

ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SOLO DE UM FRAGMENTO FLORESTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM, CAMPUS MANAUS (SETOR NORTE)

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE SOIL OF A FOREST FRAGMENT OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF AMAZONAS - UFAM, CAMPUS OF MANAUS (NORTHERN SECTOR)

Beatriz da Silva Lima ¹

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira ²

Nathália da Costa e Costa ³

Ângelo Gabriel Santiago Gouvêa ⁴

RESUMO: A presente pesquisa buscou analisar a morfologia do solo, inserido numa pequena encosta localizada no fragmento florestal-urbano que faz parte da APA - UFAM. Dessa forma, os procedimentos metodológicos se deram através de duas etapas, sendo eles: o trabalho de campo (coleta de amostras para análise granulométrica e umidade gravimétrica e testes de infiltração e penetração) e o tratamento das amostras em laboratório (granulometria, umidade gravimétrica, densidade do solo e de partículas, porosidade total) seguindo os procedimentos da EMBRAPA (1997). Os resultados mostram que a área de coleta vai se caracterizar por possuir um solo com textura que vai de argilo arenosa a muito argilosa, com percentuais médios de areia (27,85%), silte (9,15%) e argila (58,80%). Sendo a média de infiltração de 2,09 mm/min. e no caso da resistência a penetração o valor médio foi de 1,92 Mpa. Esses dados vem corroborar com os resultados de Dp (Densidade de partículas), Ds (Densidade de solo) e PT (porosidade total). Destaca-se que a compactação do solo estão relacionados com a sua composição granulométrica e classe textural, ou seja, que a alta fração de argila vai influenciar nesses processos. Nesse sentido, destaca-se a importância da caracterização física e análise morfológica do solo, pois através delas é possível classificar o tipo de solo da área de estudo.

Palavras-chave: Solo; Infiltração; Penetração; Densidade.

ABSTRACT: The present research sought to analyze the soil morphology, inserted in a small slope located in the forest-urban fragment that is part of the APA - UFAM. In this way, the methodological procedures were given through two stages, being them: the field work (collection of samples for

¹ Graduanda em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. E-mail: limab017@gmail.com

² Doutor em Geografia. Filiação: Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas. Email: fabiovieira@ufam.edu.br

³ Graduanda em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Email: nathaliacostaecosta@gmail.com

⁴ Graduando em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Email: angelo_santiagog827@hotmail.com



granulometric analysis and gravimetric humidity and infiltration and penetration tests) and the treatment of samples in laboratory (granulometry, gravimetric humidity, soil and particle density, total porosity) following the procedures of EMBRAPA (1997). The results show that the collection area will be characterized by having a soil texture ranging from sandy clay to very clayey, with average percentages of sand (27.85%), silt (9.15%) and clay (58.80%). The average infiltration rate was 2.09 mm/min and the average penetration resistance was 1.65 MPa. These data corroborate the results of D_p (particle density), D_s (soil density) and PT (total porosity). It is noteworthy that soil compaction is related to its granulometric composition and textural class, i.e., that the high clay fraction will influence these processes. In this sense, the importance of physical characterization and morphological analysis of the soil is highlighted, because through them it is possible to classify the type of soil in the study area.

Keywords: Soil; Infiltration; Penetration; Density.

INTRODUÇÃO

Historicamente, o homem primitivo via no solo a possibilidade de usá-lo para confeccionar objetos de cerâmica, tinta para as suas pinturas, uma terra que permitia a sua locomoção e servia para plantação (LEPSCH, 2010).

Geograficamente, as primeiras civilizações antigas surgiram em regiões cercadas por desertos (locais semiáridos), contendo um rio principal que adquiriu a figura de oásis (uma área no deserto que possui solo fértil e cobertura vegetal). A Mesopotâmia foi uma dessas civilizações, cresceu entorno do rio Tigre e Eufrates (LEPSCH, 2010).

Vai ser a partir da fixação de aglomerados humanos em diversos lugares que o solo vai passar a ser estudado com mais atenção. Saindo do nomadismo para o sedentarismo e com o aumento populacional, a implementação de novas técnicas agrícolas e de irrigação do solo vão surgir a fim de atender as necessidades desses agrupamentos humanos. A crescente do conhecimento científico a partir do século XIX, vai permitir a incorporação de saberes de outras ciências na análise do solo, bem como da física, química e biologia. No entanto, vai ser a partir de Visilli Dokouchaev (1846 – 1903) que teremos o estabelecimento das bases da pedologia (LEPSCH, 2010).

Sendo assim, o solo, para o pedólogo é “uma coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e resulta da ação do clima e de organismos sobre um material de origem, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo” (LEPSCH, 2010, p. 19).

Para a EMBRAPA (2018), o solo vai se caracterizar por ser um sistema aberto que sofre influência de fluxos de matéria e energia e sua formação é dada através da interação de fatores do ambiente no decorrer do tempo. Com isso, ele é capaz de evoluir, se desenvolver e se formar continuamente.

Outro conceito importante de solo é o do Soil Survey Staff (2010), segundo o qual o solo é um corpo natural que possui fases sólidas, líquidas e gasosas, que está presente na superfície terrestre e que se difere do material de origem a partir dos horizontes e das camadas, que são resultados da adição, perda, transferência e transformação de energia e matéria.

Integrada a análise geográfica, nesse artigo objetivou-se apresentar uma caracterização física do solo de um fragmento florestal presente na Universidade Federal do Amazonas – Campus Senador Arthur Virgílio Filho. Com isso, serão apresentadas as etapas do trabalho que foi feito em campo e dos resultados obtidos em laboratório.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo situa-se no campus da Universidade Federal do Amazonas (**Figura 1**), em Manaus. O mesmo fica localizado na zona leste da capital, no bairro do Coroado 1. O local da instituição é conhecido por ser uma Área de Proteção Ambiental (APA), e por ser o maior fragmento florestal em zona urbana do país. Segundo Calixto *et al.* (2019) a área que abrange o campus universitário compreende cerca de 6,7 milhões de metros quadrados e conta com um perímetro de 16,9 quilômetros de terreno.

A coleta das amostras do solo foi realizada no setor norte do campus, sob latitude $3^{\circ}05'28.42''S$ e longitude $59^{\circ}57'53.20''O$, representada pelo ponto no mapa, conforme (**Figura 1**).

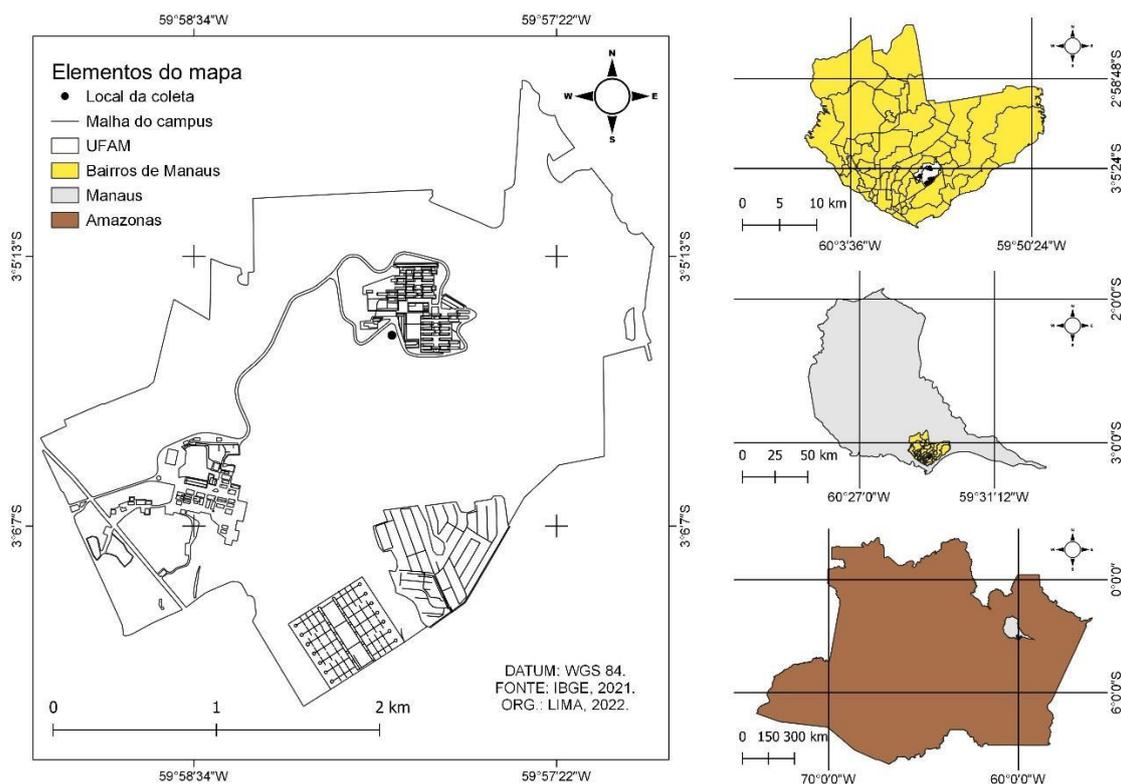


Figura 1: Mapa de Localização do Campus Universitário da UFAM, Manaus-AM.
Fonte: IBGE, 2021. Org.: Os autores, 2022.

Um estudo desenvolvido por Santiago *et al.* (2018) vai caracterizar o solo do campus em três tipos, Latossolo amarelo-distrófico, sendo aquele que abrange a maior parte do campus, Argissolo amarelo-distrófico, tendo a segunda maior predominância e o Neossolo quartzarênico-distrófico, com a menor área.

Em campo

O trabalho de campo foi marcado pela coleta das amostras de solo e de umidade através do trado, caracterização da textura das amostras por toque e classificação da cor através da *Munsell Soil Color Chart*, assim como a realização de testes de infiltração com o infiltrômetro de *Hills* e verificação de resistência à penetração do solo com o auxílio do penetrômetro de impacto.

Coleta de amostras de solo para análise granulométrica e da umidade antecedente

Para esta etapa, foram utilizados o Trado Holandês com caçamba de 20 cm, faca de aço, sacola plástica para armazenamento das amostras, papel vegetal para identificação das amostras, lápis e marcador permanente. Para isso, o trado foi colocado em posição vertical e girando-o no sentido horário até que se conseguisse perfurar o solo, obteve-se então as amostras.

Toda a amostra foi utilizada na primeira coleta, sendo que os 10 cm da parte de cima da caçamba corresponderam a primeira amostra (0-10 cm) e o que estava na parte inferior confere-se a segunda amostra (10-20 cm). A partir da segunda tratagem, somente a porção inferior da caçamba era armazenada no saco e o restante descartado. Ainda neste processo, por meio do toque e a exemplo de classificação, foi possível identificar a textura das amostras coletadas do solo (arenoso, argiloso e etc.), e com ajuda da tabela de cores foi possível verificar as cores do solo.

Neste procedimento, foram coletadas um total de 10 amostras, em intervalos de 10 em 10 cm, das quais foram submetidas à secagem ao ar, com o intuito de se obter a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) (EMBRAPA, 1997). Depois de secas, elas foram submetidas a técnicas e análises em laboratório, através dos procedimentos técnicos da EMBRAPA (1997) que incluem a desagregação, dispersão química e mecânica, pipetagem, análise granulométrica, densidade de partículas (real), do solo (aparente) e porosidade total.

Teste de Infiltração

O processo de infiltração é caracterizado pela entrada de água no solo. Para deixar claro esse processo e com o intuito de não se confundir com o termo percolação, será utilizada a definição de Silveira, Louzada e Beltrame (1993, p. 335), onde estes afirmam que “a infiltração é a passagem de água da superfície para o interior do solo.” Levando isso em consideração, o teste de infiltração foi realizado com o auxílio das ferramentas: infiltrômetro de *Hills*, para a realização dos testes; marreta, para fixar o infiltrômetro; galão de água de 20 litros, régua de 15cm, para medição e leitura do decréscimo de água dentro do infiltrômetro e de um cronômetro, para monitorar o intervalo que a água estava infiltrando. Os testes seguiram a metodologia proposta por Guerra (2015), onde o mesmo sugere que com o auxílio de um martelo ou uma marreta se fixa o infiltrômetro a 5 cm no solo. Com ele já instalado, colocou-se a régua para leitura da altura da água infiltrada e prendeu-a com a ajuda de um prendedor, a partir disso, encheu-se o infiltrômetro com água até o limite de 10cm e marcou-se o tempo que a água infiltrava no solo. Foi possível anotar o nível de decréscimo da água a cada 1 minuto até a água acumulada, por no mínimo 20 minutos e após esse tempo, desde que ocorresse repetição consecutiva das taxas de infiltração.

Penetrômetro de Impacto

Através do penetrômetro é possível identificar o grau de compactação e a resistência do solo à penetração. Para isso, ele foi colocado em posição vertical sem provocar a penetração



da haste no solo, em seguida, o peso foi colocado numa altura de 50 cm de onde era lançado e, a partir disso, pôde-se começar as batidas. Esse equipamento possui linhas com intervalo de 5cm e durante o teste foi anotado o número de batidas necessárias para completar cada intervalo, até o limite de 50 cm de profundidade.

Em Laboratório

Os dados coletados de infiltração e penetração, juntamente com as amostras de solo, foram analisados em laboratório. As amostras de solo seguiram várias etapas, tais como: secagem, desagregação do solo, obtenção da TFSA, quarteamento, dispersão, pipetagem, densidade solo, densidade de partículas e porosidade total.

Desagregação do Solo

Depois de secas, as amostras passaram pelo processo de destorroamento que consiste na desagregação das amostras do solo usando um rolo sobre a amostra em uma superfície de borracha. Após serem desagregadas, foram peneiradas na Tâmis com malha de 2 mm para separação de grânulos mais grosseiros e raízes que continham nas amostras (TFSA). Em seguida, elas passaram pelo processo de quarteamento de grãos, para isso, foi utilizado um Quarteador de Câmara Tipo Jones para obtenção de cerca de 20g de amostra.

Dispersão

Neste processo, foi colocada 20g de cada amostra no béquer de 250ml e com o auxílio de uma pipeta foi adicionado 10 ml de dispersante de hidróxido de sódio (NaOH) e 100ml de água destilada. Após inserir todos esses elementos, o material foi misturado com um bastão de vidro por cerca de um minuto, posteriormente a solução foi tampada e ficou em inércia por 24 horas.

Pipetagem e Análise Granulométrica

Esta etapa foi baseada no procedimento estabelecido pela EMBRAPA (1997), que tem a finalidade de separar silte, argila e areia. Para isso foi utilizado um agitador mecânico, proveta de 1000 ml, funil, peneira de 0,062 mm e pisseta com água destilada. Finalizando o período de repouso das amostras, o material foi transferido para o copo do agitador e submetido ao processo de agitação mecânica por 10 minutos.

Passado esse tempo, a amostra agitada é despejada na peneira a qual está disposta sobre o funil e este sobre uma proveta de 1000 ml e com a ajuda de um pisceta é feita a “lavagem da

amostra” e com isso ocorre a separação dos finos (argila e silte) dos grosseiros (areias). Com a ajuda da pisceta, faz-se contínua lavagem da amostra até alcançar a marca de 1000ml. O material mais grosseiro que ficou retido na peneira é transferido para o béquer (de peso conhecido) e armazenado na estufa a 105°C até que fique totalmente seco.

O peso da areia foi obtido através da fórmula:

$$PA = BCA - BSA \quad (1)$$

Onde :

PA, refere-se ao peso da areia (g);

BCA, é o peso do béquer com amostra;

BSA, peso do béquer sem a amostra.

Após transferidos para a proveta, o silte e a argila foram agitados durante 20 segundos com um bastão e foi verificada a temperatura da amostra com a ajuda de um termômetro. Verificada a temperatura, marca-se o tempo correspondente para realizar a pipetagem. Isso foi realizado de acordo com a lei de Stockes (o procedimento para medir a temperatura das amostras), pois é a partir dela que é definido o tempo que levará para a argila ficar em suspensão e o silte decantar. As amostras ficam então em repouso pelo tempo correspondente à temperatura aferida e no tempo determinado faz-se a pipetagem. São coletados 20 ml de amostra dispersa na proveta com o auxílio de uma pipeta que é colocada a apenas 5 cm de profundidade dentro da proveta. O material coletado é transferido para os béqueres de 25 ml (identificado de acordo com cada amostra e de peso conhecido) e colocado na estufa durante 24 horas a temperatura de 105°C. Depois de secos, os béqueres foram pesados e os valores obtidos foram subtraídos com o peso do béquer vazio para obter o peso da argila contida em 20ml de solução, através da seguinte fórmula:

$$PAr = BCA - BSA \quad (2)$$

Onde:

PAr, refere-se ao peso da argila (g);

BCA, é o peso do béquer com a amostra;

BSA, é o peso do béquer sem a amostra.

O resultado obtido desse cálculo é novamente subtraído por 0,008 que corresponde ao peso do dispersante, que enfim obtêm-se o peso da argila. Importante destacar que o peso da



argila obtido, refere-se apenas ao volume de 20 ml coletado na pipetagem. Assim, para obter o peso real da argila relativo aos 20 g é necessário multiplicar o resultado por 50.

Ressalta-se que a porcentagem do silte é obtida pela diferença entre o peso total da amostra, subtraído os pesos da argila e da areia, logo:

$$\text{Silte} = 20 \text{ g} - \text{Argila} - \text{Areia}$$

Por fim, as amostras de areia colocadas sobre o conjunto de peneiras com os seguintes intervalos de malhas: 1 mm, 0,500 mm, 0,250 mm, 0,125 mm, o que corresponde às frações de areias retidas nesses intervalos como sendo, respectivamente, areia muito grossa, areia grossa, areia média e areia fina. Soma-se a estes intervalos a areia que passou pela malha de 0,125 mm, que corresponde a areia muito fina. Esse processo de separação se dá pelo uso do agitador de peneiras, que agita esse conjunto por 5 minutos. Pesou-se as amostras e separou-as cada uma individualmente em sacos plásticos que continham a identificação das amostras e do diâmetro da Tâmis. As fórmulas a seguir foram utilizadas para obter os valores de frequência simples e acumulada dos grânulos:

$$a) \text{ Frequência simples} = \frac{\text{Peso dos grânulos individuais (g)}}{\text{Soma total do peso dos grânulos (g)}} \times 100$$

$$b) \text{ Frequência acumulada} = \frac{\text{Frequência simples da primeira pesagem}}{\text{Frequência simples da segunda pesagem}}$$

Densidade de partículas (real)

Para obtenção da densidade de partículas, utilizou-se do método da EMBRAPA (1997), que consiste em pesar 20g de solo em um béquer de 250ml de peso conhecido. Após isso, com a ajuda de um funil o conteúdo é transferido para o balão volumétrico de 50 ml. Adiona-se 20 ml de álcool etílico na bureta até que a amostra contida na parte inferior fique totalmente molhada, após isso a amostra é agitada manualmente para eliminar as bolhas de ar que se formam. É dado prosseguimento até o álcool atingir a marca de 50 ml do balão. Anota-se a quantidade de álcool gasto. A realização do cálculo se deu através da fórmula:

$$Dp = \frac{MSS}{(50-VAG)} \quad Dp = \frac{MSS}{(50-VAG)} \quad (3)$$

Onde:

Dp, é a densidade de partículas em g/cm³;

Mss, é a massa do solo seca;

Vag, é o volume do álcool gasto.

Densidade do solo (aparente)

Baeado no método da EMBRAPA (1997) utiliza-se o balão volumétrico de 50ml pesado com e sem a amostra na balança de precisão. Cada amostra é individualmente inserida no balão até atingir 50 ml. As etapas de pesagem do balão com e sem a amostra são registradas para se obter a densidade do solo com a seguinte fórmula:

$$Da = \frac{MSS}{V} Da = \frac{MSS}{V} \quad (4)$$

Onde:

Da, igual a densidade aparente em g/cm³;

MSS, é o peso da amostra seca;

V, é o volume do balão que é igual a 50.

Amostra de umidade

Segunda a EMBRAPA (1997), existem dois métodos de se calcular a umidade do solo, a primeira através do método gravimétrico e a segunda por meio do método volumétrico. A análise desta amostra se deu através do gravimétrico e foi obtida pela fórmula:

$$Ug - 100 (a - b) / b \quad (5)$$

Onde:

Ug = Umidade gravimétrica;

A, corresponde a amostra úmida;

B, é a amostra seca.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

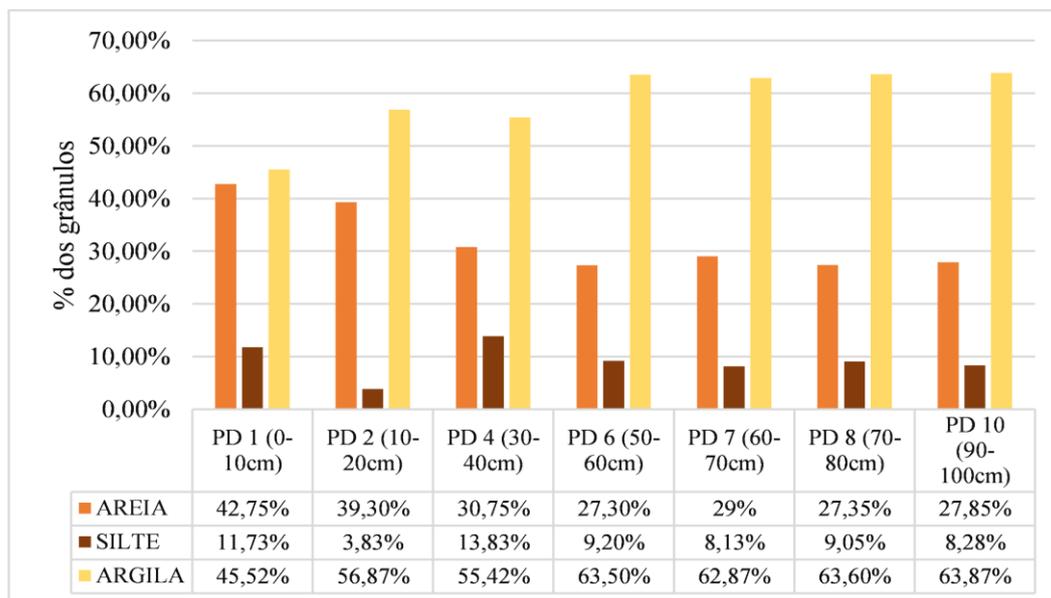
Análise Granulométrica

A análise granulométrica permite identificar a quantidade de areia, silte e argila que há em uma amostra de solo. Nas amostras coletadas, percebe-se uma predominância de percentuais de argila em todas as amostras, sendo a primeira aquela que vai ter o menor proporção, pois nela também há uma grande concentração de areia (**Gráfico 1**). Nesse sentido, a quantidade de areia diminuiu conforme a profundidade ao passo que a de argila aumentou.

Houve variações significativas entre as frações de silte. Sendo a PD1 4.2 com menor percentual dentre as 7 amostras, enquanto as demais apresentam variação de 11,73% a 8,28% desse elemento. Vale destacar, que do total de 10 amostras coletadas, somente 7 foram feitas

análises granulométricas, visto que as amostras 3, 5 e 9, correspondem aos mesmos resultados das amostras imediatamente anteriores a estas, fato este constatado ainda em campo.

Gráfico 1. Granulometria das amostras de solo



Fonte: Dados obtidos em laboratório. Org.: Os autores, 2022.

Ainda se tratando da análise granulométrica, o **Quadro 1** mostra a quantidade de amostras no solo em g/kg. Um dos resultados mais expressivos se encontra na fração de argila e areia, à medida que a profundidade do solo aumentou, a quantidade de areia presente nas diferentes camadas do solo decaiu, enquanto a argila aumentou e o silte sofreu variações. As características observadas em campo e nos resultados da análise em laboratório evidência que as amostras de solo coletadas se caracterizam por constituir o Latossolo, nesse sentido, a EMBRAPA (2006, p. 82) vai afirmar que para os Latossolos “os teores de fração de argila no *solum* aumentam conforme a profundidade, ou permanecem constantes ao longo do perfil”.

Quadro 1. Granulometria das Amostras em g/kg.

Amostra	Prof. (cm)	Argila	Silte	Areia total	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina
		-----g/kg-----			-----g/kg-----				
PD1 4.1	0-10cm	95,5	19,5	85,5	3,9	21,6	30,4	22,5	4,7
PD1 4.2	10-20cm	117,7	3,7	78	3	21	27,3	20,8	4,8
PD1 4.4	30-40cm	114,8	23,7	61,5	2,4	12,6	21,8	18,8	5,1
PD1 4.6	50-60cm	131	14,4	54,6	3,2	13,3	17,6	15,3	4,6
PD1 4.7	60-70cm	129,7	12,3	58	4,4	16,2	18,1	14,7	4,5
PD1 4.8	70-80cm	131,2	14,1	54,7	3,5	13,6	17,7	15,1	4,7
PD1 4.10	90-100cm	131,7	12,3	55,7	4	14,6	18,5	15,1	3,9

Fonte: Dados obtidos em laboratório. Org.: Os autores, 2022.

encaixarem na classe muito argilosa (**Figura 2**), pois vão apresentar maior percentual de argila se comparada às outras amostras.

Tabela 1. Cor, profundidade e perfil solo.

Prof (cm)	Perfil	Cor
0-10 cm	A	10YR 4/2 (Bruno-acinzentado-escuro)
10-20 cm	AB	10 YR 5/3 (Bruno)
20-30 cm	AB	10 YR 5/4 (Bruno-amarelado)
30-40 cm	AB	10 YR 5/4 (Bruno-amarelado)
40-50 cm	AB	10 YR 5/4 (Bruno-amarelado)
50-60 cm	BA	7.5 YR 6/4 (Bruno-claro)
60-70 cm	BA	7.5 YR 7/6 (Amarelo-avermelhado)
70-80 cm	B	10 YR 7/6 (Amarelo)
80-90 cm	B	10 YR 7/6 (Amarelo)
90-100 cm	B	10 YR 7/6 (Amarelo)

Fonte: Dados da coleta em campo. Org.: Os autores, 2022.

A classificação do solo possibilitou identificar a existência dos horizontes A, AB, BA e B (**Tabela 1**). Ainda em campo foi possível observar que nos horizontes A e AB havia uma predominância de raízes, carvão e areia, a presença desta última já não era tão expressiva no tato a partir da amostra a 0,4m de profundidade (PD1 4.4). Nos horizontes seguintes foi possível observar a mudança mais forte de coloração até chegar ao horizonte B.

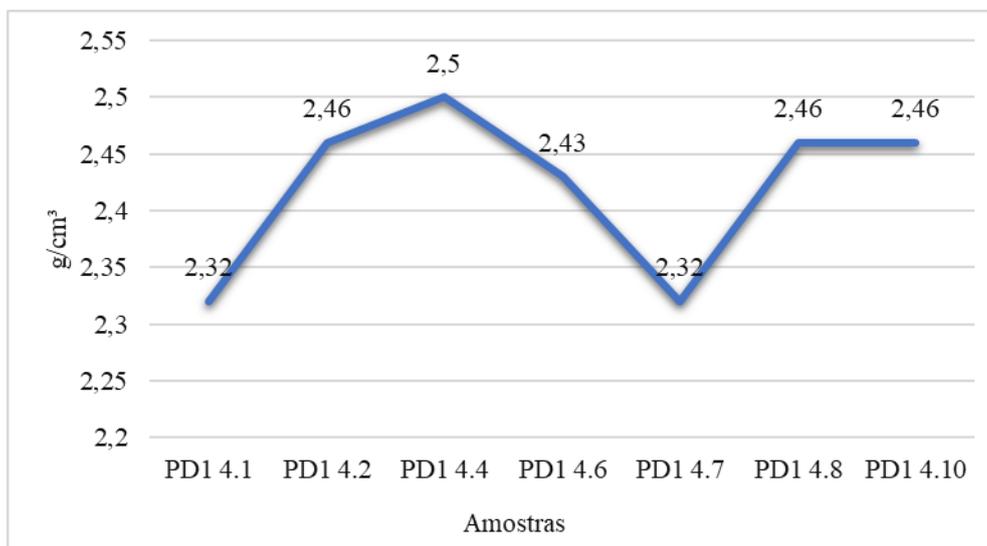
As características observadas permitem classificar esse solo como um Latossolo Amarelo, pois “eles são definidos pelo horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer horizonte diagnóstico superficial” (EMBRAPA, 2006, p, 82). Conforme destaca Lepsh (2011, p. 547) em que “os perfis de Latossolos considerados mais típicos apresentam horizontes A pouco espesso e com transição difusa para um B latossólico muito espesso, com consistência muito friável, alta porosidade e colorações que variam de avermelhadas a amareladas”.

Densidade de partículas

A densidade de partícula é entendida como uma das propriedades físicas do solo, considera a medição das densidades orgânicas ou minerais encontrados no solo, dessa forma, o volume é toda a matéria sólida ocupante no solo, embora seja desconsiderando o da porosidade, haja vista que possa ser afetada devido algumas frações de poros inclusos nos minerais ou em nódulos. De acordo com Lepsch (2011, p. 226) “a densidade de partículas corresponde à massa

por unidade de volume de uma amostra de solo seco ou, melhor, à medida da densidade de todas as partículas do solo, sem considerar os espaços porosos”.

Gráfico 2. Densidade de partículas.



Fonte: Dados tratados em laboratório. Org.: Os autores, 2022

Conforme representado (**Gráfico 2**) as amostras possuem densidade de partícula acima de 2,3g/cm³. Neste sentido há pouca concentração de componentes orgânicos, bem como no baixo teor de óxido de ferro, pois os valores da densidade de partículas estão relacionados com o tipo e quantidade de componentes minerais e orgânicos. De acordo com Lepsch (2011. p. 227) "em horizontes orgânicos é menor que 0,9g/cm³, em horizontes minerais, com altos teores de óxido de ferro, costuma estar em torno de 3,0 g/cm³, em solos minerais e com baixo teor em óxidos de ferro, os valores giram em torno de 2,6 g/cm³".

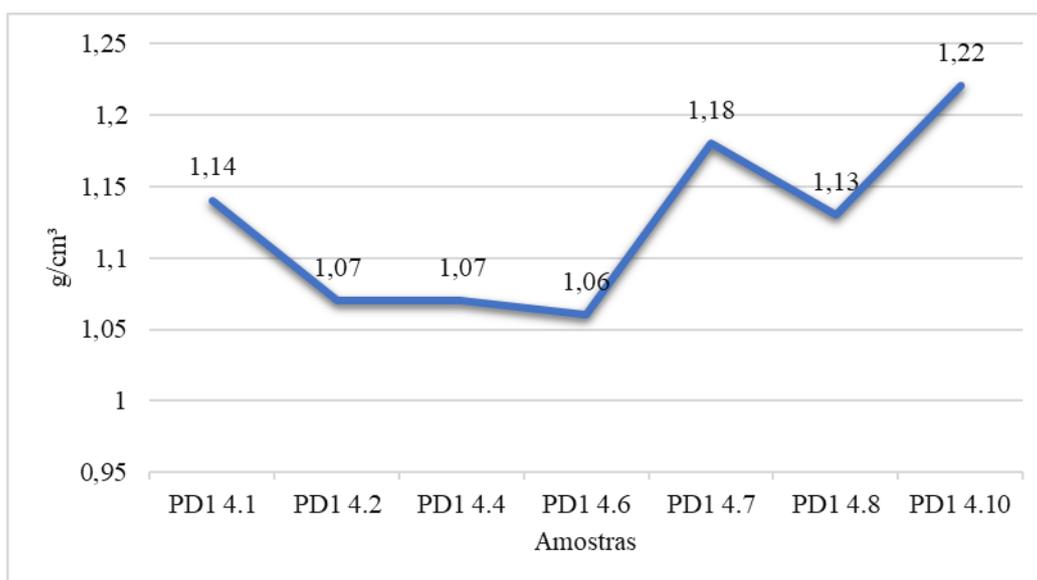
Dessa forma, as amostras PD1 4.1 e PD1 4.7, classificadas como solo argissolo, compreende um valor de 2,3 g/cm³, embora apresentem profundidades diferentes, podem ser explicados devido a frações de poros, ao teor de matéria orgânica, à menor agregação. As amostras PD1 4.8 e PD1 4.10, por outro lado, possuem valores altos devido a redução de teores de matéria orgânica. No geral as amostras foram encontradas em valores que variam de 2,3g/cm³ a 2,5g/cm³ entendidos como solos minerais e com baixo óxido férrico, assim é representado pelas as amostras, PD1 4.2, PD1 4.4 e PD1 4.6, revelam nuances entre 2,4g/cm³ 2,5g/cm³ e 2, 43g/cm³.

Densidade do solo (aparente)

A densidade do solo, ou como também é chamada, densidade aparente ou densidade global, é uma propriedade física bastante utilizada para analisar sua estrutura. A densidade reflete na forma que as partículas estão dispostas, ou seja, sua estrutura. De acordo com Lepsch (2011, p. 227) “a densidade do solo baseia-se no volume ao natural (tal como o horizonte do solo que se encontra na natureza); portanto, leva em conta os poros (que podem estar ocupados pelas outras frações : ar e/ou água)”.

Pode-se observar no **Gráfico 3** que houve uma baixa na DS entre as amostras PD1 4.1 e PD1 4.7, pode-se relacionar esse fator a questão da densidade do solo ser inversa a porosidade total, como mostra o gráfico 4. É notório que na última amostra (PD1 4.10) a DS chegou a 1,22 g/cm³, isso ocorre por ser um solo de um nível de compactação mais elevado. Segundo Kiehl (1979 *apud* Magalhães, Cunha e Nóbrega, 2015, p. 3) “o aumento da densidade do solo, em profundidade, tende a ocorrer porque pressões exercidas pelas camadas superiores provocam a compactação do solo, reduzindo a sua porosidade total”. Com isso, pode-se afirmar que quanto mais elevada a DS, maior é sua compactação e menor sua porosidade. Conforme Klein (2005 *apud* Cunha, Longo e Mendes, 2015, p. 3) “os menores valores observados para os solos argilosos podem ser decorrentes da microagregação das partículas de argila que aumenta a porosidade intra-agregado, diminuindo a densidade.”

Gráfico 3. Densidade do solo

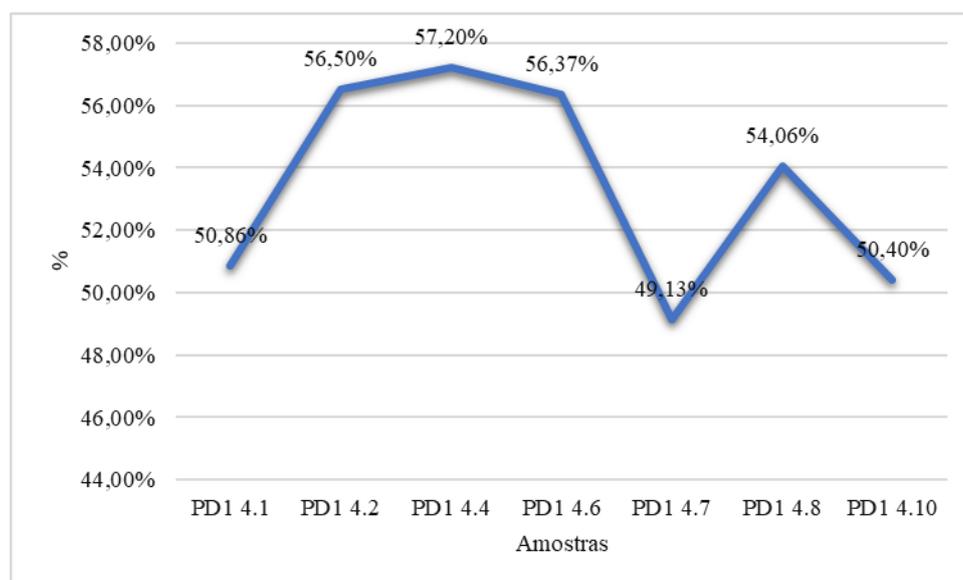


Fonte: Dados obtidos em laboratório. Org.: Os autores, 2022

Porosidade total

A Porosidade Total (PT) busca trazer resultados das porcentagens de poros existentes no solo, conforme a Teixeira *et al.* (2017, p. 84) “a porosidade total do solo é a fração do volume total em um determinado volume de solo passível de ser ocupado por água e/ou ar. O conhecimento da porosidade total é importante para se entender o movimento e a retenção de água, ar e solutos no solo, entre outros aspectos”.

Gráfico 4. Porosidade total.



Fonte: Dados obtidos em laboratório. Org.: Os autores, 2022.

Na análise do gráfico 4 foi possível observar que as porcentagens da PT das 7 amostras postas em análise, variam entre 50,86% e 57,20%. Vale ressaltar que quanto maior a DS, menor a PT. Segundo Guerra (2015, p. 160) “a porosidade está relacionada de maneira inversa com a densidade aparente, ou seja, à medida que a densidade aparente aumenta, a porosidade diminui e como consequência, ocorre a redução de infiltração de água no solo.” Com base nisto, é importante comparar o gráfico de porosidade total com o gráfico de densidade do solo.

É notório que na primeira amostra a porosidade foi relativamente baixa comparada com o resultado das amostras subsequentes, isso ocorre, pois, a primeira amostra apresenta uma quantidade significativa de macroporos deixando a água escapar para os horizontes mais profundos.

Nas amostras PD1 4.2, PD1 4.4 e PD1 4.6 é possível observar uma porcentagem significativa da PT que varia entre 56,50% e 57,20%. De acordo com Magalhães, Cunha e Nóbrega (2015, p. 3) “o tamanho e a disposição dos espaços porosos têm influência direta na velocidade da infiltração da água nos solos e que esse movimento da água é realizado pelas



forças de gravidade e capilaridade”. Com base nesta afirmação, razão desse aumento na PT é ocasionado pelo fator em que a profundidade em que a amostra foi retirada atingiu um solo em que a presença de microporos é significativa, sendo assim, a característica deste solo é formada por reter água com o auxílio desses microporos, facilitando o desenvolvimento de plantas.

É notória uma baixa nas porcentagens da PT das últimas amostras que variam entre 49,13% e 54,06%, isso ocorre quando o solo sofre uma pressão dos horizontes superiores e se compacta, diminuindo assim a quantidade de poros limitando a passagem da água.

Infiltrômetro

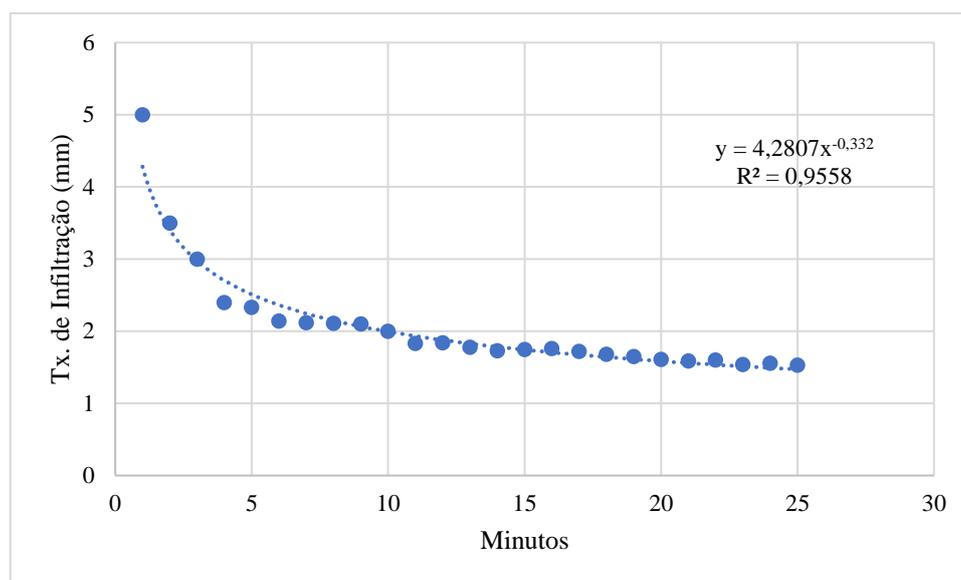
O teste de infiltração é um método que possibilita medir as taxas de entrada de água no solo. O processo de infiltração é importante para saber sobre a conservação do solo, compactação, sistema de irrigação e drenagem.

Com uma altura inicial da régua marcando 9,5cm, e anotações sendo feitas em cada minuto passado, pode-se calcular a quantidade de água infiltrada, volume acumulado total e taxa de infiltração do solo, em que:

Quantidade de água infiltrada: representa o volume de água (mm) infiltrada a cada minuto passado.

Volume acumulado total: representa a soma do volume de água (mm) infiltrada junto com os minutos passados respectivamente.

Taxa de infiltração do solo: representa a divisão entre o volume acumulado pela quantidade de minutos passados, respectivamente. Nesse sentido e de acordo com o (**Gráfico 5**), o teste realizado neste solo teve como média 2,09 mm/min de água infiltrada, sendo que, no primeiro minuto obteve-se o maior nível de água infiltrada, com 5 mm/min e o menor valor da taxa foi registrado já passados 28 minutos do teste, com 1,53 mm/min. Ressalta-se também que esse volume de água infiltrada se dá em virtude de os primeiros centímetros do solo corresponderem ao horizonte A, embora seja uma camada mineral próxima da superfície, apresenta acúmulo de matéria orgânica em decomposição (LEPSCH, 2011).

Gráfico 5: Taxa de infiltração da água no solo.

Fonte: Dados da coleta em campo. Org.: Os autores, 2022.

Além disso, o solo pode ter sofrido a influência de uma forte chuva que ocorreu na noite anterior a coleta dos dados em campo, que de acordo com o INMET, choveu entre 15:00 do dia 18/03 e 10:00 do dia 19/03 um volume acumulado de 11,6 mm na região. Este é um fator importante no que diz respeito a infiltração de água no solo, pois um solo com presença de água vai influenciar diretamente nas taxas de infiltração. Portanto, uma das razões para a baixa taxa de infiltração, além do fator textural, se deu por conta de o solo já conter uma pequena parte de água acumulada em seus poros devido a chuva que atingiu o local. A umidade existente nos poros do solo no momento do teste de infiltração representava cerca 53% (**Tabela 2**), constituindo aí um fator retardador da velocidade de entrada da água no solo.

Tabela 2. Umidade do solo.

Peso do béquer	Peso da amostra úmida no béquer	Peso da amostra seca	Peso da amostra úmida	Peso da amostra seca	Porcentagem de umidade
125,86g	220,82	187,90g	94,96g	32,04g	53,00%

Fonte: Coleta da amostra em campo. Org.: Os autores, 2022.

A porcentagem de umidade vai corresponder ao percentual de água acumulado que estava presente no solo no dia da coleta (**Tabela 2**), relaciona-se também com a dificuldade de infiltração de água no solo, pois o mesmo já se encontrava com algum volume acumulado em seu interior devido a precipitação que ocorreu no dia.

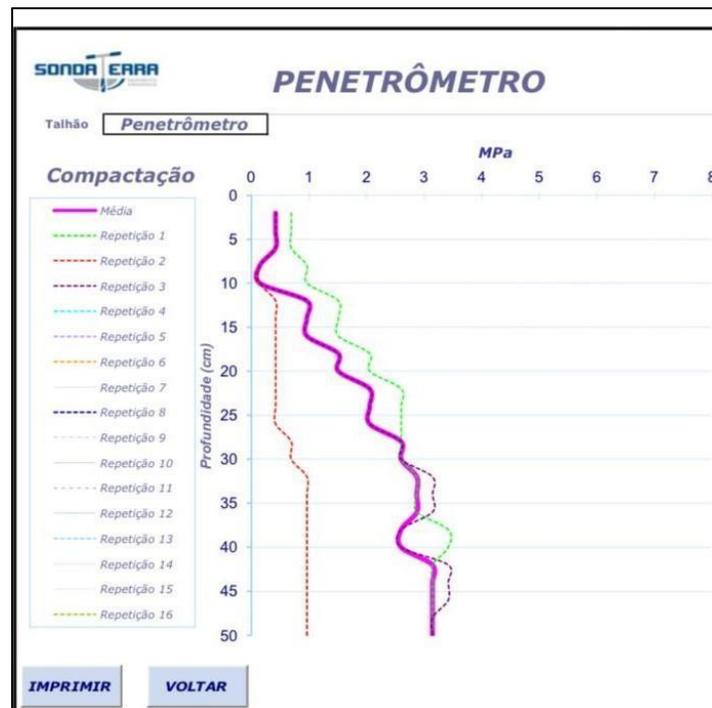


Penetrômetro

O teste do penetrômetro permitiu analisar a resistência do solo à penetração. A **Figura 3** mostra o resultado dos testes realizados em 3 pontos distintos, próximos de onde foram realizadas as coletas das amostras.

O penetrômetro apresentou uma média de 1,92 Mpa, os menores valores de mega pascal identificados foram nos pontos 2 e 3, ambos com profundidade de 0-5 cm e com 0,15 Mpa, em contrapartida, os maiores valores apresentados se encontram no ponto 1 (35-40 cm de profundidade) e 3 (40-45 cm de profundidade), com 3,42 Mpa, respectivamente. Com isso, percebe-se que a linha de tendência possui algumas ondulações, principalmente no ponto 2, onde a resistência se mostra baixa em relação aos outros dois pontos, pois os mesmos apresentaram uma resistência maior de penetração depois dos 20 cm de profundidade. Em termos práticos, isso significa que a superfície do solo até 20 cm de profundidade possui uma maior capacidade de infiltração da água no solo e menor resistência à penetração, ao passo que de 20 a 50 cm o nível de compactação do solo aumenta de forma considerável, sendo que após essa profundidade a taxa de infiltração diminui.

A compactação do solo também está associada a sua composição, uma vez que os solo argilosos possuem uma taxa de infiltração baixa, pois caracterizam-se pela dificuldade de percolação da água por ter uma maior quantidade de argila. Como será visto na análise granulométrica, o solo estudado é composto principalmente de argila, o que lhe confere uma maior resistência à penetração.

Figura 3: Resultado do Teste de Penetrômetro nos pontos de coleta

Fonte: Dados da coleta em campo. Org.: Os autores, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teste de infiltrômetro e penetrômetro mostraram que a taxa de infiltração e compactação do solo estão associados a sua classe textural e composição granulométrica. Além de possuir um grau de compactação maior por ser um solo argiloso, a umidade presente no solo foi um fator retardatário no processo de infiltração da água no solo.

A densidade do solo se mostrou com o que a literatura propõe, isto é, existe uma correlação inversa entre ela e a porosidade total. Nesse sentido, foi possível identificar essa relação inversa em todas as amostras analisadas. Além disso, a densidade das partículas diminuiu conforme aumentou a profundidade, quando isso acontece há uma diminuição de material orgânico e mineral do solo.

Os resultados obtidos nesse artigo vão de encontro com as características do Latossolo Amarelo, sendo este o de maior predominância no campus universitário.

REFERÊNCIAS

- CALIXTO, I.M.B.; RODRIGUES, C.H.M.; OLIVEIRA, G.H.F.; RIBEIRO, M.C.; FARIAS, R.A. Gestão Ambiental e zoneamento de áreas adjacentes do Campus Universitária da UFAM. *Perspectivas Online: Exatas & Engenharia*, v. 09, n. 25, p. 77 - 88, 2019. DOI: 10.25242/885X92520191406.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: *In: Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos*. GUERRA, A. J. T e CUNHA, S. B. (Org). 13 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015, p. 472.
- CUNHA, J. C. M.; LONGO, R. M.; MENDES, D. R. Análise dos atributos físicos do solo no remanescente florestal Mata de Santa Genebra, Campinas SP como indicadores de degradação ambiental em áreas de borda. In: *IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2013, Salvador*. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/VI-071.pdf>. Acesso em : 20/04/2022.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 20/04/2022.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf. Acesso em: 19/04/2022.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed., rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2018, p. 355. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 20/04/2022.
- GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: *Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos*. GUERRA, A. J. T e CUNHA, S. B. (Org). 13 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015, p. 472.
- LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. 2º ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2010, p. 216.
- LEPSCH, I. F. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, p. 793.
- MAGALHÃES, V. L.; CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T. Análise do sistema poroso e hídrico de uma vertente constituída por “Latossolo/Nitossolo”. *Perspectiva Geográfica*, v. 10, n. 12, 2015. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/ANÁLISE-DO-SISTEMA-POROSO-E-HÍDRICO-DE-UMA-VERTENTE-Magalhães-Cunha/f6e855f0c9295fd1234ad9c0d8b25124e1015cf0>. Acesso: 15/04/2022.
- SANTIAGO, J. L., OLIVEIRA, F. A., SILVA, S.C.P. & FRAXE, T.J.P. Levantamento dos Aspectos Ambientais no Campus Universitário da Universidade Federal do Amazonas (UFAM): um enfoque sobre o uso e ocupação do solo com vistas à gestão ambiental. *Revista Terceira Margem Amazônia*, v.3, n.10, p. 100-120, 2018. Disponível em: https://www.academia.edu/37627693/LEVANTAMENTO_DOS_ASPECTOS_AMBIENTAIS_NO_CAMPUS_UNIVERSITARIO_DA_UNIVERSIDADE_FEDERAL_DO_AMAZONAS_UFAM_UM_ENFOQUE_SOBRE_O_USO_E_OCUPAÇÃO_DO_SOLO_COM_VISTAS_A_GESTAO_AMBIENTAL. Acesso em: 16/04/2022.

SILVEIRA, A. L.; LOUZADA, J. A.; BELTRAME, L. F. Infiltração e armazenamento no solo. In: TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Ed.Universidade; ABRH, EDUSP, 1993, p. 943.

SOIL SURVEY STAFF. Keys to Soil Taxonomy. 11th ed. United State Departament of Agriculture. National Source Conservation Service, 2010, p. 346.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, cap. 9, p. 82-94, 2007. Disponível em : www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/990374/manual-de-metodos-de-analise-de-solo. Acesso em : 17/04/2022.

Submetido em 21/10/2022 - Aceito em 19/12/2022