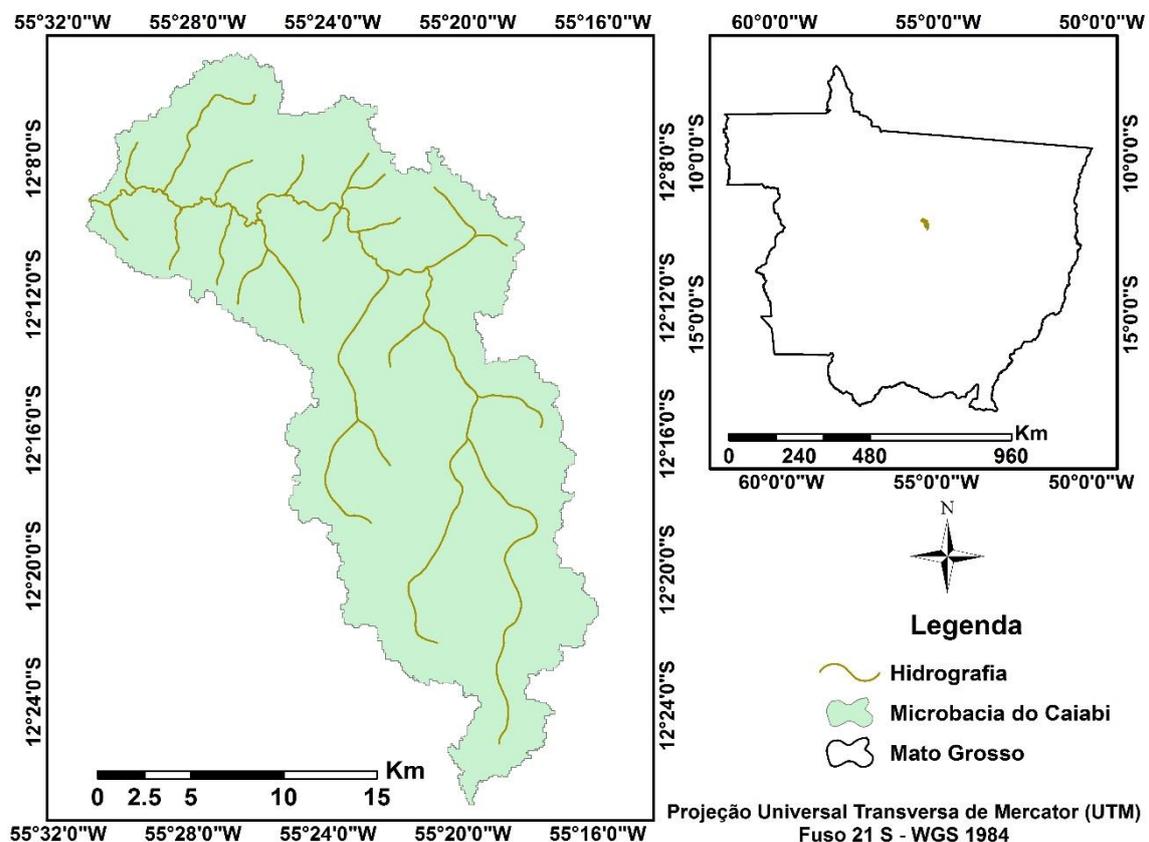


Figura 1: Localização da área de estudo da microbacia hidrográfica do Rio Caiabi e sua inserção no estado de Mato Grosso.

A bacia hidrográfica do rio Caiabi, pertence a unidade do relevo Planaltos dos Parecis, caracterizado por um relevo plano a suave ondulado com o topo geralmente aplainado, no exutório do rio Caiabi apresenta uma pequena porção de formas de acumulação de planície e terraço fluvial. Com área aplainada, resultante de acumulação fluvial, geralmente sujeita a inundações periódicas

comportando meandros abandonados, eventualmente alagados, úmidos com ou sem ruptura a patamar mais elevado (ROSS *et al*, 1982).

Os solos mapeados nos limites da microbacia são basicamente compostas por dois tipos, Latossolo Vermelho – Amarelo Distrófico e Solos Aluviais Distróficos, sendo este último situado na área próxima da foz do rio Caiabi (BITTENCOURT ROSA *et al.*, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 1982).

Contudo na excursão de campo nota-se a ocorrência de Gleissolos na porção da cabeceira da microbacia, Latossolo Amarelo, associado com o Latossolo Vermelho e na parte próxima do exutório a ocorrência do Neossolos Quartzarênico, devido a deposição de materiais.

A vegetação natural passível de ser explorada dentro da área de estudo da microbacia, foi praticamente toda removida, devido ao processo de expansão das fronteiras agrícolas, que teve seu início em meados da década de 1970, Higa (2005), contudo existem manchas de vegetação natural em pontos isolados, e uma faixa continua de mata ciliar que percorre a maioria do rio Caiabi e seus tributários.

A vegetação nativa existente na área é composta de Floresta Aluvial, que consiste em uma formação arbórea ribeirinha que ocupa as planícies recentes do quaternário. Na sua estrutura apresenta espécies de rápido crescimento, em geral de casca lisa, alcançando grandes alturas. Nas áreas mais afastadas do exutório do rio Caiabi, são encontradas Florestas Semidecidual, Submontana, Dossel Emergente, tendo como principais características, floresta que ocupa regiões com duas estações definidas, uma seca e outra chuvosa, e com acentuada variação térmica durante o ano e são adaptadas a deficiências hídricas ou a queda de temperatura (AMARAL *et al.*, 1982).

3.2 Pontos de amostragem.

A escolha dos pontos para se realizar as amostras foi feita de forma a representar a classe textural dos solos e a ocupação da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, avaliando toda sua extensão, e a sua toposequência, bem como da representação da ocupação das áreas de acordo com as atividades de uso do solo.

Verificou-se o uso preponderante do solo com áreas de Mata Nativa (MN) de Lavoura (LA) com plantio de culturas anuais, e de Pastagem (PA), e

correlacionado com as características dos solos em uma visão topo sequencial, foram feitas as escolhas dos pontos de amostragem, conforme descrito a seguir:

Pontos de coletas na Mata Nativa (MN) – Localizados nas áreas de Preservação Permanente (APP) e nas Reservas Legal (RL), dependendo das vias de acesso, ou da permissão dos proprietários (Pontos, 1; 6; 9), conforme pode ser visto na Figura 2.

Pontos de coletas em lavouras (LA) – áreas onde o uso está relacionado ao cultivo de soja, milho, feijão e milho (Pontos, 2; 5; 8), conforme pode ser visto na Figura 2.

Pontos de coletas em Pastagem (PA) – consiste em plantações de gramíneas, com pastoreio de gado (Pontos, 3; 4; 7) conforme pode ser visto na Figura 2.

Em resumo, foram feitas coletas de solos em 9 pontos na área da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, sendo cada ponto amostrado com quatro repetições na camada de 0-20 cm.

Nos pontos amostrados, na microbacia hidrográfica do rio Caiabi, os solos apresentaram diferentes classes de texturas em suas condições naturais (MN) e nos locais onde havia intervenção de natureza humana (LA e PA), com a variação de textura de argilosa e média (Tabela 1) conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2006).

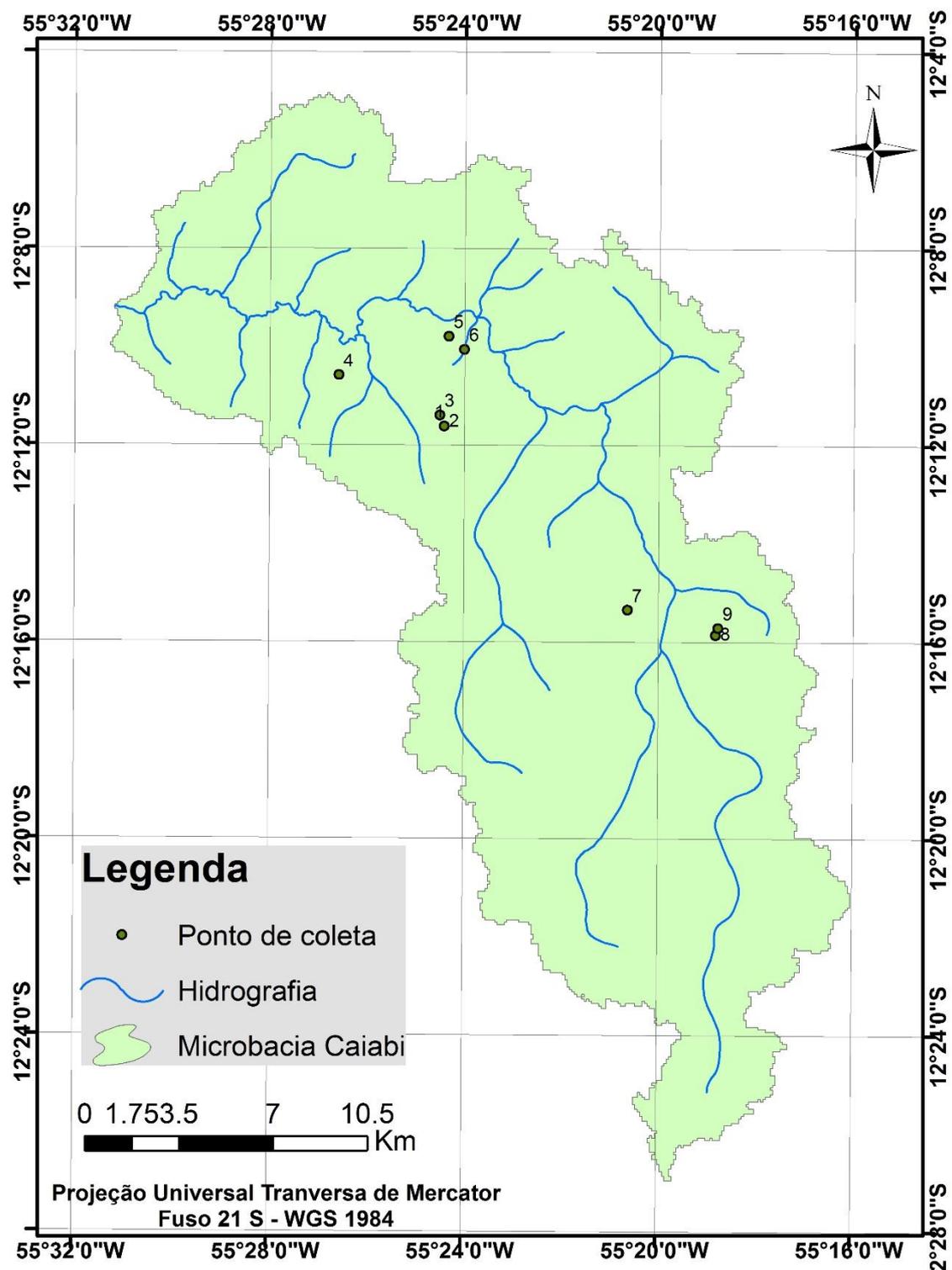


Figura 2: Localização dos pontos de amostragem dentro da microbacia hidrográfica do rio Caiabi.

Tabela 1: Pontos de coletas de solos, tipo de uso e classe textural.

Pontos	Tipo de Uso	Prof. (cm)	Coordenadas		Alt. (m)	Classe Textural
			Latitude	Longitude		
01	MN	0 - 20	12°12'54.34"S	55°25'52.85"O	384	Argilosa
02	LA	0 - 20	12°11'37.00"S	55°24'25.11"O	374	Argilosa
03	PA	0 - 20	12°11'23.63"S	55°24'30.61"O	373	Argilosa
04	PA	0 - 20	12°10'34.90"S	55°26'35.12"O	360	Média
05	LA	0 - 20	12° 9'47.33"S	55°24'19.91"O	346	Média
06	MN	0 - 20	12°10'3.33"S	55°24'0.73"O	358	Média
07	PA	0 - 20	12°15'20.80"S	55°20'38.33"O	381	Argilosa
08	LA	0 - 20	12°15'51.31"S	55°18'49.41"O	380	Argilosa
09	MN	0 - 20	12°15'42.61"S	55°18'46.62"O	380	Argilosa

MN: Mata Nativa; LA: Lavoura; PA: Pastagem.

3.3 Determinação da condutividade hidráulica no solo saturado (K_0), dos parâmetros físicos e da matéria orgânica no solo.

Para as avaliações dos atributos físicos do solo e a matéria orgânica (M.O), foram coletadas amostras de solos na profundidade de 0-20 cm, por meio de aberturas de pequenas trincheiras.

As amostras indeformadas foram coletadas com anéis volumétricos de Kopeck (5 cm de altura e 5 de diâmetro) e Uhland (7 cm de altura e 7 cm de diâmetro), sendo posicionado no centro da camada (figura 03). A amostra para a determinação de agregados foi retirada na camada citada com auxílio de enxadão e preservando as estruturas dos solos, além de amostras deformadas com o trado tipo holandês.



Figura 3: Coleta das amostras indeformadas com martelo de Uhland, sob lavoura, Vera – MT, 2015.

A determinação da condutividade hidráulica, foi obtida no laboratório por meio de ensaios pelo método permeâmetro de carga constante, com uso de amostras com as estruturas preservadas, coletados em cilindros volumétricos de Uhland (figura 4).

As amostras foram colocadas na bandeja com uma lâmina de água atingindo 2/3 da altura do cilindro, tendo como objetivo o preenchimento de todos os poros por capilaridade, assim na determinação da condutividade hidráulica do solo saturado coleta-se o volume de água que passa pela amostra em determinado tempo. De maneira simplificada usa a expressão para calcular.

$$K_o \frac{Q \cdot L}{A \cdot H \cdot t}$$

onde: K_o = condutividade hidráulica ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$); Q = volume percolado (ml); L = altura da amostra (cm); H = altura da amostra + coluna (cm); A = área do cilindro (cm^2); t = tempo (horas).



Figura 4: permeametro de carga constante usado para determinação da condutividade hidráulica em solo saturado.

A composição granulométrica foi determinada nas amostras deformadas por meio da dispersão com NaOH ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e agitação rápida 15 minutos a 10.000 rpm, sendo o conteúdo de argila obtido pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997; KLEIN, 2012).

Os agregados foram analisados a partir das amostras indeformadas, secas ao ar e separadas por peneiramentos, sendo os agregados com tamanho inferior a 8,0 mm e superior a 4,0 mm. Os agregados ainda foram umedecidos por capilaridade, e posto no conjunto de peneiras na ordem de 4,0; 2,0; 1,0; 0,500; 0,200 e 0,125 mm, e levado ao tanque Yoder (figura 05 a e b).

O aparelho de tanque Yoder, possui uma oscilação vertical dentro da água, com uma amplitude de 4 cm de baixa rotação, assim após 15 minutos (existem variações nos tempos de agitação de acordo com a literatura consultado). Após o tempo decorrido os agregados retidos em cada peneira são retirados e secados em estufa a 105° C (KLEIN, 2012).

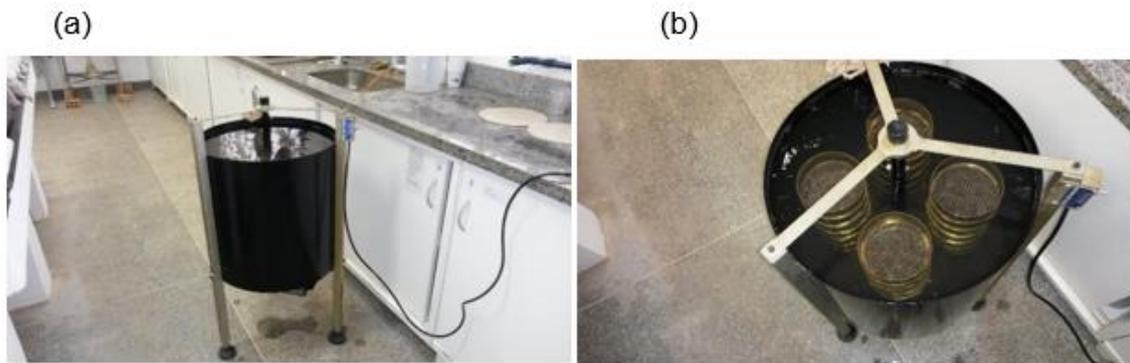


Figura 5 b e b: Tanque Yoder, utilizado para a determinação da estabilidade do agregado.

Decorrido o período de 24 horas, as amostras retidas em cada peneira foram pesadas para posterior cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e índice estabilidade de agregado (IEA).

$$\text{DMP} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \text{DMG} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot \log x_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \text{IEA} = \left\{ \frac{(ms - wp_{<0,25})}{ms} \right\} 100$$

onde : w_i = massa de solo seco em cada classe (g); x_i = diâmetro médio das classes (mm); ms = massa total da amostra seca (g); $wp_{<0,25}$ = peso dos agregados < 0,25 mm (g).

Na determinação da densidade do solo (DS), microporo (MI), macroporos (MA), porosidade total (PT) e resistência a penetração (RP), foram realizados ensaios a partir do anel de Kopeck, onde as amostras foram mantidas por um período de 24 horas em uma bandeja com água que cobria 2/3 terços da altura do anel, com o propósito de preencher os poros por capilaridade.

Após esses procedimentos as amostras foram pesadas (P1), e colocadas na mesa de tensão e submetidas a uma tensão de 60 kPa, ou 1 m de coluna de água. Posterior a drenagem da água gravitacional, momento em que a tensão entre a água e solo atingiu o equilíbrio com a mesa, as amostras foram pesadas (P2).

Por fim, foram realizados os ensaios de resistência a penetração (RP) nas amostras mantidas na capacidade de campo, por meio de um penetrômetro eletrônico de bancada estático, com velocidade constante de penetração de mm

min⁻¹ e a ponteira com o cone de ângulo de 30° (TORMENA et al. 1998; TREVISAN, 2013).

A determinação da RP consistiu na média dos 180 valores centrais, desprezando um centímetro das extremidades superior e inferior da amostra. Com o termino dos ensaios de RP, as amostras foram secas na estufa a 105 °C, até atingir o peso constante, e pesadas obtendo o peso da massa seca (MS). Desta forma as variáveis densidade do solo (DS), microporosidade (MI), macroporosidade (MA) e porosidade total (PT), foram calculadas com as equações a seguir (EMBRAPA ,1997).

$$MI = \frac{(P1 - MS)}{V} \quad MA = \frac{(P1 - P2)}{V} \quad DS = \frac{MS}{V} \quad PT = MI + MA$$

onde: MI = Microporos (cm³.cm⁻³); MA = Macroporos (cm³.cm⁻³); DS = Densidade do solo (g.cm⁻³); PT = porosidade total (cm³.cm⁻³); P1 = peso do solo saturado (g); P2 = a massa do solo a 60 KPa (g); MS = massa do solo seco a 105°C (g) e V = volume do cilindro cm³.

A matéria orgânica do solo foi determinada a partir da oxidação bicromato de potássio (K₂Cr₂O₇), e feito as leituras por colorimétrica (EMBRAPA, 1997).

3.4 Tratamentos adotados para avaliação da condutividade hidráulica e dos atributos físicos do solo e da matéria orgânica.

Adotou-se neste estudo que as classes texturais foram os tratamentos utilizados. Assim a observação estatística foi realizada através do delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 2 classes de textura (argilosa e média) e 3 tipos de uso do solo (MN, LA e PA), em que as médias dos parâmetros avaliados foram submetidas ao teste de média de Scott-Knott com nível de significância de 5%.

Posteriormente foi realizada análise de correlação de Pearson ao nível de 5%, para verificar a correlação da condutividade hidráulica com os atributos físicos do solo e matéria orgânica.

Por meio destes resultados realizou-se análises de regressão com nível de significância de 5% das correlações que foram consideradas boas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos atributos físicos do solo, e em especial, da condutividade hidráulica saturada do solo (K_0), apresentados na tabela 2, em relação as diferentes classes texturais e de uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do rio Caiabi mostram as influências dessas interações em sua hidrodinâmica.

Tabela 2: valores médios de condutividade hidráulica do solo (K_0), em mm.h^{-1} , das diferentes classes texturais de solos na microbacia hidrográfica do rio Caiabi, em função do uso do solo.

Classe Textural	Uso do Solo		
	MN	LA	PA
	0-20 cm		
Argilosa	746,30 Aa	148,59 Ab	152,96 Ab
Média	828,01 Aa	47,10 Ab	104,00 Ab

Média seguidas da letra minúscula na mesma linha não diferenciam entre si, médias seguidas da letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

Verifica-se que a K_0 não apresentou diferença significativa entre as classes texturais avaliadas, todavia mostrou-se diferentes para o uso e ocupação, nota-se que na área de mata nativa (MN) a K_0 foi superior ao demais usos, sendo que na lavoura (LA) e pastagem (PA) não diferiram.

Esse comportamento tem razoável explicação, devido ao solo com ocupação de MN tender a uma melhor estruturação, devido a maiores densidades de raízes, menor movimentação de terra, e assim uma estruturação com formação de poros maiores e conseqüente maior K_0 , quando comparado com atividades antrópicas, ou práticas que trabalham mais o solo, como as atividades agropecuárias, que neste trabalho são LA e PA.

Outros estudos ratificam esses resultados quando avaliaram a ocupação do solo na condição de MN em relação as atividades agropecuárias, em que a K_0 diminuiu com as atividades, conforme constataram (ALBUQUERQUE et al., 2001; COSTA et al., 2003 e SILVA et al., 2008).

Verificou-se ainda neste estudo que as classes texturais variam de tipos de solos com texturas mais argilosas na cabeceira da microbacia hidrográfica à solos com textura média próxima da foz desta, e que os resultados dos valores médios de K_0 para cada tipo de uso de solo não apresentaram diferença

estatística, mas indicam uma variação, demonstrando que a hidrodinâmica ou o fluxo da água no solo nesta microbacia tende a se diferenciar espacialmente e entre os diferentes usos do solo, indicando que a adoção de diferentes usos e manejos do solo devem ser considerados nestas condições espaciais.

O entendimento da dependência entre as variáveis físicas do solo que permitam uma melhor compreensão do fluxo de água em uma microbacia hidrográfica necessita da busca de interpretação da interação entre as mesmas.

Baseado nisto, verificou-se com os valores de densidade do solo (DS), apresentados na tabela 3, que há um comportamento similar em relação a K_0 , quando analisamos o uso do solo.

Tabela 3: Valores médios da densidade do solo (DS), em g.cm^{-3} , das diferentes classes texturais de solos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, e em função do uso do solo.

Classe Textural	Uso do Solo		
	MN	LA	PA
		0-20 cm	
Argilosa	0.84 Ab	1.08 Aa	1.09 Ba
Média	0.91 Ab	1.16 Aa	1.27 Aa

Média seguidas da letra minúscula na mesma linha não diferenciam entre si, médias seguidas da letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

Os valores de DS, para uso e textura avaliados, nos solos de textura média apresentaram DS superior aos solos de textura argilosa, em que este resultado pode ser explicado a partir do fato de que na PA as partículas de solo argiloso, sobre o intenso pisoteio do gado, sofre um rearranjo tornando mais denso. Essa tendência foi encontrada nos trabalhos de Marcolin et al., 2011; Trevisan, (2013).

As observações realizadas quanto ao uso, nota-se que na MN foi o que apresentou menores valores, devido à atividade da biota que aumenta os espaços vazios no solo, pela matéria orgânica (M.O), agregados e porosidade, que quando comparado a LA e PA, estas variáveis citadas tendem a ter índices menores em relação a MN.

Comportamento semelhante foi observado por Silva et al. (2008), Marasca et al. (2013), explicam que a baixa DS na NM é devido aos elevados teores de matéria orgânica e que tende a diminuir com a profundidade, enquanto em locais

onde ocorre tráfegos de animais e máquinas agrícolas, acarretam a acomodação das partículas.

Na tabela 04 apresenta-se os resultados dos valores médios da matéria orgânica (M.O), na textura as médias com maiores valores foi na MN, contudo na PA, textura argilosa diferiu estatisticamente em relação a textura média, fato que pode ser explicado pela própria textura, pois a argilosa possui alta superfície específica, que se liga por força de adesão a M.O.

Tabela 4: Valores médios de matéria orgânica do solo (M.O) em $g.dm^{-3}$, das diferentes classes texturais de solos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, em função do uso do solo.

Classe Textural	Uso do Solo		
	MN	LA	PA
	0-20 cm		
Argilosa	31,23 Aa	22,64 Ab	28,70 Aa
Média	30,00 Aa	23,15 Ab	22,70 Bb

Médias seguidas da letra minúscula na mesma linha não diferenciam entre si, médias seguidas da letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

A resistência a penetração (RP) também é outro atributo físico que indica as variações estruturais, em que se pode verificar os graus de compactação do solo influenciando diretamente na dinâmica da água no perfil do solo, conforme também relatam Pragana et al. (2012).

Os resultados da tabela 5 mostram que valores de RP, quando observados na MN, não difere estatisticamente, tendo variação quanto a LA e PA, onde na textura argilosa ocorreram os maiores valores de RP. Em comparação na mesma classe textural, na argilosa a LA e PA, diferi da MN, e na textura média não houve diferença significativa.

A variação entre os usos com a textura argilosa, é explicado pela propriedade da argila, que em solos com grande percentual desta tem fácil acomodação, quando estando em uso, fato relatado por Doboredo (2005), que estudando solo latossolo, demonstrou que as partículas de argilas facilmente se acomodam, e sua alta superfície específica permitem a ligação de coesão, fator que contribui para a compactação, principalmente em áreas onde ocorrem atividades agrícolas.

Tabela 5: Valores médios da resistência a penetração (RP), em MPa, das diferentes classes texturais de solos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, em função do uso do solo.

Classe Textural	Uso do Solo		
	MN	LA	PA
	0-20 cm		
Argilosa	0,46 Ab	3,88 Aa	5,15 Aa
Média	0,28 Ab	1,05 Bb	3,23 Bb

Média seguidas da letra minúscula na mesma linha não diferenciam entre si, médias seguidas da letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

Os resultados das médias observados na classe textural argilosa, diferiram estatisticamente, sendo que na LA e pastagem foram encontrados os maiores valores, essa variação também pode ser explicada pelos resultados encontrados por Romero et al. (2014), pois relatam que as partículas de argila quando revolvidas, tendem a diminuir o espaço poroso causando maior impedimento a penetração.

A porosidade é um atributo relevante quando se trata da percolação da água no solo, pois são pelos poros que a água, tanto gravitacional como a capilar, tem seu direcionamento no perfil do solo. Assim na tabela 6 consta o teste de média para as variáveis porosidade total (PT), microporos (MI) e macroporos (MA).

A PT, MI e MA, como esperado, apresentam as maiores médias na MN, pois valores elevados na K_0 , e baixa DS e RP, são indicativos que a estrutura do solo possui bastantes poros. Silva et al. (2008), estudando Latossolo Vermelho, observaram que o aumento da porosidade na MN está relacionado a ausência de intervenção de natureza humana e a intensa atividade dos microrganismos associados a elevados teores de M.O.

Observou-se que a PT teve uma tendência de valores crescentes da textura média para argilosa, contudo somente na PA ocorreram diferença estatística. Essa tendência é natural devido as propriedades da própria textura, pois de fato solos de textura argilosa possuem propriedades físico-químicas que favorecem a formação de poros, conforme relatam Mesquita e Moraes, (2004).

Tabela 6: valores médios da porosidade total (PT), microporosidade (MI) e Macroporosidade (MA), em $m^3 \cdot m^{-3}$ nas diferentes classes texturais do solo na microbacia hidrográfica do rio Caiabi, em função do uso do solo.

Classe Textural	Uso do Solo								
	MN			LA			PA		
	PT	MI	MA	PT	MI	MA	PT	MI	MA
	0-20 cm								
Argilosa	0,52 Aa	0,46 Aa	0,06 Aa	0,46 Ab	0,44 Aa	0,02 Ab	0,46 Ab	0,44 Aa	0,02 Bb
Média	0,50 Aa	0,43 Ba	0,07 Aa	0,46 Aa	0,43 Aa	0,03 Ab	0,41 Bb	0,33 Bb	0,08 Aa

Média seguidas da letra minúscula na mesma linha não diferenciam entre si, médias seguidas da letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

A MI, na MN e PA diferiram, da textura argilosa para a média, este fato pode estar relacionado as intensas atividades da biota e a concentração de M.O, e no caso específico da LA, as pressões exercidas por máquinas favorecem na formação de microporos, fato constatado por Marasca et al. (2013) estudando um Nitossolo Vermelho e também por Silva et al. (2008), e Demarchi et al. (2011) que atribuem a redução dos macroporos às práticas agrícolas.

Com relação a MA, os resultados demonstraram diferença somente na PA, quando observas as alterações no uso, pois os maiores valores ocorreram na textura média. Com relação a textura, a argilosa na MN, diferiu da LA e PA, tendência natural pelo fato de que as ausências de revolvimento do solo preservam a estrutura favorecendo a formação de macroporos, tendência semelhantes foram encontrados por Figueiredo et al. (2009).

Na textura média, a MA teve variação no resultado na LA, pois o intenso revolvimento do solo faz com que as partículas se reorganizam e os poros acabam sendo preenchidos, fazendo com que diminuam a K_0 , fato explicado com maiores valores de K_0 (tabela 2).

Na tabela 7 estão apresentados os resultados médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregado (IEA).

As observações das variáveis na tabela 07, conforme o sistema de uso, pode ser organizada na ordem decrescente, de acordo com a qualidade estrutural, sendo a MN, PA e LA, respectivamente com maiores valores, tanto para DMP, DMG e IEA. Dermachi et al. (2011), estudando um solo com textura argilosa encontraram resultados análogos, em que atribuíram a melhor

qualidade dos agregados na NM devido a M.O. e os teores de argila e sesquióxidos de ferro e alumínio de ferro que são agentes de agregação.

Tabela 7: Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregado (IEA), em mm, das diferentes classes texturais de solos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, em função do uso do solo.

Classe Textural	Uso do Solo								
	MN			LA			PA		
	DMP	DMG	IEA	DMP	DMG	IEA	DMP	DMG	IEA
	0-20 cm								
Argilosa	5,63 Aa	5,27 Aa	0,98 Aa	4,53 Ab	3,40 Ab	0,90 Ab	5,43 Aa	4,86 Aa	0,97 Aa
Média	5,66 Aa	5,24 Aa	0,98 Aa	2,76 Bb	1,39 Bb	0,67 Bb	5,63 Aa	5,14 Aa	0,97 Aa

Média seguidas da letra minúscula na mesma linha não diferenciam entre si, médias seguidas da letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Kontt a 5 %.

No caso específico da PA, o pisoteio do gado aumenta a densidade do solo e diminui os macroporos, esse fato pode estar associado a formação de torrão (agregado artificial), conforme verificaram Figueiredo et al, (2009); Klein (2012); portanto, os mesmos autores relatam que o sistema radicular da pastagem favorece a formação de agregados, em que se pode notar que a DS (tabela 03), RP (tabela 04) e MA (tabela 06) demonstram a tendência de que valores elevados da DS, juntamente com a RP, são inversos a MA, mesmo tendo médias de agregados elevados. Assim nota-se que na pastagem os elevados valores de DMP, DMG e IEA, podem estar associados a formação de torrão e não de agregados.

Os IEA que corresponde ao peso de agregados na classe de < 0,25 mm, não diferiram estatisticamente na MN e LA, tendo variações na PA. Conforme relatam Guerra (1990), Dermachi et al. (2011), Nobre et al. (2015), os altos valores para IEA, são atribuídos aos argilominerais, principalmente na classe textural argilosa, proteção da M.O. do solo pela cobertura vegetal, contra a desagregação pelo impacto das chuvas e umidade, fornecimento de energia da M.O. para atividade microbiana, que produz substâncias responsáveis pela formação e estabilização dos agregados, o efeito das raízes do capim no fornecimento da M.O. ao solo e na redução do escoamento superficial.

4.1 Análise de correlação

Os coeficientes de correlação de Pearson, entres as variáveis observadas estão apresentados na tabela 8. As variáveis DS, PT, RP, DMP, DMG e IEA, apresentaram correlação com a K_0 . E a DS e a RP, mostraram tendência inversa em relação a K_0 .

A K_0 no solo, é um atributo que sofre influência de outras condicionantes física do solo, nesta perspectiva, as análises de correlação não devem ser observadas apenas com variáveis como a DS e ou PT. Mesquita e Moraes, (2004), relata que as distribuições dos poros não são assimétricas e as atividades de natureza humana contribuem para a distorções ao fazer análises de correlações entre a K_0 e outros atributos físicos.

A K_0 depende sem sua maioria da forma e continuidade dos poros, a mesma varia fortemente de um local a outro, e difere também para as distintas orientações do solo, o que pode levar à assimetria. No caso específico da assimetria do solo são detectadas somente para a K_0 , e não para as outras variáveis do solo, o que permite inferir que descrever a porosidade somente a partir da K_0 pode induzir a erros provenientes de causas não conhecidas

Tabela 8: Coeficientes de Correlação de Pearson, entre valores médios de K_0 , em mm.h^{-1} , das diferentes classes texturais e de uso de solos da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, e os atributos físicos (DS, PT, RP, DMG, DMP e IEA).

Variáveis	Coeficiente de Correlação
	0-20 cm
K_0 x DS	-0.65
K_0 x PT	0.58
K_0 x RP	-0.58
K_0 x DMP	0.47
K_0 x DMG	0.50
K_0 x IEA	0.43

K_0 , DS, PT, RP, DMP, DMG e IEA São respectivamente condutividade hidráulica solo saturado, densidade do solo, porosidade total, resistência a penetração, diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico e índice de estabilidade de agregado.

Nas variáveis PT, DMP, DMG e IEA, a correlação, foi diretamente proporcional a condutividade hidráulica, enquanto a DS e RP, foi inversamente proporcional. Tendência semelhantes foram encontradas por Rizzardi et al. (2014), com valores significativos para PT e DS.

Com o propósito de identificar melhor a relação entre a K_0 com os demais atributos físicos do solo, foram realizadas análises de regressão linear simples. Destacar que são vários os fatores que agem conjuntamente no processo do movimento da água no solo.

Na figura 6, pode observar o comportamento da DS e RP em relação a K_0 . A correlação entre as variáveis indica que para DS foi de 65%, considerado próximos aos encontrado por Rizzardi et al, (2014) encontrou correlação de 72,2%, contudo para Mesquita e Moraes, (2004), valores discrepantes são encontrados quando se observa a densidade do solo em comparação do K_0 , pois possui uma grande variabilidade espacial, sendo influenciado fatores como uso do solo e a sua morfologia.

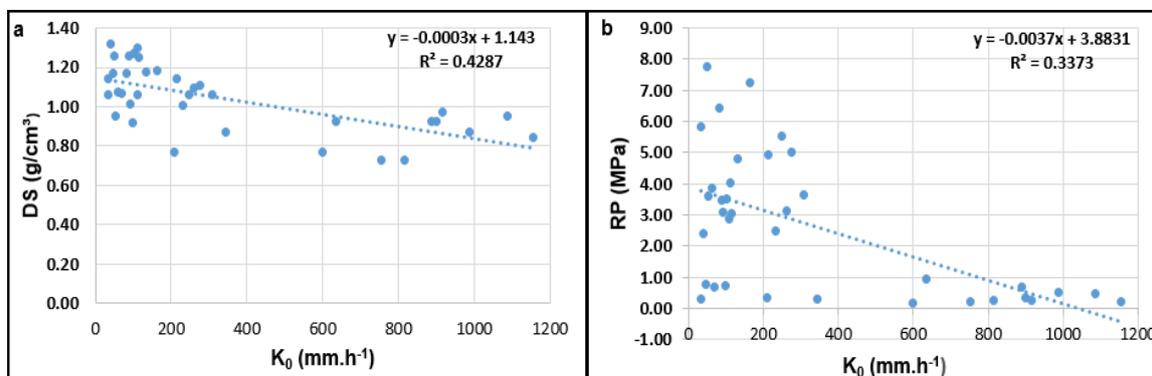


Figura 6a e b: representação das linhas de tendência linear, a e b são respectivamente densidade do solo e resistência a penetração.

Assim como para a DS e RP apresentou correlação forte negativa ao nível de 5%, foi constatado correlação entre a K_0 e a PT, indicando a probabilidade de estimar a K_0 , a partir da porosidade PT. Isso é atribuído ao fator de 58% da variação da PT é explicada pela K_0 , tendo uma correlação linear forte como nota-se na figura 7.

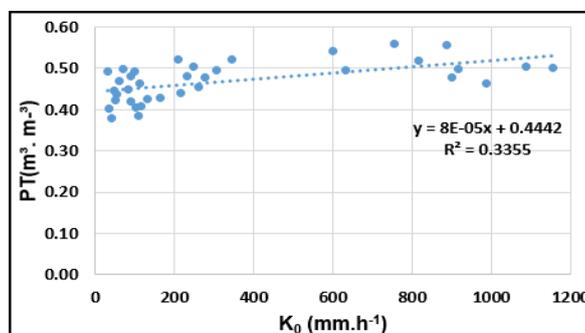


Figure 7: relação entre a condutividade hidráulica saturada e a porosidade total dos solos coletados na bacia hidrográfica do rio Caiabi.

Essa relação em geral, os maiores valores de K_0 são encontrados juntamente com os valores de porosidade total.

A correlação entre as variáveis agregados (DMP, DMG e IEA), teve relação positiva, tendência natural, considerando que um solo que possui boa estabilidade de agregados, geralmente possuem boa condutividade hidráulica, com exceção solo em que esteja ocorrendo agregação artificial, relatado por Klein, (2012). Na figura 8, a, b e c, consta respectivamente a linha de tendência da K_0 , e o DMP, DMG e IEA.

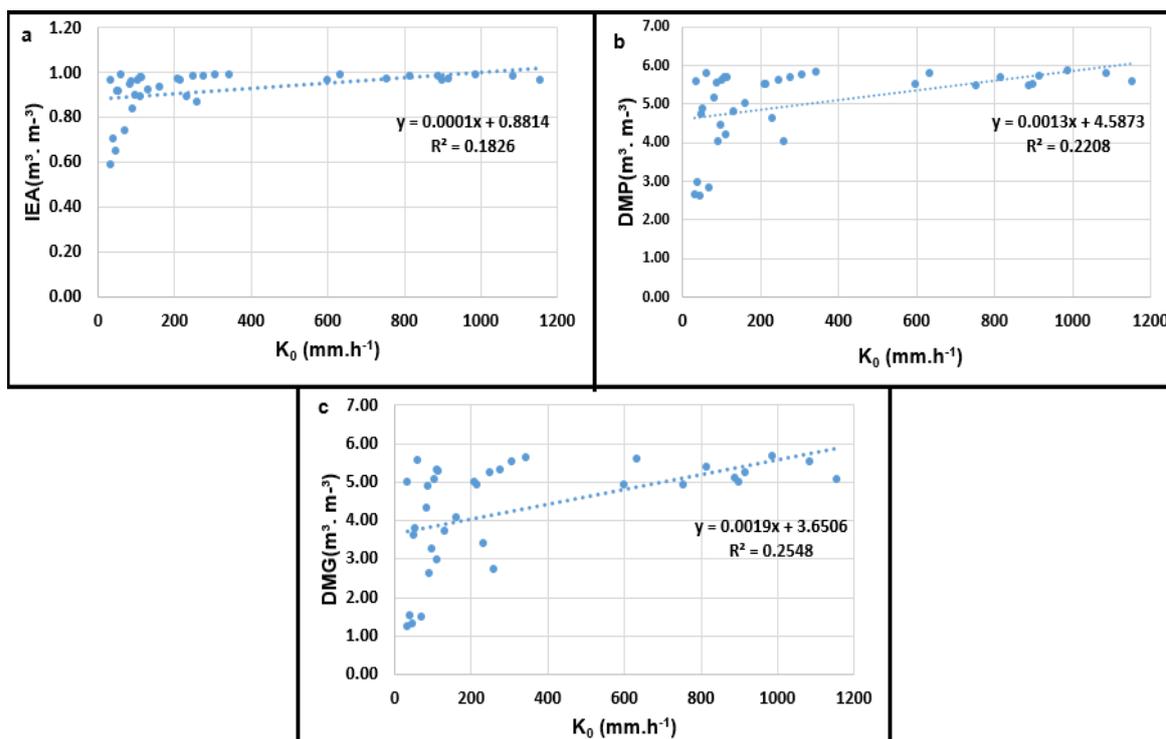


Figure 8 a b e c: relação entre a condutividade hidráulica saturada e agregado (DMP, DMG e IEA) dos solos coletados na bacia hidrográfica do rio Caiabi.

Nota-se que nas análises de correção linear, entre as variáveis observadas, são explicados dos fatores que intervêm diretamente na K_0 . Contudo como relata Mesquita e Moraes (2004), a K_0 , é um fator que depende de variáveis que devem ser observados principalmente em relação ao tipo de uso do solo.

Rizzardi et al, (2014) reforça que a dependência entre a K_0 dos atributos físicos dos solos não pode ser obtida diretamente por uma simples correlação. Na prática, são vários os fatores que agem conjuntamente no processo da hidrodinâmica no solo.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho permite obter as seguintes conclusões:

- Os diferentes sistemas de uso do solo, apresentam valores de condutividade hidráulica maiores na mata nativa, em relação a lavoura e pastagem, implicando que atividades antrópicas de uso do solo afetam negativamente este atributo hidrodinâmico do solo;
- Os valores de condutividade hidráulica para a mata nativa foram de 746,30 e 828,01 mm.h⁻¹, para a lavoura de 148,59 e 47,10 mm.h⁻¹, e para pastagem de 152,96 e 104,00 mm.h⁻¹, respectivamente para as texturas argilosa e média;
- Considerados condicionantes e indicadores da condutividade hidráulica, os atributos físicos dos solos, tais como a densidade, porosidades, resistência a penetração, agregados e matéria orgânica não demonstraram ser suficientes para explicar individualmente as modificações ocorridas nesta, nos solos avaliados com diferentes classes texturais em diferentes usos do solo;
- Os agregados, de uma maneira geral, foram os que melhor se correlacionaram com a condutividade hidráulica dos solos em diferentes classes texturais e de uso do solo estudados;
- A variabilidade das características hidrodinâmicas do solo da microbacia hidrográfica, verificada em diferentes pontos ao longo desta e por diferentes atributos físicos, indica a necessidade de adoção de diferentes usos e manejos dos solos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *Rev. Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 717 – 723, 2001.
- ALVARENGA, C. C.; MELLO, C. R. de; MELLO, J. M. de; VIOLA, M. R. Continuidade espacial da condutividade hidráulica saturada do solo na bacia hidrográfica do lato Rio Grande, MG. *Rev. Brasileira de Ciências do Solo*, v. 35, 1745 – 1757, 2011.
- AMARAL, D. L.; FONZAR, B. C. e OLIVEIRA FILHO, L. C. de. Vegetação. As Regiões Fitoecológicas, sua Natureza e seus Recursos Econômicos. Folha SD.21/Cuiabá. BRASIL/MME/SG, Projeto RADAMBRASIL (Levantamentos dos Recursos Naturais, 26), PIN, Rio de Janeiro, p. 401 – 452, 1982.
- ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.
- BARROS, A. M.; SILVA, R. H. da.; CARDOSO, O. R. F. A.; FREIRE, F. A.; SOUZA JÚNIOR, J. J. de.; RIVETTI, M.; LUZ, D. S. da.; PALMEIRA, R. C. de. e TASSINARI, C. C. G. Geologia, Folha SD.21/Cuiabá. BRASIL/M.M.E., Projeto RADAMBRASIL (Levantamento dos Recursos Naturais, 26), PIN, Rio de Janeiro, p. 25 – 192, 1982.
- BARRETO, A. N.; OLIVEIRA, G. R. de.; NOGUEIRA, L. C.; IVO, W. M. P. de. Condutividade hidráulica saturada em um solo aluvial do perímetro irrigado de São Gonçalo, PB. *Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 5, nº 1, p.152 – 155, 2001.
- BEUTLER, A. N.; FREDDI, O. da S.; LEONE, C. L.; CENTURION, J. F.; Densidade do solo relativa e parâmetro “S” como indicadores da qualidade física para culturas anuais. *Rev. De Biologia e Ciências da Terra*, v. 8, nº 2, p. 10, 2008.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. da; ROQUE, C. G.; FERRAZ, M. V. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo na produtividade de arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 6, p. 575 – 580, 2004.
- BERNARDES, R. S.; Condutividade hidráulica de três solos da região norte Fluminense. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos de Goytacazes – RJ, 80p, 2003.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 5ª ed. São Paulo: Ícone, p. 355, 2005.
- BITTENCOURT ROSA, D.; GELA, A.; ALVES, D. de. O.; MACEDO, M.; GARCIA NETTO, L. da. R.; PINTO, S. D. S.; NASCIMENTO, L. A.; BORGES, C. A.; ROSSETO, O. C.; TOCANTINS, N.; LOPES dos SANTOS, P e GERALDO, A. C.

H. Um Estudo Geoambiental Comparativo das Características Morfoestruturais e Morfoesculturais nas Áreas das Bacias do Alto Rio Paraguai e do Rio Teles Pires no Estado de Mato Grosso. Projeto de Pesquisa, Rel. Final FAPEMAT/CNPq - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Cuiabá, MT, p. 319, 2002

BRANDÃO, V. dos S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. da.; Infiltração da Água no solo. 3º ed. Atualizada e ampliada, Ed. UFV, Viçosa, p. 120, 2006.

CARVALHO, L. A. de. Condutividade Hidráulica do solo no campo: as simplificações do método do perfil instantâneo. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, - SP, p. 86, 2002.

COSTA, E. M. da.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. de A. Matéria Orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. Rev. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.9, n. 17, p. 1842, 2013.

CUNHA, S. B. da. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da (org.). Geomorfologia e Meio ambiente. 6ª Ed. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, RJ, p. 337 – 378, 2006.

DEMARCHI, J. C.; PERUSI, M. C.; PIROLI, E. L.; Análise da estabilidade de agregados de solos da microbacia do ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo – SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. Rev. Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava – PR, v.4, p. 07-29, 2011.

DOBOREDO, D. Resistencia mecânica do solo a penetração utilizando dois penetrômetros em um Latossolo Vermelho de Mato Grosso. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Cuiabá, p. 79, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. Ed. Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, p. 306, 2006.

FIGUEIREDO, C. C. de.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J. L. do.; JÚNIOR, J. A. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.13, nº2, p. 146-151, 2009.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações – 3ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 340, 2007.

KLEIN, V. A. Física do solo. 2ed. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, p.240, 2012.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da Água no Solo. – 2 ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 352, 2012.

MAITELLI, G. T. Interações Atmosfera - Superfície. In: MORENO, G., HIGA, T. C. S. (orgs). Geografia de Mato Grosso Território Sociedade Ambiente. Cuiabá, editora Entrelinhas, p. 238 – 249, 2005.

MARASCA, I.; GONÇALVES, F. C.; MORAES, M. H.; BALLARIN, A. W.; GUERRA, S. P. S.; LANÇAS, K. P. Propriedades físicas de um Nitossolo Vermelho em função dos sistemas de uso e manejo. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, UAEA/UFMG. v.17, nº11, p. 1160-1166, 2013.

MARCOLIN, C. D.; KLEIN, V. A.; Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. Revista Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 33, n. 2, p. 349-354, 2011.

MORAES, J. M.; SCHULER, A. E.; GUANDIQUE, M. E. G.; MILDE, L. C.; GROppo, J. D.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L. Propriedades Físicas dos Solos na Parametrização de um Modelo Hidrológico. Rev. Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 8 nº 1, p. 61-70, 2003.

MARQUES, J. D. de O.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M.; CRUZ JUNIOR, O. F.; MARTINS, G. C. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturado utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. Rev. Acta Amazônica, v. 38(2), 193 – 206, 2008.

MESQUITA, M. da G.B. de F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. Rev. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, nº 3, 963 – 969, 2004.

MORENO, G. A colonização no século XX. In: MORENO, G., HIGA, T. C. S. (orgs). Geografia de Mato Grosso Território Sociedade Ambiente. Cuiabá, editora Entrelinhas, p. 52 – 71, 2005.

OLIVEIRA, V. A.; AMARAL FILHO, Z. P. do.; VIEIRA, P, C. Pedologia, Levantamento Exploratório de Solos Folha SD.21/Cuiabá. BRASIL/MME, DNPM, Projeto RADAMBRASIL (Levantamento dos Recursos Naturais, 27), PIN, Rio de Janeiro, p. 257 –400, 1982.

PEQUENO, P. L. de L.; SCHLINDWEIN, J. A.; LOCATELI, M.; LEÔNIDAS, F. das. C.; VIEIRA, A. H. Avaliação da densidade do solo em áreas com cafeeiro robusta arborizado em Rondônia. In XXXIII congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas. Uberlândia/ MG, p. 3, 2012.

PEREIRA, T. I; UHDE, L. T.; GUBIANI, P. I.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VOLGELMANN, E. S. Condutividade Hidráulica saturadas e propriedades físicas

do solo e área de pastagem degradada em Argissolo na Depressão Central do RS. Resumo expandido da VII Reunião Sul-brasileira de Ciências do Solo – Santa Maria, RS, março de 2011. Disponível em: http://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao_Resumos/VIIRSBCS_6.pdf, acessado em 10 de junho de 2015. 6 p.

PRAGANA, R. B.; NÓBREGA, J. C. A.; MARTINS, R. N. L. Efeito do Plantio Direto sobre a resistência à penetração de latossolos Amarelos na Região do Cerrado Piauiense. In XXXIII congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas. Uberlândia/ MG, p. 5, 2012.

PRIMAVESI, A. *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. 6, ed. São Paulo: Nobel, p.541, 1984.

RIBEIRO, K. D. Distribuição de vazios, determinada pela teoria geométrica probabilística, e sua influência na caracterização físico-Hídrica dos Solos. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 190, 2005.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; CORREA, G. F. Pedologia, base para distinção de ambientes. 5 ed. Lavras: UFLA, p. 378, 2007.

RIZZARDI, A. S.; RIGUES, A. A.; KEMERICH, P. D. da C.; SILVA, R. F. da; SANTOS, S. A. dos; BORBA, W. F. de. Atributo físicos e fluxo de água em solos da bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim – RS. REMOA (revista e monografias ambientais), v. 13, n° 5, p. 3690 – 3701, 2014.

ROMERO, E. M.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; COSTA, L. M. da. Condutividade hidráulica, porosidade, resistência mecânica e intervalo hídrico ótimo em Latossolos artificialmente compactados. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n° 10, p.1003 – 1009, 2014.

ROSS, J. L. S. e SANTOS, L. M. dos. Geomorfologia, Folha SD. 21/Cuiabá, BRASIL/M.M.E., Projeto RADAMBRASIL, (Levantamento dos Recursos Naturais, 26), PIN, Rio de Janeiro, p. 193 – 256, 1982.

SANTOS, D. O estado da Amazônia: uso da terra / Daniel Santos; Denys Pereira; Adalberto Veríssimo. – Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), 2013.

SILVA, F. de F. da.; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLI, F. F.; ANDRIOLI. Propriedades Físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema de plantio direto. Irriga, Botucatu, v.13, n.2, p. 191-204, 2008.

SILVA, J. dos S. Qualidade Física do Solo e de Cobertura Vegetal em áreas de integração Lavoura-Pecuária com o Processo de Perda de água e Solo Sob Chuva Simulada. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, ICAA/UFMT, CUS, Sinop, MT, p. 40, 2014.

SOUZA, A. P. de.; MOTA, L. L. da.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T. de.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *rev. Nativa, Sinop*, v. 01, n. 01, p. 34-43, 2013.

SOUZA, Z. M. de.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. *Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n° 1, p. 18 – 23, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5° ed. [tradução: Armando Molina Divan Junior... et al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. Ed. Artmed, p.918, 2013.

TOLEDO, M. C. M. de.; OLIVEIRA, S. M. B. de.; MELFI, A. J. Da rocha ao solo: intemperismo e pedogênese. In TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M. de.; TAIOLI, F. (orgs). *Decifrando a Terra*. 2° ed. São Paulo, Ed. Companhia Editora Nacional, p. 210 – 239, 2009.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. *Rev. Brasileira de Ciências do Solo*, v. 22, p. 573 – 581, 1998.

TREVISAN, R.; SALEMI, L. F.; MORAES, J. M. de.; OLIVEIRA, J. C. M. de. Condutividade Hidráulica do solo saturado na zona vadosa in situ e em laboratório. *Rev. Irriga Botucatu, SP*. v. 14, n° 3, p. 413-422, 2009.

TREVISAN, R. G.; Variabilidade espacial dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho – Amarelo cultivado com arroz em sistema de integração lavoura-pecuária. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, ICAA/UFMT, CUS, Sinop, MT, p. 108, 2013.

7. APÊNDICE

Tabela 9: Valores médios das frações granulométricas e classe textural. Valores médios das frações granulométricas e classe textural.

Ponto	Prof. cm	Uso	Areia	Argila	Silte	Classe Textural
			-----g.kg ⁻¹ -----			
01	0-20	MN	239,42	568,75	191,83	Argilosa
02	0-20	LA	325,96	540,25	133,79	Argilosa
03	0-20	PA	340,06	529,50	130,44	Argilosa
04	0-20	PA	603,20	327,25	69,55	Média
05	0-20	LA	678,76	229,25	91,99	Média
06	0-20	MN	615,40	281,75	102,85	Média
07	0-20	PA	228,94	581,50	189,57	Argilosa
08	0-20	LA	268,50	624,00	107,50	Argilosa
09	0-20	MN	317,05	543,50	139,46	Argilosa

MN: Mata Nativa; LA: Lavoura; PA: Pastagem; M.: Muito argilosa

Tabela 10: Resultado de análise de variância da condutividade hidráulica do solo saturado.

0-20 cm						
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	
TEXTURA	1	4198.333889	4198.333889	0.126	0.7254	
USO	2	3360372.528539	1680186.264269	50.322	0.0000	
TEXTURA*USO	2	47464.769644	23732.384822	0.711	0.4993	
erro	30	1001665.504025	33388.850134			
Total corrigido	35	4413701.136097				
CV (%) =	53.49					
Média geral:	341.6397222	Número de observações:	36			

Tabela 11: Resultado de análise de variância da densidade do solo.

0-20 cm						
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	
TEXTURA	1	0.090313	0.090313	11.339	0.0021	
USO	2	0.600317	0.300158	37.687	0.0000	
TEXTURA*USO	2	0.020308	0.010154	1.275	0.2942	
erro	30	0.238937	0.007965			
Total corrigido	35	0.949875				
CV (%) =	8.59					
Média geral:	1.0391667	Número de observações:	36			

Tabela 12: Resultado de análise de variância da resistência a penetração.**0-20 cm**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEXTURA	1	21.538672	21.538672	13.950	0.0008
USO	2	103.025072	51.512536	33.363	0.0000
TEXTURA*USO	2	9.598978	4.799489	3.108	0.0593
erro	30	46.320175	1.544006		
Total corrigido	35	180.482897			
CV (%) =	47.52				
Média geral:	2.6147222	Número de observações:		36	

Tabela 13: Resultado de análise de variância da porosidade total.**0-20 cm**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEXTURA	1	0.004672	0.004672	4.457	0.0432
USO	2	0.034572	0.017286	16.489	0.0000
TEXTURA*USO	2	0.003403	0.001701	1.623	0.2142
erro	30	0.031450	0.001048		
Total corrigido	35	0.074097			
CV (%) =	6.88				
Média geral:	0.4702778	Número de observações:		36	

Tabela 14: Resultado de análise de variância da microporosidade.**0-20 cm**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEXTURA	1	0.022050	0.022050	27.505	0.0000
USO	2	0.016817	0.008408	10.489	0.0004
TEXTURA*USO	2	0.011558	0.005779	7.209	0.0028
erro	30	0.024050	0.000802		
Total corrigido	35	0.074475			
CV (%) =	6.60				
Média geral:	0.4291667	Número de observações:		36	

Tabela 15: Resultado de análise de variância da macroporosidade.**0-20 cm**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEXTURA	1	0.005689	0.005689	18.500	0.0002
USO	2	0.010839	0.005419	17.624	0.0000
TEXTURA*USO	2	0.002436	0.001218	3.961	0.0297
erro	30	0.009225	0.000308		
Total corrigido	35	0.028189			
CV (%) =	43.24				
Média geral:	0.0405556	Número de observações:		36	

**Tabela 16: Resultado de análise de variância do diâmetro médio ponderado.
0-20 cm**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEXTURA	1	2.114939	2.114939	21.471	0.0001
USO	2	21.325606	10.662803	108.251	0.0000
TEXTURA*USO	2	6.410519	3.205260	32.540	0.0000
erro	30	2.955025	0.098501		
Total corrigido	35	32.806089			
CV (%) =	6.25				
Média geral:	5.0244444	Número de observações:		36	

**Tabela 17: Resultado de análise de variância do diâmetro médio geométrico.
0-20 cm**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEXTURA	1	2.761250	2.761250	10.124	0.0034
USO	2	45.562317	22.781158	83.525	0.0000
TEXTURA*USO	2	8.270108	4.135054	15.161	0.0000
erro	30	8.182400	0.272747		
Total corrigido	35	64.776075			
CV (%) =	12.11				
Média geral:	4.3108333	Número de observações:		36	

**Tabela 18: Resultado de análise de variância de índice de estabilidade de agregado.
0-20 cm**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEXTURA	1	0.047022	0.047022	47.457	0.0000
USO	2	0.179072	0.089536	90.364	0.0000
TEXTURA*USO	2	0.091211	0.045606	46.027	0.0000
erro	30	0.029725	0.000991		
Total corrigido	35	0.347031			
CV (%) =	3.41				
Média geral:	0.9236111	Número de observações:		36	

**Tabela 19: Resultado de análise de variância da matéria orgânica.
0-20 cm**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEXTURA	1	40.200556	40.200556	3.137	0.0867
USO	2	385.710556	192.855278	15.048	0.0000
TEXTURA*USO	2	60.583611	30.291806	2.364	0.1114
erro	30	384.467500	12.815583		
Total corrigido	35	870.962222			
CV (%) =	13.37				
Média geral:	26.7777778	Número de observações:		36	