

INDICADORES FÍSICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM BACIAS DE RETENÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

Marcelo Tsuyoshi Haraguchi¹
Marta Pereira da Luz²
Vlândia Correchel³
Nori Paulo Griebeler⁴
Felipe Corrêa Veloso dos Santos⁵
Alexandre Garces de Araújo⁶
Fernando Ernesto Ucker⁷

RESUMO

O estudo do índice de qualidade física do solo é essencial para compreender o seu comportamento e potencialidades quanto ao uso do solo. Assim, este estudo teve como objetivo analisar os indicadores físicos associados à bacia de retenção de sedimentos de estrada não pavimentada de um Latossolo Vermelho Distrófico. No local de estudo foram construídas 24 bacias de retenção. Relacionou-se quatro tratamentos com seis repetições para o canal e a bacia de retenção. Aleatoriamente, 6 bacias de retenção foram selecionadas com diferentes arranjos ou tratamentos para determinar os indicadores físicos de qualidade do solo. Nas bacias foram coletadas amostras indeformadas em profundidade 0-5 cm. Após coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de física do solo da Universidade Federal de Goiás. Foram analisados os seguintes parâmetros físicos na Bacia. Para as determinações físicas foram realizadas textura, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, retenção de água na capacidade de campo. Após isso procederam-se análises descritivas das variáveis em cada tratamento com o intuito de verificar o padrão de comportamento de distribuição das variáveis estudadas. Para viabilizar a comparação entre as bacias e o conjunto de variáveis envolvidas, foi feita análise multivariada pelo método de agrupamento de Ward, com auxílio do aplicativo computacional PAST versão 2,08b. Conforme a dinâmica de produção de finos, as bacias de retenção cumpriram a função de reter material, bem como captar água não infiltrada pela estrada. Com base nos parâmetros avaliados o melhor tratamento foi a pré bacia com canal vegetado.

Palavras-chave: captação de água; finos; selamento; erosão.

PHYSICAL INDICATORS OF SOIL QUALITY IN RETENTION BASINS IN DYSTROPHIC RED OXISOIL

ABSTRACT

Studying the rate of the soil physical quality is essential to understand its behavior and potential when it comes to its use. Therefore, this study aims to analyze the physical rates associated to sediment retention basin of non-paved road of a Dystrophic Red Oxisoil. In the study place 24 retention basins were built. Four treatments with six repetitions were related to the canal and to the retention basin. Randomly, 6 retention basins were selected with different arrangements or treatments to determine the soil physical quality rates. Non-deformed samples were collected in the basins 0-5 cm depth. After collection, the samples were taken to the soil physics laboratory of the Federal University of Goiás. In the basin, the following physical parameters were analyzed. For the physical definitions, texture, particle density, soil density, total porosity and water retention in field capacity were performed. After that, descriptive analysis were performed for each treatment variable aiming to verify the behavior pattern of the studied variables distribution. To enable the comparison between the basins and the variable set, it was performed the multivariate analysis based on the Ward method, with the help of the computational application PAST, 2,08b version. According to the fine production dynamics, the retention basins performed their material retention function, and also caught the water that was not seeped into the road. Based on the evaluated parameters, the best treatment was pre basin with vegetaged canal.

Keywords: water capture; thin; sealing; erosion.

Recebido em 28 de agosto de 2023. Aprovado em 11 de dezembro de 2023

¹ PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: haramt@yahoo.com.br

² PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: marta.eng@pucgoias.edu.br

³ UFG, Escola de Agronomia, E-mail: vladiacorrechel@hotmail.com

⁴ UFG, Escola de Agronomia, E-mail: nori@ufg.br

⁵ PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: felipesantos@pucgoias.edu.br

⁶ UEG, Engenharia Civil, E-mail: alexandregarces@gmail.com

⁷ Centro Universitário Araguaia, Goiânia. E-mail: ferucker@gmail.com

INTRODUÇÃO

O conceito de “solo” é amplo e, dependendo do interesse em utilizar esse recurso, sua forma natural possui um amplo leque de possibilidades de uso. Para a pedologia, em particular, são utilizadas as seguintes definições: os solos são objetos naturais, dinâmicos, compostos por três partes (sólido, líquido e gasoso), tridimensionais e independentes, compostos por materiais minerais e orgânicos, organizados em camadas de profundidades variadas desde os fatores de estratos, com foco nos efeitos biológicos e climáticos ao longo do tempo para um determinado material de origem e determinadas condições topográficas (Santos *et al.*, 2005; Resende *et al.*, 2007; Souza *et al.*, 2021). As partículas da fase sólida variam em tamanho, forma e composição química, e se combinam em várias configurações possíveis para formar a chamada matriz do solo.

Quando o solo apresenta boa retenção de água, boa aeração, bom aporte de calor e pouca resistência ao crescimento das raízes, é considerado fisicamente um solo ideal para o crescimento das plantas. Também estão incluídas a boa estabilidade de agregados e boa infiltração de umidade no solo (Reinert; Reichert, 2006). No entanto, algumas práticas de manejo do solo e das culturas levam a mudanças nas propriedades físicas do solo que podem ser permanentes ou temporárias. A avaliação da qualidade física dos solos é considerada essencial para a manutenção e/ou sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. Nesse sentido, os efeitos do uso e manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados, utilizando diferentes propriedades físicas dos solos como: compactação do solo (Müller *et al.* 2001, Gonçalo Filho *et al.*, 2018), densidade (Alves *et al.*, 2007; Fagundes *et al.*, 2019) e resistência dos solos à penetração (Blainski *et al.*, 2008, Gonçalo Filho *et al.*, 2018).

Müller *et al.* (2001) realizaram trabalho em Botucatu - SP para verificar o efeito da adubação verde de inverno (ervilhaça, nabo forrageiro, tremoço branco, aveia preta e aveia branca) em quatro perfis de solo, à medida que o grau de compactação da sub superfície aumenta. Verificaram aumento da compactação do solo e aumento do comprimento da raiz e da matéria seca acima e diminuição em relação a camada compactada, permitindo que o sistema radicular da planta se concentre mais próximo da superfície. Concluíram que o nabo forrageiro e a aveia preta funcionam bem como material para melhorar as propriedades do solo com compactação subsuperficial, mostrando vigor de crescimento radicular dentro e abaixo da camada compactada do solo. No entanto, os autores ressaltam que esses resultados devem ser verificados em campo em diferentes climas e condições do solo.

Alves *et al.* (2007) e Mangieri *et al.* (2019) avaliaram a recuperação de propriedades de Latossolos Vermelhos distróficos, utilizando materiais retirados da terraplanagem e nas fundações da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, sendo a densidade do solo e a taxa de infiltração de água como indicadores de qualidade física. Os experimentos foram delineados em blocos casualizados com 5 repetições e 5 tratamentos, e a densidade do solo foi avaliada antes da implantação dos tratamentos e 356 dias após os tratamentos. Concluíram que a adição de lodo de esgoto e adubação verde melhorou a qualidade do solo, e que a densidade do solo e a infiltração de água foram bons indicadores para avaliar essas melhorias.

Blainski *et al.* (2008) e Silveira (2022) realizaram um trabalho no município de Paranaíba, na região noroeste do Estado do Paraná, para quantificar curvas de resistência à infiltração do solo de Latossolo Vermelho distrófico sob diferentes usos e sistemas de manejo e usos do solo (CRS) e descrever a degradação física do solo. Quatro áreas foram selecionadas com base em diferentes tipos de uso e manejo da terra: floresta estacional semidecidual; solo sob pastagem com *Brachiaria*; solo sob pomar de laranja; solo para culturas anuais de milho, sorgo e aveia. Os autores mostraram que o uso de pastagens e agricultura (integração agropastoril) em um sistema de rotação de culturas planejada pode constituir uma alternativa tecnicamente viável para restaurar parcialmente a qualidade física do solo. Confirmaram ainda

que, em solos compactados, onde o controle da qualidade física depende da disponibilidade hídrica, a redução da resistência à penetração (RP), pela redução da densidade por métodos que incrementam a porosidade, é um método alternativo para manter a RP em níveis não impeditivos às plantas.

Estes trabalhos mostram, portanto, que a qualidade física do solo pode ser avaliada por alguns indicadores físicos do solo, como densidade, porosidade, resistência do solo à penetração e teor de água. A importância de conhecer o comportamento físico do solo está relacionada ao seu uso e manejo adequados, incluindo o preparo e proteção do solo e da água. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi determinar indicadores físicos da qualidade do solo para usos múltiplos e avaliar a eficiência das bacias de retenção sob Latossolo Vermelho Distrófico.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo (Figura 1) está localizada em um terreno particular adjacente à estrada não pavimentada Copaíba com a GO-462, a aproximadamente 3,5 km da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. A estrada possui total de 600 m de comprimento e cinco metros de largura, subdividida com lombada de 20 em 20 m. Para cada subdivisão de 100 m² de área da bacia foi direcionado um tipo de tratamento. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com relevo suave ondulado, a 771,0 m acima do nível do mar. De acordo com a classificação proposta por Köppen, o clima da região é classificado como tropical quente, com chuvas de verão e inverno seco Aw. A temperatura média máxima anual é de 30,4°C e a mínima é de 15,2°C. A umidade relativa média anual é de 63% (Luiz et al., 2019), e a precipitação média anual de 1.460 mm (Casaroli et al., 2018). A principal vegetação da área de estudo é a pastagem, formada principalmente pela pastagem *Brachiaria decubens* cv. Basilisk, sendo ocupados por animais de grande porte para a pecuária leiteira. A estrada não pavimentada tem tráfego diário intenso, com carros leves e alguns veículos médios e pesados.

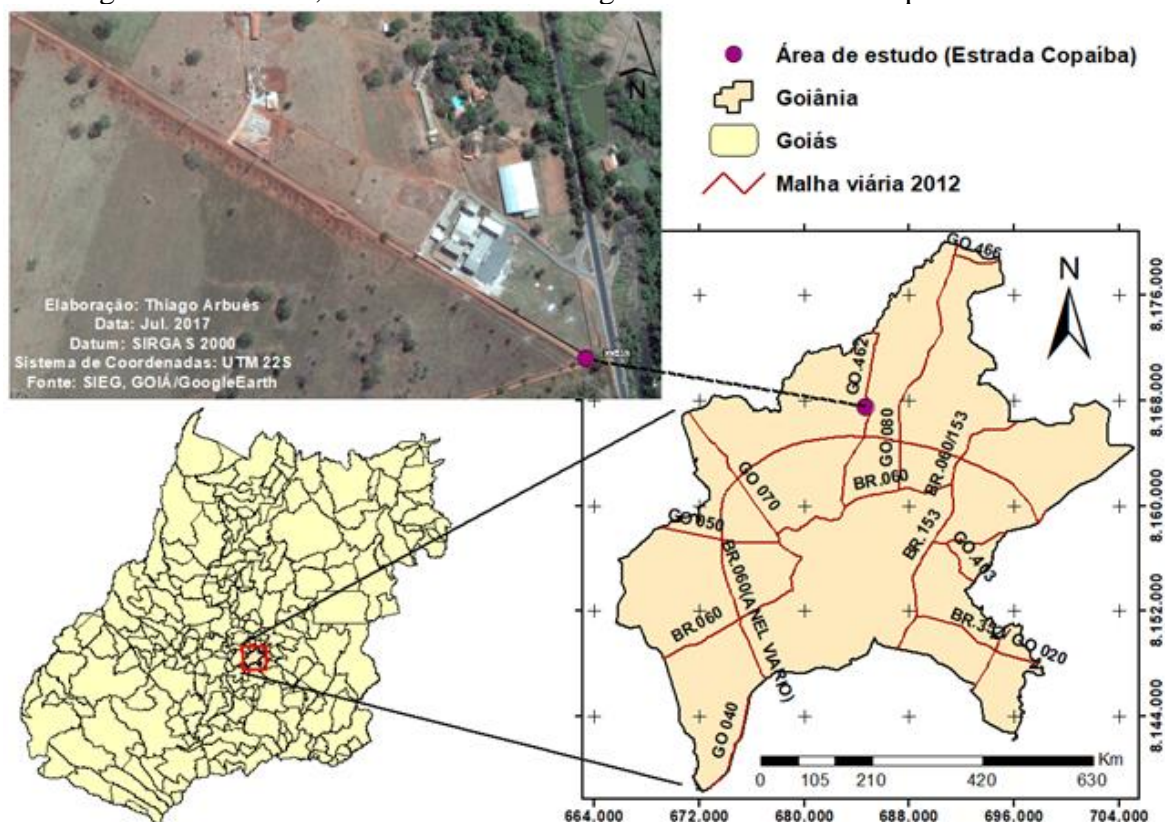


Figura 1. Localização da área de estudo – Bacias de retenção adjacentes à estrada não pavimentada Copaíba com a GO-462.

Bacias de retenção e tratamentos

No local de estudo foram construídas 24 bacias de retenção com base e pluviômetro instalado a altura de 1,5 m do solo (16° 33'57"S e 49°16'24"O) no local das bacias. Foram relacionados quatro tratamentos com seis repetições para o canal e a bacia de retenção (Figura 2): 1 – canal sem vegetação e ligado a bacia de retenção (testemunha e comumente utilizado), 2 – canal vegetado com grama batatais (*Paspalum notatum*), ligado a bacia de retenção, 3 – canal sem vegetação ligado a uma pré bacia de sedimentação e depois ligado a bacia de retenção e 4 – canal vegetado com grama batatais (*Paspalum notatum*), ligado a uma pré bacia de sedimentação e depois ligado a bacia de retenção.

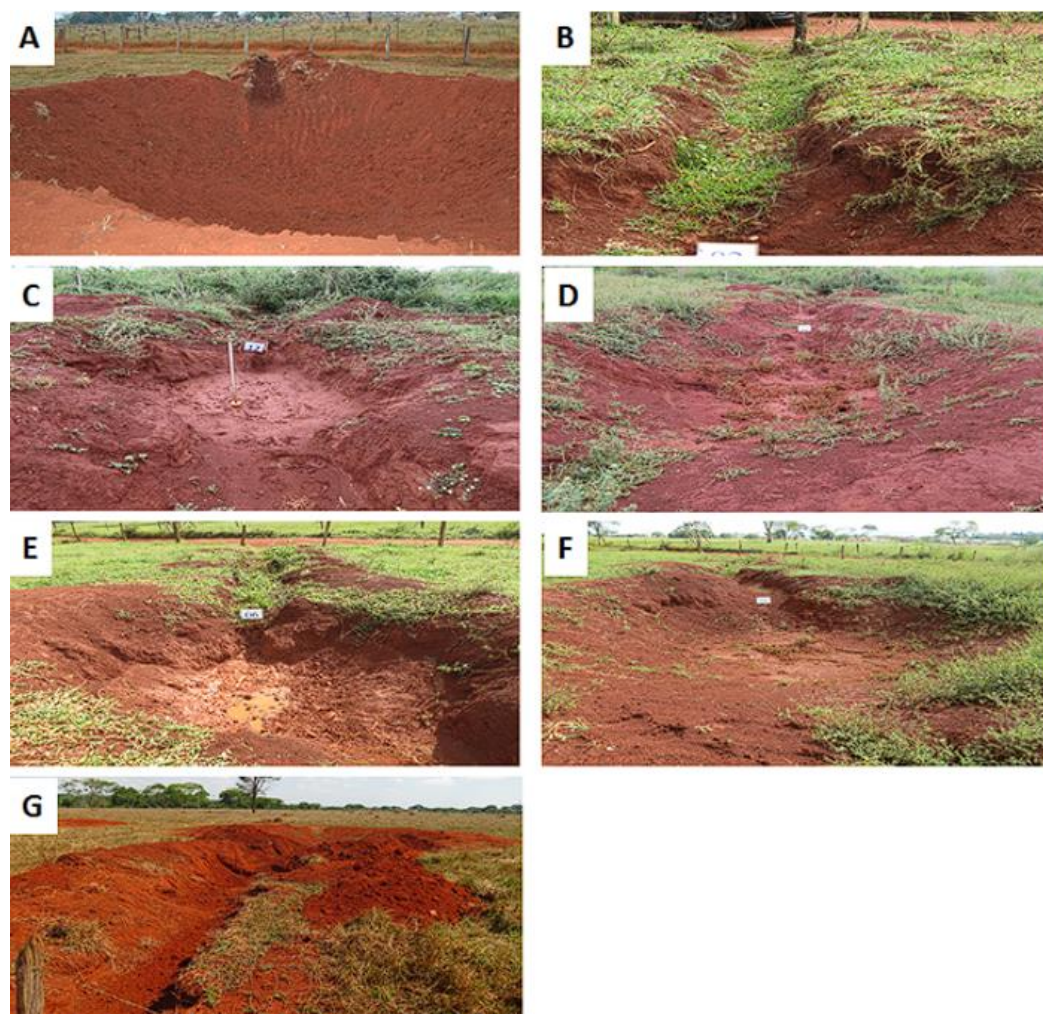


Figura 2. Tratamentos utilizados na pesquisa: Canal não vegetado ligado a bacia (A), canal vegetado ligado a bacia (B), canal não vegetado ligado a bacia (C) e pré-bacia(D), canal vegetado ligado a pré-bacia (E) e bacia (F) e canal executado (G).

Foram selecionadas, aleatoriamente, 6 bacias de retenção com diferentes arranjos ou tratamentos para determinar os indicadores físicos de qualidade do solo (Tabela 1). Para o estudo, foi considerado o período de setembro de 2016 a abril de 2017, com 497,96 mm de precipitação acumulada.

O comprimento da estrada ligada às 24 bacias de retenção é de 480,9 m e a largura média foi de 4,8 m. A distância entre as bacias foi de 20 metros, conforme Figura 3. Na via foi colocado um obstáculo (meia corcunda) para direcionar o sedimento e a água produzidos até o canal que liga a estrada à bacia. O comprimento do canal foi de 10 metros em um canal vegetado

e não vegetado nas bacias sem pré-bacia. No entanto, o comprimento do canal foi de 5 m para as bacias com pré-bacia e canal vegetado. A largura do canal foi de 0,80 m. O canal vegetado foi plantado com grama Batatais (*Paspalum notatum*).

Tabela 1. Tratamentos analisados nas 6 bacias de retenção selecionadas.

Bacia escolhidas	Coordenadas de cada Bacia	Tratamentos
11	16°33'56" S e 49°16'16"O	Canal vegetado
21	16°34'02" S e 49°16'11"O	Canal vegetado
18	16°34'01" S e 49°16'12"O	Canal sem vegetação
19	16°34'01" S e 49°16'12"O	Canal sem vegetação
17	16°34'00" S e 49°16'13"O	Pré-bacia e canal vegetado
24	16°34'02" S e 49°16'09"O	Pré-bacia e canal vegetado

Coleta e preparo das amostras

A Figura 3 ilustra o esquema de coleta de solo dentro da bacia e bacias de pré-retenção da Bacia 18, com e sem canais vegetados. A coleta do solo foi dividida em três locais, sendo elas (1) fundo da bacia; (2) saída do canal e (3) no meio da bacia. Em cada um desses locais, três amostras indeformadas foram coletadas, ou seja, três repetições, a uma profundidade de 0-5 cm. O método de coleta das amostras ressalta a autenticidade e originalidade como método alternativo para analisar o comportamento da retenção de água e sedimentos em toda a bacia. Obviamente, o fundo da bacia é a parte onde mais sedimentos são trazidos por estradas não pavimentadas. A coleta do solo foi realizada durante a estação chuvosa (entre janeiro e abril) de 2017, pois, fora desta época, a região possui precipitação insuficiente para proporcionar a realização do estudo em questão.

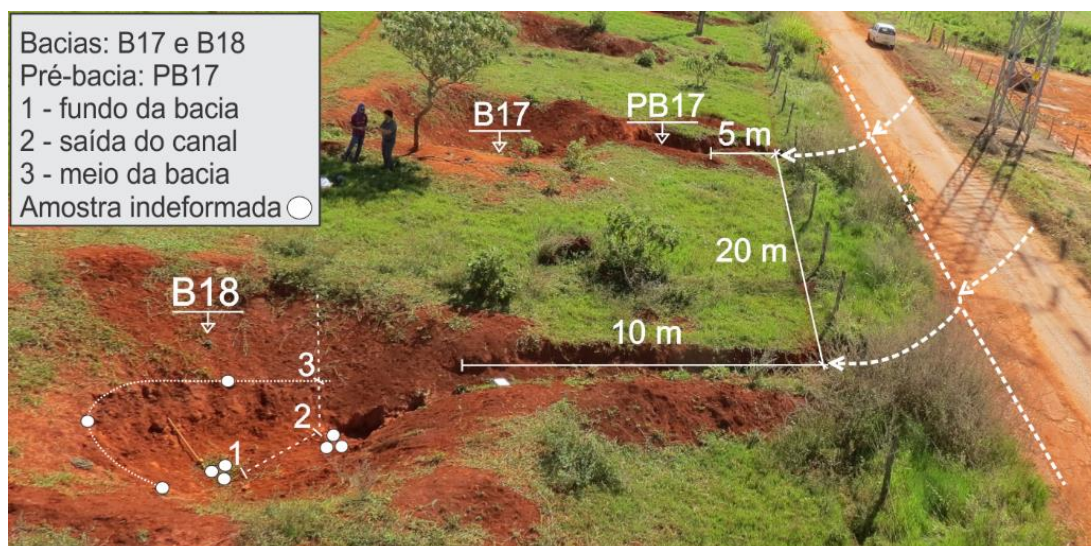


Figura 3. Esquema do perfil de coleta de solo – amostragem indeformada.

Para cada tratamento foram retiradas 9 amostras indeformadas em anéis volumétricos de aço inox, com 0,053 m de altura média e 0,043 m de diâmetro médio. O volume dos solos foi acertado e fechado com pano multiuso e liga de borracha em uma das extremidades, obedecendo o fluxo de retirada. Foram pesados e levados a uma bandeja para serem embebidos em água para iniciar o processo de saturação. Após 24 horas foi verificado se as amostras indeformadas saturaram. Caso contrário, adicionou-se mais água na bandeja. Os anéis foram pesados em três condições distintas: antes da saturação do solo para se obter a massa úmida;

após a saturação para conhecer a massa do solo saturado e após a secagem em estufa a 105 °C por 24 horas para se obter a massa seca e determinar a umidade do solo em cada amostra.

A amostragem deformada também foi realizada coletando-se 1.500 cm³ em cada local do perfil de coleta do solo (Figura 3). Cada monólito possuía cerca de 2 kg de solo. No laboratório de física do solo da Universidade Federal de Goiás (UFG), os monólitos foram suavemente quebrados para auxiliar na secagem ao ar (TFSA). Após 24 horas, parte do solo passou por um conjunto de peneiras (8, 4 e 2 mm). De cada monólito foi aferido exatamente 100 gramas para determinar o teor de umidade do solo (%), da mesma forma com os anéis volumétricos.

Parâmetros Físicos (Indicadores físicos de qualidade do solo)

Foram analisados os seguintes parâmetros físicos na Bacia: diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), agregados maiores de 2mm (AGRE); índice de estabilidade de agregados (IEA), densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP), porosidade total calculada (PTc), porosidade total determinada (PTd), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma), grau de flocculação (GF), condutividade hidráulica saturada (KSAT).

Para as determinações físicas foram realizadas textura, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, retenção de água na capacidade de campo, realizadas segundo método descrito em Embrapa (2011).

Análise Estatística

Foram realizadas análises descritivas das variáveis em cada tratamento com o intuito de verificar o padrão de comportamento de distribuição das variáveis estudadas (TRIOLA, 2005). Para viabilizar a comparação entre as bacias e o conjunto de variáveis envolvidas, foi feita análise multivariada pelo método de agrupamento de Ward, com auxílio do aplicativo computacional PAST versão 2,08b (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados (Tabela 2) encontrados mostram as mudanças físicas no solo encontradas no campo. Destas, as mudanças mais relevantes estão relacionadas à textura, o que também é confirmado na Figura 4, no Triângulo Textural Americano. De acordo com o SiBCS (2013), dentro dos critérios de classificação de solos, os latossolos apresentam B latossólico e o teor de argila aumenta de A para B. Ainda no SiBCS, a relação silte/argila deve ser inferior a 0,7 em solos de textura média e inferior a 0,6 em solos de textura argilosa. No solo em questão, a proporção é de 6,52, o que indica uma mudança drástica no material e na deposição de areia oriunda do ponto mais alto do relevo.

Tabela 2. Principais indicadores físicos estudados.

IQ*	BCV		BSV		BSV+PBSV		PAST	
DMP	1,81	± 0,14	2,24	± 0,11	2,01	± 0,25	4,51	± 0,17
DMG	1,19	± 0,15	1,82	± 0,22	1,43	± 0,31	3,52	± 0,23
%agreg>2mm	50,2	± 5,22	62,46	± 3,89	53,92	± 10,85	70,01	± 6,65
IEA	88,81	± 1,04	92,13	± 0,45	91,29	± 1,55	92,82	± 1,01
DS	1,34	± 0,04	1,33	± 0,02	1,28	± 0,09	1,21	± 1,27
DP	2,63	± 0,03	2,66	± 0,02	2,65	± 0,05	2,65	± 0,03
Ptdeterminada	0,59	± 0,02	0,57	± 0,01	0,59	± 0,03	0,47	± 0,43
MIC	0,46	± 0,02	0,42	± 0,01	0,42	± 0,04	0,12	± 0,12
MAC	0,13	± 0,01	0,15	± 0,01	0,18	± 0,04	0,35	± 0,31
G.F	76,68	± 2,58	83,35	± 2,4	82,17	± 7,95	85,32	± 2,47

KSAT $27,67 \pm 8,7$ $54,49 \pm 18,87$ $51,59 \pm 14,96$ $158,9 \pm 44,4$

Bacias: BCV – Bacia com Canal Vegetado; BSV – Bacia com canal Sem Vegetação; BSV+PBCV – Bacia com canal Sem Vegetação com Pré Bacia com Canal Vegetado; PAST – Pastagem (área adjacente); DMP: diâmetro médio ponderado, DMG: diâmetro médio geométrico, AGRE: agregados maiores 2mm,; IEA: índice de estabilidade de agregados, Ds: densidade do solo, DP: densidade de partículas, PTC: porosidade total calculada, PTd: porosidade total determinada, Mi: microporosidade, Ma: macroporosidade, GF: grau de floculação, KSAT: condutividade hidráulica saturada.

A produção de sedimentos tem grande potencial para estudar a degradação e o manejo dos recursos naturais, pois podem estimar os impactos das atividades agrícolas (Roffe, 2012; Silva, 2020). Na Tabela 2, observa-se variações atípicas, uma vez que a deposição de sedimentos ressalta a possibilidade de utilizar a análise de textura como estimativa. Rodrigues et al. (2013) e Dorneles et al. (2019) discutiram a geração de sedimentos em microbacias hidrográficas, corroborando com os resultados da Tabela 2.

Os dados acumulados de distribuição de chuva para janeiro de 2016 foram registrados em 432,2 mm, o que é bem diferente dos 141,2 mm em 2017. No entanto, este primeiro teve mais chuvas torrenciais, o que resultou em aumento do escoamento (runoff). No caso de áreas urbanas parcialmente a totalmente impermeáveis, a permeabilidade diminui devido ao aumento da densidade de partículas, gerando um elevado escoamento superficial e conseqüentemente alto índice de partículas nas bacias de retenção. Resultados equivalentes foram ratificados por trabalhos como os de Nunes, Fiori e Firpo (2011) e Hamza e Anderson (2005).

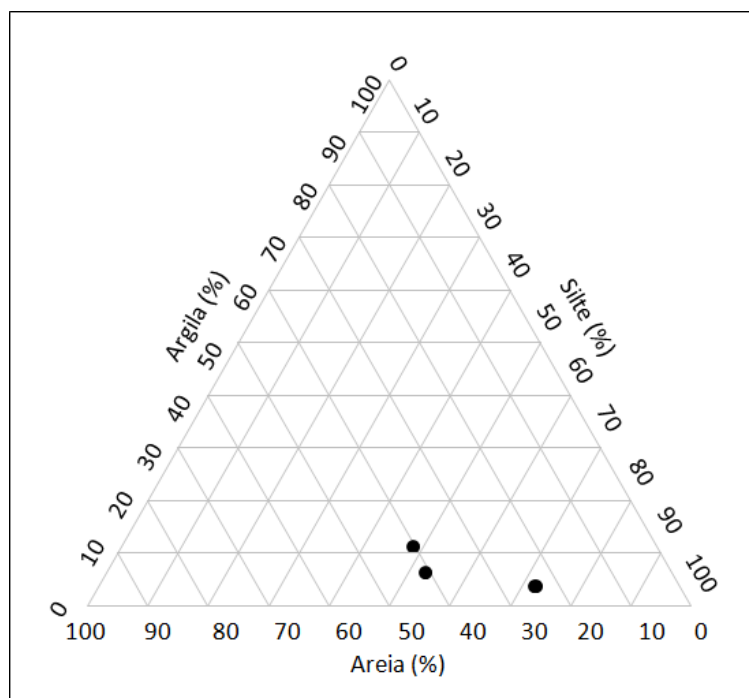


Figura 4. Relação textural do fundo dos canais não vegetados.

Nas condições do presente estudo, a impermeabilização da estrada contribuiu para o transporte de material arenoso no fundo da bacia, com valores de DMP e DMG alterados, comprovando que essas bacias são fundamentais para reduzir alguns processos de erosão. A variabilidade dos vários tipos de bacias fica evidente com a deposição de finos, correspondendo a bacia com vegetação apresentando menor valor, como mostra a Figura 5.

A partir da comparação entre os resultados encontrados em campo (Figura 5), nota-se que há fortes indícios de compactação na área da bacia vegetada. Sá e Santos Júnior (2005) conceituaram a compactação como o processo de rearranjo das partículas e agregados do solo. Estes últimos mudando de forma e tamanho, conforme observado neste estudo.

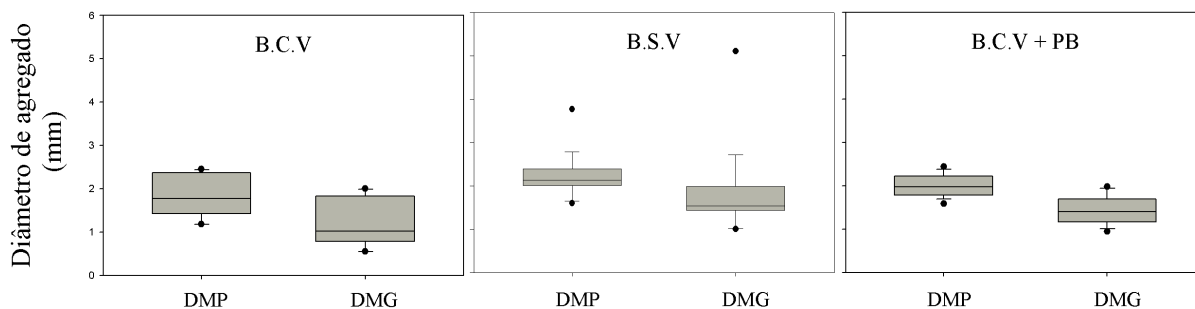


Figura 5. Diâmetro médio ponderado (DMP) e Diâmetro médio geométrico (DMG) de agregado nas Bacias de retenção.

Diferenças significativas quanto ao diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) foram constatados nos solos dos tratamentos avaliados. A BCV e pré bacia BCV+PB alterou o padrão de distribuição de agregados pela retenção de materiais mais densos em função do aumento da rugosidade superficial. Conforme Benício, Nascimento e Melo (2021) o solo tem menor tendência à degradação por erosão hídrica, quando o DMP de agregados estáveis em água tem valor superior a 0,5 mm e é indicador de que o solo resiste bem ao esboroamento e à dispersão (Figura 6).

A porcentagem de agregados estáveis e altos IEA observados na Figura 6 foi superior a 90% nas amostras analisadas para BCV e BCV+PB e apresentou diferença estatisticamente significativa. Esse comportamento é mais bem explicado pelo teor de matéria orgânica, que é mais pronunciado nas camadas superficiais. Resultados semelhantes foram encontrados por Aratani et al. (2009), avaliando propriedades relacionadas à qualidade física de Latossolo Vermelho, afetados por sistemas de uso e manejo que proporcionam redução no índice de agregação, demonstrando perda de estabilidade dos agregados devido ao uso agrícola, comparado com a mata nativa. Os sistemas de cultivo levam à redução dos teores deste agente cimentante ao revolver o solo, destroem os agregados e favorecem a oxidação da matéria orgânica.

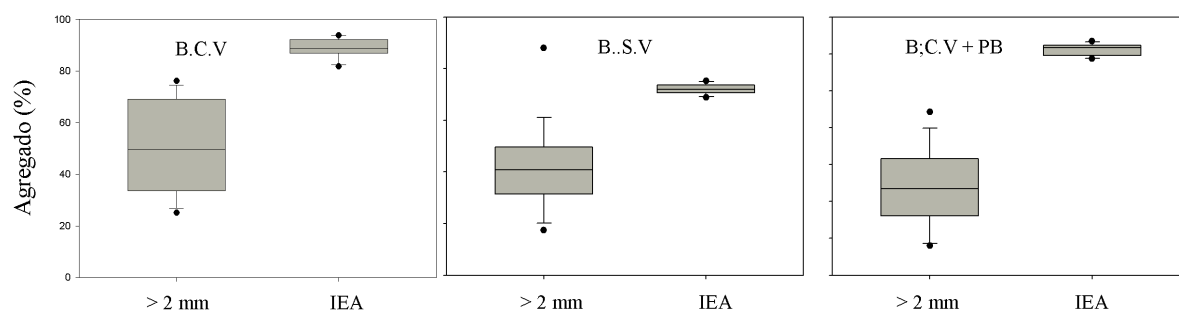


Figura 6. Percentual de agregado maiores que 2 mm (>2 mm) e índice de estabilidade de agregado em Bacias de retenção.

O maior grau de floculação das argilas na mata comparado aos outros sistemas favoreceu à maior agregação das partículas do solo, em virtude da ausência de revolvimento e

do maior teor de matéria orgânica do solo sob mata, que, segundo Silva et al., (2021), é uma condição necessária para estabilização de agregados.

A análise da matéria orgânica, de acordo com Brasil Neto et al., (2018), seja pelas áreas de pastagens e pelos animais que visitam diariamente as bacias e pré bacias, têm efeito direto na estabilização de agregados maiores cujo acúmulo de água por causa do selamento acontece primeiramente.

Desta forma, com a predominância de solos de textura argilosa, implicam em alta estabilidade de agregados, porosidade total composta principalmente por microporos e alta capacidade de retenção de água, o que os torna menos suscetíveis à degradação física, melhorando assim sua qualidade (Pessoto et al., 2016).

As mudanças na estabilidade de agregados são uma das maiores evidências da eficiência da bacia de retenção. O material torna-se mais fino à medida que se aprofunda na bacia, o que pode ser relevante porque a bacia acumulou areia fina, oriunda de pontos mais altos do relevo.

No estudo realizado por Silveira et al. (2012), demonstraram que Latossolos são muito sensíveis à densidade do solo. Por exemplo, em áreas com condições diferentes no sistema de plantio direto, a densidade pode chegar a 1,25, que é considerada alta, uma vez que foram encontradas uma média 1,30 na base das bacias de retenção (Figura 7).

Em resposta à mudança de densidade, os resultados das pastagens foi de 1,21g cm⁻³. Este aumento de densidade é devido à quantidade de material depositado nos primeiros 15 mm da superfície do fundo da bacia. Equivalente dinâmica de deposição ocorrem em estradas vicinais, e foi observada em áreas de reservatórios hidrelétricas (Cabral, 2005) e paisagens naturais (Costa et al., 2015). Como os índices de densidade foram muito superiores que o esperado para Latossolos, esta afirmação pode ser categoricamente aceita (SiBCS, 2013).

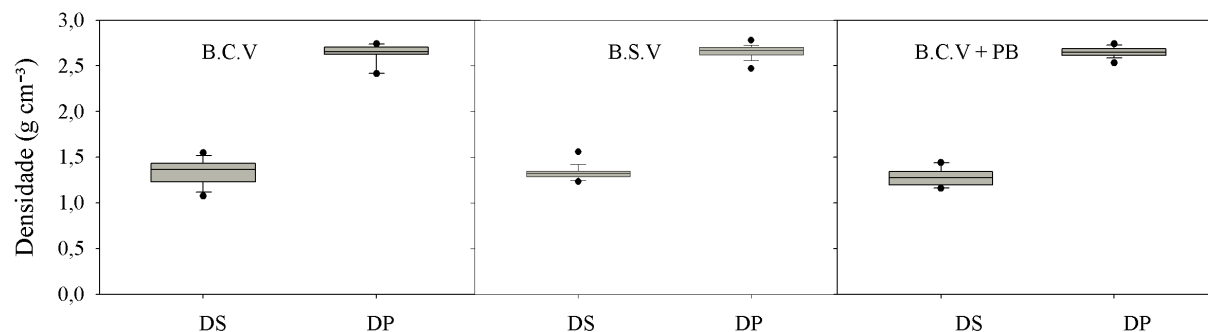


Figura 7. Densidade do solo (DS) e densidade de partícula (DP) agregado em Bacias de retenção.

Na Figura 8, a porosidade total do solo é composta por macroporos e microporos, sendo que o aumento de um diminui a porcentagem do outro. Freitas et al (2017) não observaram diferenças nos valores de porosidade total em relação à profundidade, mas os menores valores se referem a áreas de pastagem na área de Cerrado, possivelmente devido à decomposição das raízes das plantas e pisoteio por animais. Sob diferentes formas de uso de um Latossolo Vermelho, Matias et al. (2009), mencionaram que a porosidade total teve pouco efeito nas mudanças causadas pelo preparo do solo, seja em profundidade, seja pelos diferentes usos. Embora a porosidade da mata nativa foi maior em todas as camadas do solo (Tezolin, 2021).

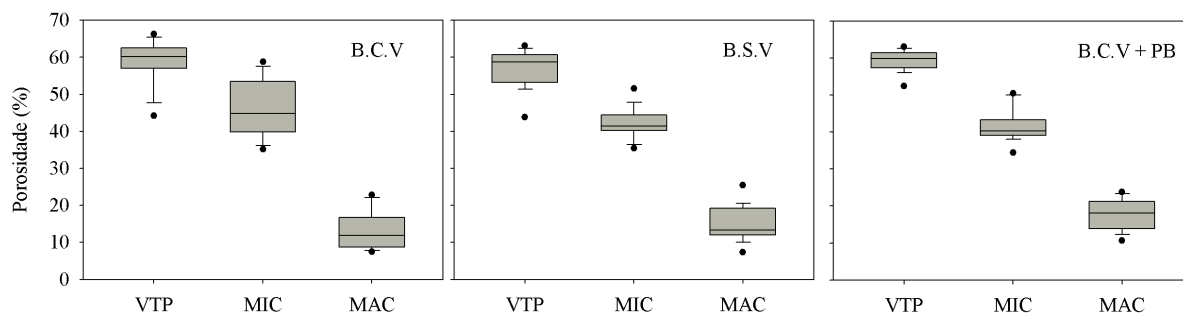


Figura 8. Porosidade do solo em diferentes tipos de bacia de retenção: Volume total de poros (VTP); Microporosidade (MIC) e Macroporosidade do solo em Bacias de retenção.

Gomes et al. (2019) também constataram que a vegetação nativa tem maior porosidade, enquanto as pastagens favorecem a exposição do solo a processos de degradação devido a problemas de compactação. Os autores explicam que a vegetação natural apresenta melhores condições físicas por estar protegida e conservada de ações antrópicas. No entanto, como são áreas de pastagem, os tratamentos apresentaram diferenças significativas em PTc e PTd. Em relação ao Mi, não houve diferença entre os tratamentos. No entanto, os valores encontrados para Ma apresentaram diferenças significativas. Consequentemente, a quantidade de sedimentos que atinge a bacia e pré bacia são afetadas pelo tratamento.

Conforme pode ser observado na Figura 9.a, não houve diferença significativa no grau de floculação da argila entre os sistemas de tratamento avaliados. Esses valores indicaram alto grau de dispersão. Quando em contato com água, muita da argila do solo é facilmente mobilizada, resultando como consequência obstrução dos poros com redução na permeabilidade à água e ao ar. Em um Cambissolo, na Chapada do Apodi, Rocha et al., (2019) obtiveram resultados equivalentes, o qual associou a diminuição da condutividade hidráulica do solo saturado (Figura 9.b) à elevada quantidade de argila dispersa em água.

Na Figura 9.b, observa-se que o fluxo de sedimentos para a bacia e pré bacia é suficiente para alterar o comportamento das propriedades físicas diretamente relacionadas à dinâmica de infiltração, seja na bacia, seja na pré bacia. O principal fator que corrobora para dinâmica de infiltração foi a diminuição da condutividade hidráulica e foi comparada à condutividade hidráulica de 159,8 mm h⁻¹ na área de pastagem adjacente. Portanto, não houve diferença significativa.

Além disso, o papel das bacias de retenção é fornecer condições para controlar a perda de material e captar água que foi escoada devido à baixa permeabilidade da estrada (Souza e Domingues, 2017). Com a deposição de finos, no fundo da bacia ocorre o selamento, dificultando a condutividade hidráulica e, portanto, maior teor de umidade. Nos indicadores da qualidade do solo desta pesquisa foi encontrado o padrão de variabilidade característico.

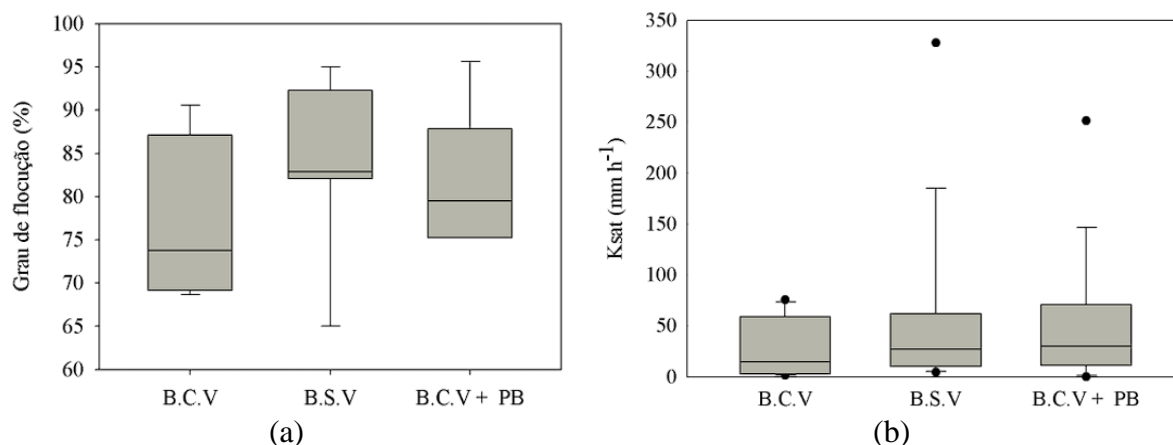


Figura 9. Variação do Grau de flocculação em diferentes tipos de bacia de retenção (a) e Condutividade hidráulica do solo em meio saturado em diferentes tipos de bacia de retenção (b).

O dendrograma de dissimilaridade pode ser observado na Figura 10. A análise de agrupamento do dendrograma utilizado foi a Distância Euclidiana média como coeficiente de dissimilaridade e o UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), que é o método de agrupamento para diferentes tipos de bacias de retenção de águas pluviais em estradas não pavimentadas.

A maior dispersão dos dados foi observada nos primeiros grupos (A e B), o que indicou maior heterogeneidade das amostras. Os grupos encontrados confirmam a literatura, pois os agrupamentos observados indicam variabilidade em escala. Como a observado neste trabalho, Silva et al., (2019) encontraram valores de coeficiente de variação maiores que os observados. Já Mesquita et al., (2022) observaram valores entre 65,11% e 125,80%, abaixo e acima do valor observado (Tabela 02). Em relação aos indicadores de qualidade do solo, no grupo C, houve discrepâncias entre a CAM, resultado corroborado por Alves e De Oliveira (2021).

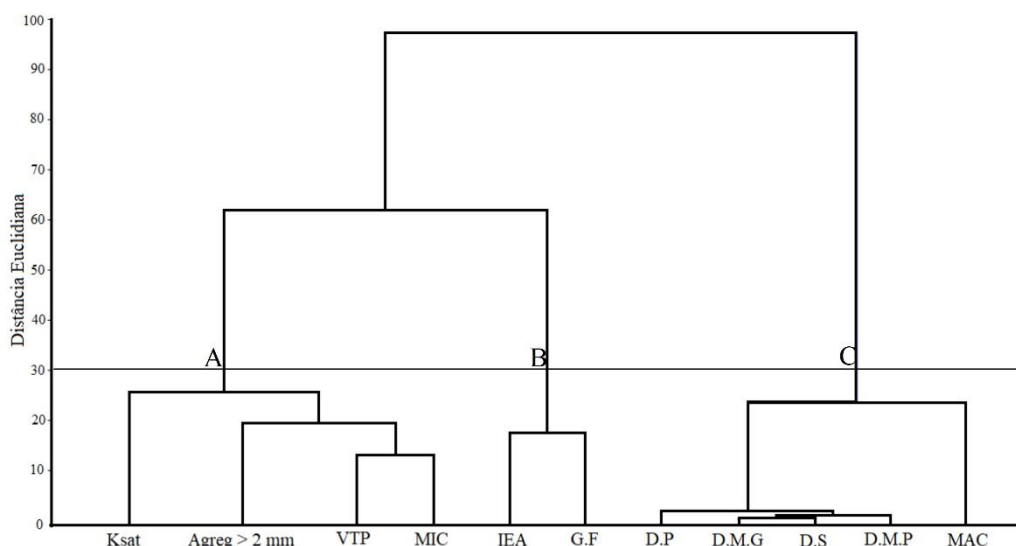


Figura 10. Dendrograma de dissimilaridade de indicadores de do solo em diferentes tipos de bacia de retenção em estrada não pavimentada Condutividade hidráulica em meio saturado (K_{sat}); agregados maiores que 2 mm (Agreg > mm); Volume total de poros (VTP); Microporosidade (MIC); Índice de estabilidade de agregados (IEA); Grau de flocculação (G.F); Densidade de partícula (DP); Diâmetro médio geométrico de agregados (D.M.G); Densidade do solo (DS); Diâmetro médio ponderado de agregados (D.M.P) e Macroporosidade (MAC) .

Indicadores com distância euclidiana inferior a 5, de modo geral, ocorreu apenas no grupo C. Mesmo com o transporte de finos, os valores de dispersão observados (Figura 11) são coerentes por se tratar de Latossolo Vermelho. Silva et al (2019) encontraram CV de 3,63%, e Ds de 30,09% corroborando com o encontrado nesse estudo. Utilizando a mesma distância observada na Figura 10 pode se inferir que há apenas dois grupos entre os tratamentos analisados. Porém, constata-se que em distâncias inferiores (25) há três grupos ocorrendo distinção entre as bacias de retenção, após análise detalhada.

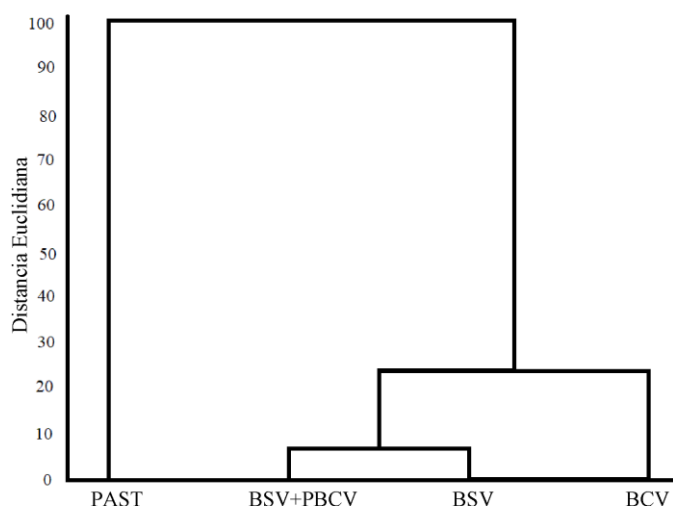


Figura 11. Dendrograma de dissimilaridade de diferentes tipos de bacia retenção em uma estrada não pavimentada. Área de pastagem (PAST), bacias de retenção com canal vegetado (B.C.V), com canal sem vegetação (B.S.V) e com canal vegetado + pré bacia de retenção (B.S.V + PBCV).

O efeito dos diferentes tipos de bacia de retenção no agrupamento dos tratamentos e um efeito evidente na utilização das plantas de cobertura tipo Batatais na formação de subgrupos foi constatado na utilização da análise de agrupamento por dendrograma de dissimilaridade.

CONCLUSÃO

A relação textural apresentou-se como um forte indicador de alterações na paisagem e da estabilidade de solo nas estradas e depósitos de sedimentos nas bacias.

As bacias de retenção de sedimentos, mesmo sem a presença de vegetação, foram eficientes em diminuir os processos erosivos em estradas não vicinais.

As bacias de retenção não vegetadas se apresentaram eficientes na captação de água de chuva.

Bacias com canal sem vegetação, apresentam selamento ou incapacidade de infiltração mais rapidamente que os demais.

Canais vegetados por grama Batatais (*Paspalum notatum*) apresentam melhor desempenho em relação a bacia com canal sem vegetação.

O fluxo de sedimentos tem restrição com o uso de grama Batatais (*Paspalum notatum*), diminui a velocidade e acumula sedimentos mais pesados ao longo do canal e permite a dispersão de sedimentos leves na água cheguem à bacia de retenção.

Entre os tratamentos analisados o com pré bacia e canal vegetado possui melhor desempenho comparando todas as combinações.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. As.; SUZUKI, L. E. A. S. 2007. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 617-625.
- ALVES, Ludmila Loures; De OLIVEIRA, Ricardo Fonseca. 2021. Avaliação da necessidade de readequação de estradas rurais: estudo de caso em estrada não pavimentada no município de Monte Carmelo/MG. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 30.
- ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S., CENTURION, J.F. 2009. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:677-687.
- BENÍCIO, L.P.F., NASCIMENTO, D.S., MELO, J.P.P. 2021. Densidade e porosidade de um plintossolo háplico submetido a diferentes tipos de uso. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 7.
- BLAINSKI, E. et al. 2008. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983.
- BRASIL NETO, A. B., dos SANTOS, C. R. C., NORONHA, N. C., GAMA, M. A. P., CARVALHO, E. J. M., SILVA, A. R., & de SOUZA, P. Í. A. 2018. Matéria Orgânica E Atributos Físico-Hídricos De Um Latossolo Sob Diferentes Sistemas De Manejo. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 147-164.
- CABRAL, J.B.P. 2005. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. **Caminhos de Geografia – revista on line**. v. 6, n. 14, p. 62-69, Fev.
- CASAROLI, Derblai et al. 2018. Padrões de Chuva e de Evapotranspiração em Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 247-256.
- COSTA, C.D.O.; ALVES, M.C.; SILVA, H.R.; SOUSA, A.P.; GONZÁLEZ, A.P.; AVALOS, J.M.M. 2015. Produção e deposição de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica localizada no Estado de Mato Grosso do Sul. **Anais XVII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, João Pessoa – PB, Brasil.
- DORNELES, Jonatan Iago et al. 2019. Avaliação de diferentes cenários na produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica amazônica. **Gaia Scientia**, v. 13, n. 4.
- EMBRAPA. 2011. Documentos, 132. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 revisada ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p.
- FAGUNDES, Marla Oliveira et al. 2019. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 281-297.
- FREITAS, L., de OLIVEIRA, I. A., SILVA, L. S., FRARE, J. C. V., FILLA, V. A., & GOMES, R. P. 2017. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2.
- GOMES, Fátima; SANTOS, Rafael; GUARIZ, Hugo. 2019. Levantamento de propriedades de densidade aparente, densidade de partículas e porosidade total em latossolos amarelo. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12.
- GONÇALO FILHO, F., NETO, M. F., dos SANTOS FERNANDES, C., da SILVA DIAS, N., da CUNHA, R. R., & de OLIVEIRA MESQUITA, F. 2018. Efeitos do manejo sustentável da Caatinga sob os atributos físicos do solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 38.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v.4, p.1-9.
- HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.82, p. 121-145.

- LUIZ, Gislaine Cristina; Romão, P. A. 2019 Interação solo-atmosfera e processos de inundação e alagamentos na cidade de Goiânia-GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 05, p. 1891-1903.
- MANGIERI, Vanessa Lasaro; TAVARES, João. 2019. Avaliação de matéria orgânica, densidade e porosidade do latossolo vermelho em contato com lixiviado de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, p. 1251-1258.
- MESQUITA, G. M.; SANTOS, F. C. V.; DORES, A. L.; CORRECHEL, V. 2022. Spatial variability of hydraulic conductivity of saturated soil in conservation unit. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 9, p. 6532-6535.
- MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, Ciro Antonio. 2001. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, n. 3, p. 531-538. <http://hdl.handle.net/11449/114595>.
- NUNES, F.G.; FIORI, A.P.; FIRPO, G. 2011. Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba e região metropolitana – Paraná/ Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 64, n. 65, p. 27-39.
- PESSOTTO, P. P., da SILVA, V. R., ORTIGARA, C., KOPPE, E., STROJAKI, T., & Santi, A. L. 2016. Influência de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas de um latossolo vermelho. **Agrarian**, v. 9, n. 34, 348-356.
- REINERT, D. J.; Reichert, R. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, UFSM, 18 p., 2006.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. 2007. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5ª ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 322 p.
- ROCHA, Rodrigo Esteves et al. 2019. Variações espaciais na condutividade hidráulica do solo em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani. **Revista do Instituto Geológico**, v. 40, n. 2, p. 35-51.
- RODRIGUES, J.O.; ANDRADE, E.M. PALÁCIO, H.A.Q.; MENDONÇA, L.A.R.; Dos SANTOS, J.C.N. 2013. Sediment loss in semiarid small watershed due to the land, **Rev. Ciênc. Agron.** v. 44, n. 3, p. 488-498, jul-set, Fortaleza.
- ROFFE, T.G. 2012. Dinâmica da produção de sedimentos devido a mudanças no uso da terra: estudo de caso da bacia de Chambas, Província Ciego de Ávila, Cuba. **Tese de Doutorado**, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Instituto de Geociências.
- SÁ, M.A.C.; Santos Júnior, J.D.G. 2005. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal**. Documentos 136, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 26p.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. 2005. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 92 p.
- SIBCS - EMBRAPA. 2013. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013. 306 p.: il.
- SILVA, I.A.C. et al. Estoque de carbono, densidade, porosidade e nematofauna do solo em áreas com e sem aplicação de vinhaça. Irriga, Botucatu, Edição Especial – **Inovagri**, v. 1, n. 4, p. 765-773, dezembro, 2021.
- SILVA, Bruce Kelly da Nobrega et al. 2020. Avaliação de Extremos de Erosividade Causados pela Precipitação na Bacia do Rio Apodi/Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 871-879.
- SILVA, G. S.; SILVA, J. S.; PEREIRA, F. A. C.; SANTANA, R. A.; FIRMO, R. S.; LOPES Sobrinho, O. P. 2019. Spatial variability of the saturated hydraulic conductivity of soil in Cocoa Farming in Recôncavo Baiano. **Rev. Caatinga**, v. 32, n. 3.
- SILVEIRA, Ana Paula Pereira da. 2022. **Solos e recursos hídricos**. Editora Senac São Paulo.

- SILVEIRA, D.C.; MELHO FILHO, J.F.; SACRAMENTO, J.A.A.S.; SILVEIRA, E.C.P. 2010. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 659-667.
- SOUZA, E.R.; DOMINGUES, J.F.N. 2017. **Bacias de Captação de enxurradas**. Emater – MG, 4p.
http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/MATERIAL_TECNICO/baciascapta%C3%A7%C3%A3oenxurradas.pdf.
- SOUZA, Henrique Antunes De; LEITE, Luiz Fernando Carvalho; MEDEIROS, João Carlos. 2021. **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Embrapa Meio-Norte-Livro científico (Alice).
- TEZOLIN, T.A. 2021. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de produção agropecuária. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1.
- TRIOLA, M. F. 2005. **Introdução à estatística** (9a ed.). Rio de Janeiro: LTC.