

CARACTERIZAÇÃO E PECULIARIDADES DE UM PERFIL TÍPICO DE SOLO RESIDUAL DE BASALTO

Andressa de Oliveira¹
Nelci Helena Maia Gutierrez²
Guilherme Tsuyoshi Nonose³

Resumo: Este artigo objetiva evidenciar características geotécnicas, físicas, mineralógicas e porosimétricas de um solo argiloso resultante de basalto, sob condições tropicais, e suas variabilidades ao longo de um perfil, que podem interferir nos parâmetros dos solos, úteis na elaboração de projetos geotécnicos e controle de obras. As amostras, obtidas por meio de sondagens com SPT e abertura de um poço, foram submetidas a ensaios de caracterização geotécnica e física, mineralogia por DRX e porosimetria por intrusão de mercúrio. Na parte mais superficial do perfil, o predomínio de macroporos gerados pela estrutura microagregada de argila, pode explicar o comportamento mecânico e hidráulico apresentado e justificar os valores dos parâmetros geotécnicos, nem sempre condizentes para a classe dos solos finos.
Palavras-chave: Latossolo. Caracterização Geotécnica. Porosimetria. Solo Argiloso. Solo Tropical.

CHARACTERIZATION AND PECULIARITIES OF A TYPICAL BASALT RESIDUAL SOIL PROFILE

Abstract: This article aims to highlight the geotechnical, physical, mineralogical, and porosimetric characteristics and their variabilities along a clayey soil profile resulting from basalt under tropical conditions, which may influence soil parameters that are valuable in the development of geotechnical projects and construction control. The samples, obtained through Standard Penetration Test (SPT) drilling and excavation of a well, underwent geotechnical and physical characterization tests, X-ray diffraction (XRD) mineralogy analysis, and mercury intrusion porosimetry. In the uppermost part of the profile, the predominance of macropores generated by the micro-aggregated clay structure may explain the observed mechanical and hydraulic behavior and justify the values of geotechnical parameters, which may not always align with those expected for fine-grained soils.

Keywords: Latosol; Geotechnical Characterization. Porosimetry. Clayey Soil. Tropical Soil.

CARACTERIZACIÓN Y PECULIARIDADES DE UN PERFIL TÍPICO DE SUELO RESIDUAL DE BASALTO

¹ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil (DEC), Maringá (PR), Brasil, andressa.oliveira2301@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2038-0576>

² Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil (DEC), Maringá (PR), Brasil, nhmgutierrez@uem.br, <https://orcid.org/0000-0001-6094-4132>

³ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil (DEC), Maringá (PR), Brasil, gnonose@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4106-4257>

Resumen: Este artículo tiene como objetivo resaltar las características geotécnicas, físicas, mineralógicas y porosimétricas, así como sus variabilidades a lo largo de un perfil de suelo arcilloso, resultado de basalto bajo condiciones tropicales, que pueden interferir en los parámetros del suelo, útiles en la elaboración de proyectos geotécnicos y el control de obras. Las muestras, obtenidas mediante perforaciones con SPT y la excavación de un pozo, fueron sometidas a ensayos de caracterización geotécnica y física, análisis de mineralogía mediante DRX y porosimetría por intrusión de mercurio. En la parte más superficial del perfil, el predominio de macroporos generados por la estructura microagregada de arcilla puede explicar el comportamiento mecánico e hidráulico observado y justificar los valores de los parámetros geotécnicos, que no siempre son consistentes con la clase de suelos finos.

Palabras clave: Latosol. Caracterización geotécnica. Porosimetría. Suelo Arcilloso. Suelo Tropical.

Introdução

Em regiões tropicais e subtropicais, sob condições quentes e úmidas, desenvolvem-se materiais altamente intemperizados denominados solos lateríticos, formados pelo intemperismo e decomposição das rochas. Esta intemperização age de forma não uniforme em um perfil de solo, o que ocasiona uma variabilidade nas características mineralógicas, estruturais e geotécnicas. Tal variabilidade, por sua vez, pode interferir no comportamento mecânico e hidráulico deste solo, os quais devem ser considerados na elaboração de projetos geotécnicos e controle de obras.

Os solos lateríticos resultam de um intenso processo pedogenético, em que as modificações causadas nas rochas pelo intemperismo, além de serem químicas e mineralógicas, tornam-se sobretudo estruturais. Inicialmente, os minerais primários são transformados em minerais de argila, especialmente do grupo da caulinita, e então, com a perda final dos constituintes potencialmente móveis, principalmente sílica combinada e bases, os resíduos dos óxidos e hidróxidos se cristalizam (Al, Fe, Ti e Mn) (LEPSCH, 2011). Villibor et al. (2009) consideram que o enriquecimento do solo com óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio e a permanência da caulinita como argilomineral predominante são as características mais importantes dos solos lateríticos, e que lhes conferem uma peculiar coloração avermelhada ou amarelada.

Conforme Rahardjo et al. (2004), as propriedades físicas e geotécnicas dos solos residuais são função do seu grau de intemperismo físico e químico. Bogado, Reinert e Francisca (2019) sintetizam alguns efeitos do intemperismo físico e químico nos solos: (a) diminuição do tamanho das partículas e alterações na mineralogia (FOOKES 1997; RAHARDJO ET AL. 2004; ZHANG ET AL. 2017), (b) diminuição da resistência de cimentação entre as partículas (LEROUEIL; VAUGHAN, 1990), (c) aumento da porosidade e permeabilidade (SAMINGAN; LEONG; RAHARDJO, 2003; WESLEY, 2009, 2010), (d) perda de rigidez e massa específica aparente do solo (WESLEY, 2010; RAHARDJO ET AL. 2012; BLIGHT; LEONG, 2012), (e) alterações induzidas nas propriedades físicas e mecânicas do solo (CHARLES; LEUNG; LAU, 2004; PINEDA; COLMENARES; HOYOS, 2014; ROCCHI; COOP, 2015) e (f) alterações na estrutura do solo devido a ciclos de umidificação e secagem (GULLÀ; MANDAGLIO; MORACI, 2006; PINEDA; COLMENARES; HOYOS, 2014). E, ainda, redução da massa específica aparente e aumento da condutividade hidráulica do meio poroso (GIDIGASU, 2012; HUAT; TOLL; PRASAD, 2012; ROCCHI; COOP, 2015).

O estudo das características microestruturais, mineralógicas e químicas das partículas constituintes é primordial para o entendimento básico das características e propriedades geotécnicas de um solo desenvolvido, principalmente, em ambiente tropical (ZHANG ET AL., 2017; BENATTI; MIGUEL, 2013; OTALVARO ET AL., 2016).

O solo residual laterítico de basalto é considerado um dos grupos de solos mais amplamente distribuídos nos Trópicos. Estudos realizados contemplam Sul da China (TANG ET AL., 1992), Ilhas do Pacífico e do Caribe (PUSHPARAJAH; AMIN, 1977; TUNCER; LOHNES, 1977; LOHNES; DEMIREL, 1983; MOON; JAYAWARDANE, 2004), África e América do Sul (OSINUBI; NWAIWU, 2008; GUTIERREZ; NÓBREGA; VILAR, 2009). O conhecimento abrangente das características e propriedades do solo basáltico residual, do topo da rocha até a superfície completamente intemperizada, é requerido para a construção de fundações, ferrovias e contenções, dentre outras obras de engenharia civil (SUNIL; KRISHNAPPA, 2012; ZHANG ET AL., 2017).

Os solos saprolíticos, que correspondem ao material subjacente aos solos lateríticos e sobrepõem-se à rocha-mãe, são necessariamente residuais, sendo também chamados de residuais jovens. Já os solos lateríticos podem ser residuais ou

transportados, sendo diferenciados pelo processo de laterização ao qual foram submetidos, e são designados solos maduros (MELFI ET AL., 1985; BARROS; PINTO, 1997). A resistência à penetração em um perfil de solo saprolítico, por sua vez, pode ser bastante variável, em razão de o intemperismo ocorrer de forma variada, sendo mais intenso onde ocorrem os fluxos preferenciais de água. Assim, formam-se regiões de solo muito alterado e outras de pouca alteração, o que reflete diretamente no comportamento do solo, que se torna errático (CONCIANI; BURGOS; BEZERRA, 2015).

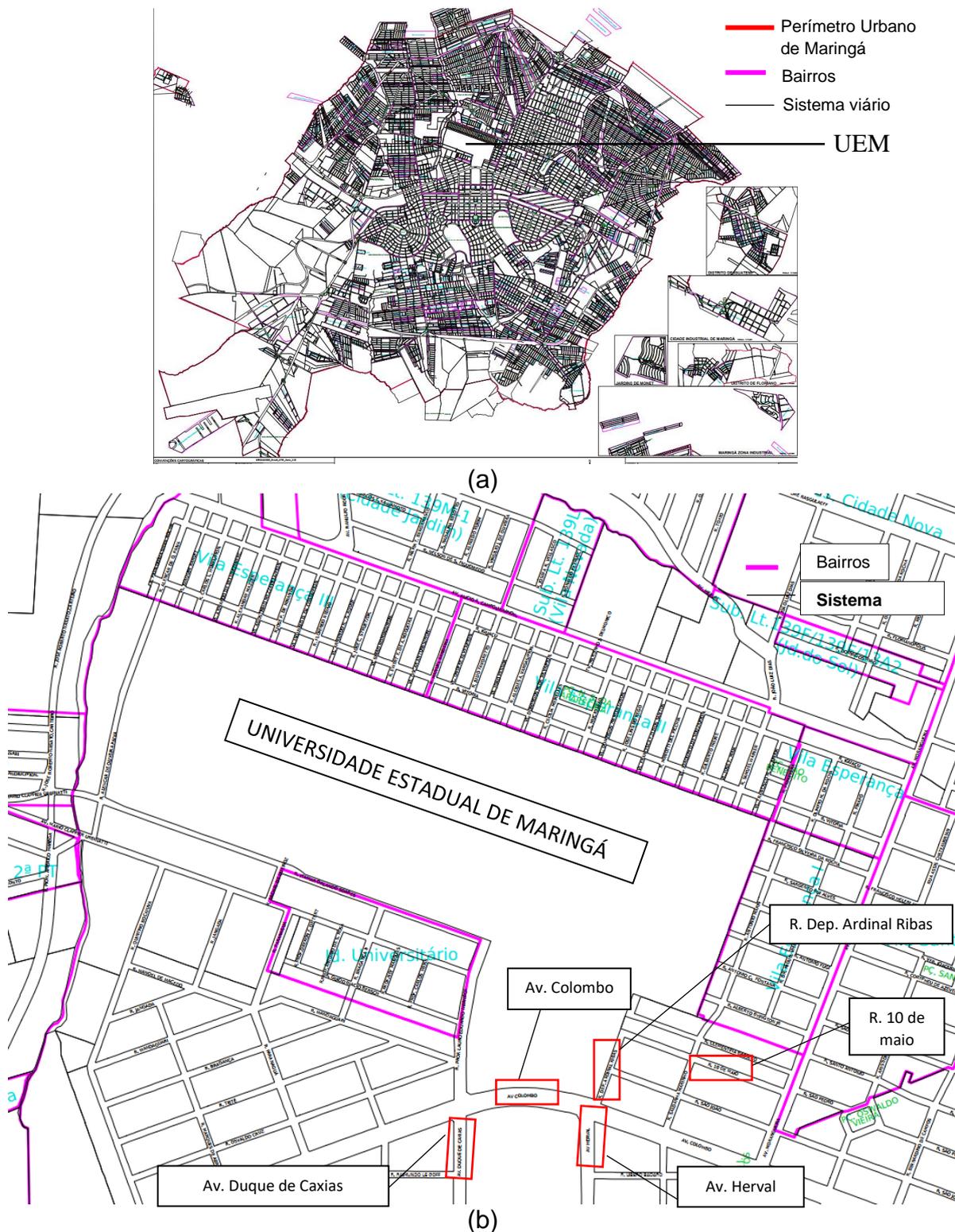
Os Latossolos são os solos de maior representação geográfica no Brasil, ocupando cerca de 300 milhões de hectares, o que corresponde a um quarto da área total ocupada pelos Latossolos no mundo (LEPSCH, 2010). Ocorrem praticamente em todas as regiões do país, sobre diferentes tipos e rochas, e se caracterizam por serem espessos, altamente evoluídos, laterizados, ricos em argilominerais 1:1 e oxihidróxidos de ferro e alumínio (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2000). A sua textura é um dos principais aspectos físicos que distinguem estes solos dos demais, em que os minerais de argila e os minerais primários participam de grupamentos estruturais (macro e microagregações), ocasionando comportamentos distintos daqueles solos constituídos por partículas individualizadas (JACINTHO, 2010). As variações volumétricas significativas em argilas microagregadas se devem essencialmente à redução dos macroporos presentes (VATSALA; MURTHY; HERKAL, 1998).

Segundo Fasolo et al. (1986), no Estado do Paraná, os Latossolos ocupam cerca de 30% do território, e apresentam tanto textura predominantemente arenosa (Noroeste) quanto argilosa (Norte). Tendo em vista a sua representatividade, o estudo de um perfil de Latossolo típico da região Norte do Paraná, permitiu evidenciar características importantes e suas variabilidades ao longo da profundidade, que podem interferir nos parâmetros dos solos, úteis na elaboração de projetos geotécnicos.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo da pesquisa, localizada na Universidade Estadual de Maringá, em Maringá (PR), está localizada por meio das Figuras 1.a, 1.b e 2.

Figura 01 - Localização da Universidade Estadual de Maringá no Perímetro urbano e (a) e em relação às vias (b)



Fonte: Prefeitura de Maringá (2023)

Figura 02 – Localização do Campo Experimental na Universidade Estadual de Maringá

(c)

Fonte: Universidade Estadual de Maringá (2018)

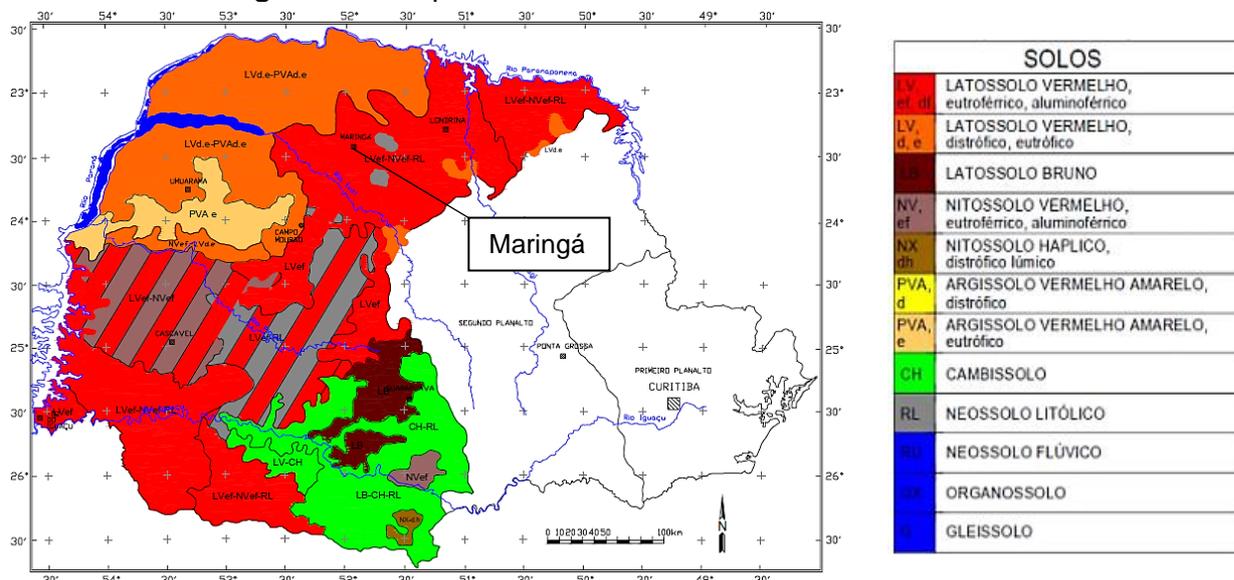
O município de Maringá está situado no Planalto de Maringá, subcompartimento geomorfológico do Terceiro Planalto Paranaense, que por sua vez pertence à Bacia do Paraná. O Terceiro Planalto Paranaense, cuja área aproximada é de 135000 km², ocupa 68% da área do Estado do Paraná, abrangendo suas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudoeste e Centro-Sul (MAACK, 1968). O Terceiro Planalto é formado por rochas vulcânicas de idade mesozoica da Formação Serra Geral, sendo recobertas por depósitos de sedimentos arenosos do período Cretáceo no Noroeste do Estado. A Formação Serra Geral é constituída por rochas vulcânicas efusivas básicas toleíticas com basaltos maciços e amigdaloides, afaníticos, cinzentos a pretos, raramente andesíticos. Essa formação rochosa é resultante de derrames de vulcanismo de fissura continental (MINEROPAR, 2001; 2006).

A subunidade morfoescultural Planalto de Maringá apresenta dissecação baixa e ocupa uma área de 8032 km². A classe de declividade predominante é menor que 6% em uma área de 4620,89 km². Quanto ao relevo, esta subunidade apresenta um gradiente de 540 m, com altitudes variando entre 260 (mínima) e 800 (máxima) metros

acima do nível do mar. As formas predominantes são topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em V, modeladas em rochas da Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2006).

Nakashima e Nóbrega (2003) apresentam um mapa esquemático de solos do Terceiro Planalto do Paraná (Figura 3), o qual se apresenta compatível com a classificação mais recente de solos, desenvolvida pela Embrapa (2018), nos níveis categóricos apresentados (Ordem, Subordem e Grandes Grupos). Conforme se observa na referida figura, a cidade de Maringá está localizada em uma região com solos predominantemente do tipo Latossolo Vermelho Eutroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico (NAKASHIMA, NÓBREGA, 2003).

Figura 03 – Mapa de solos do Terceiro Planalto Paranaense



Fonte: Nakashima e Nóbrega (2003)

Conforme Maack (1968), por meio da classificação de Köppen-Geiger (1928), o clima de Maringá é classificado como temperado úmido, ou mesotérmico, de verão quente (do tipo Cfa). O clima Cfa possui características de temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente superior a 22°C. Quanto à umidade, trata-se de um clima úmido, com ocorrência de precipitação em todos os meses do ano (concentração de chuvas nos meses de verão) e inexistência de estação seca definida. Na Tabela 1, tem-se a variação dos valores de temperaturas

(máxima, média e mínima), umidade relativa e precipitação para as estações do ano verão e inverno.

Tabela 01 – Variação das características climáticas do Paraná

Estação	Temperaturas (°C)			Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)
	Mínima	Média	Máxima		
Verão	20,1 - 21,0	24,1 - 25,0	30,1 - 31,0	75,1 – 80,0	500 - 600
Inverno	13,1 - 14,0	18,1 - 19,0	25,1- 26,0	65,1 – 70,0	200 - 300

Fonte: IAPAR (2019)

Procedimentos Metodológicos

Os trabalhos de campo consistiram na execução de uma sondagem de simples reconhecimento com SPT (ABNT NBR 6484:2001) e escavação de um poço para retirada de amostras indeformadas (ABNT NBR 9604:2016). A Figura 4 apresenta as coordenadas georreferenciadas por meio de GPS do poço e do furo de sondagem.

Figura 04 – Localização geográfica do poço e do furo de sondagem no Campo Experimental de Geotecnia da Universidade Estadual de Maringá



Fonte: Google Maps (2019)

As coordenadas obtidas foram de: 23°24'18.9''S e 51°55'59.7''W para a sondagem e 23°24'18.8''S e 51°55'59.6''W para o poço (Figura 3). Ressalta-se que o furo de sondagem foi realizado o mais próximo possível do poço.

Os resultados obtidos na sondagem de simples reconhecimento com SPT são apresentados na forma de perfil do subsolo, constituído pelos diferentes tipos de solos em suas respectivas profundidades de ocorrência, posição do nível de água subterrâneo e índice de resistência à penetração do amostrador (N).

O ensaio SPT foi realizado a cada metro perfurado, sendo as amostras deformadas coletadas por meio do amostrador-padrão ou, por meio do trado, quando da mudança de material em profundidades intermediárias. Na ocasião da sondagem, foram coletadas duas amostras deformadas por profundidade, as quais foram identificadas e imediatamente acondicionadas em recipientes herméticos. Um dos recipientes recebeu o solo colhido do bico do amostrador, para ser utilizado na determinação do teor de umidade por meio do Método da Estufa, enquanto o outro recebeu o solo coletado do corpo do amostrador, para a realização da análise visual-tátil. Estes recipientes foram armazenados em uma caixa de isopor e, imediatamente, transportados ao laboratório para a realização dos ensaios e análises.

O nível d'água foi encontrado a 16,3 metros e a sondagem foi interrompida aos 17,0 metros, não sendo utilizado o processo de perfuração por circulação de água.

Finalizando-se a etapa de sondagem, escavou-se o poço, coletando-se amostras indeformadas do tipo bloco, a cada metro, com dimensões de (30x30x30) cm³, correspondentes aos trechos da cravação do amostrador nos ensaios SPT, mais precisamente nos 30 cm finais, para a talhagem de corpos de prova e determinação de índices físicos, caracterização mineralógica e porosimetria do solo.

Ensaio de caracterização física, geotécnica e análises mineralógicas e porosimétricas

Os ensaios laboratoriais de caracterização geotécnica compreenderam os procedimentos de: determinação do teor de umidade (ABNT NBR 6457:2016); granulometria por peneiramento e sedimentação, com uso de solução defloculante de hexametáfosfato de sódio (ABNT NBR 7181:2016); determinação da massa específica dos grãos (ABNT NBR 6458:2016) e determinação dos Limites de Atterberg (ABNT NBR 6459:2016 e ABNT NBR 7180:2016). As amostras foram preparadas para os ensaios de caracterização conforme a ABNT NBR 6457:2016.

Por meio dos corpos de prova talhados, foram determinados os seguintes índices físicos: umidade (w); massa específica aparente úmida (ρ); massa específica aparente seca (ρ_d); índice de vazios (e); grau de saturação (S_r) e porosidade (n).

A caracterização mineralógica foi realizada por meio de ensaios de Difração de raios X, em amostras do perfil, com um difratômetro Rigaku Geigerflex, equipado com tubo selado de cobre, com as seguintes condições: potência de 40 kV, intensidade de corrente elétrica de 40 mA; passo de $0,02^\circ/2\theta$ e contagem de 1 segundo/passos.

As amostras analisadas, para cada metro do perfil, eram provenientes dos blocos indeformados, para o solo evoluído, e dos materiais coletados no amostrador durante o ensaio SPT, para o saprólito. Após secagem prévia à temperatura ambiente, as amostras foram destorroadas em almofariz de ágata e passadas na peneira N° 100 (abertura 0,149 mm) para serem analisadas em forma de pó e, em seguida, montadas em porta-amostras de modo a evitar a orientação preferencial dos grãos. A varredura foi de 5 a $80^\circ/2\theta$ para a maioria dos difratogramas e, para as amostras nas quais havia suspeita de presença de esmectita, foi feita nova aquisição, dessa vez em amostra orientada, com varredura entre 2 e $30^\circ/2\theta$. A comparação com os padrões do *International Centre for Diffraction Data* (ICDD) para interpretação dos difratogramas foi efetuada com auxílio do software DIFFRACplus (SIEMENS).

Na determinação das curvas de distribuição de poros foi empregado o ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio utilizando-se o POROSIZER 9320 da *Micromeritics Instrument Corporation*, com capacidade máxima de aplicação de pressão de 30000 psi e com controle automático de pressão.

As análises foram efetuadas sobre as amostras indeformadas coletadas na camada de solo evoluído, nas profundidades de 2 m e 5 m, talhadas em forma de cubo, com dimensões aproximadas de $(1,5 \times 1,5 \times 1,5)$ cm³ e, em seguida, expostas ao ar para secagem à temperatura ambiente. Essas análises permitiram obter as curvas de distribuição diferencial (histogramas de frequência) e de porcentagens em relação ao volume de vazios total da amostra *versus* diâmetro dos poros, representados somente pelos vazios acessíveis ao mercúrio, isto é, considerando apenas a porosidade efetiva. A curva de distribuição diferencial permitiu observar os intervalos de diâmetros de poros que aparecem com maior frequência na estrutura do solo.

De acordo com Musy e Soutter (1991), a porosidade dos solos pode ser dividida em porosidade estrutural, que considera os vazios interagregados presentes na macroestrutura, e porosidade textural, que considera os vazios intra-agregados

presentes na microestrutura. Foi adotada a classificação de Brewer (1976), embasada na Física dos Solos, tendo em vista as estruturas microagregadas típicas de zonas tropicais apresentadas pelos materiais, objetos deste estudo.

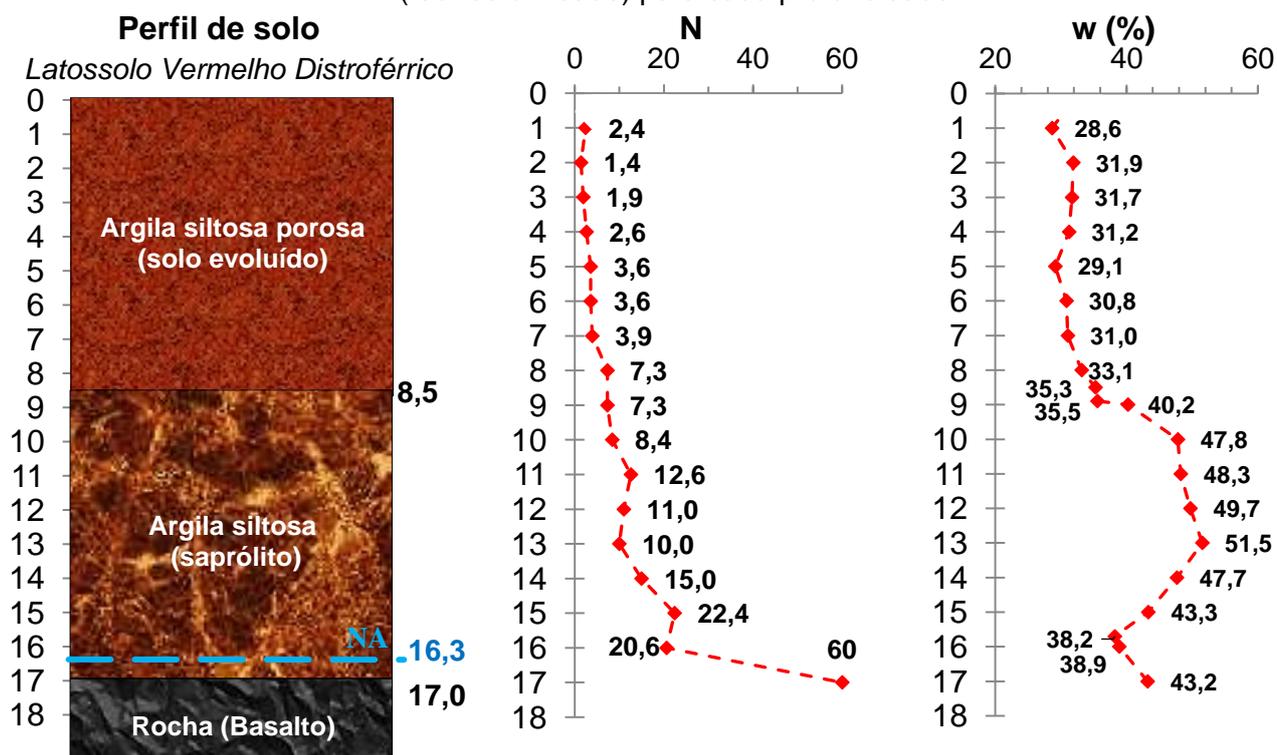
RESULTADOS

Caracterização física, geotécnica, mineralógica e porosimétrica do solo

O perfil de solo obtido na sondagem de simples reconhecimento com SPT, a posição do nível de água subterrâneo, os valores do índice de resistência à penetração (N) e os respectivos valores de umidade para cada profundidade são apresentados na Figura 5.

Observa-se, na Figura 5, que o perfil de solo obtido pela sondagem de simples reconhecimento apresenta dois conjuntos distintos de materiais, ambos com cerca de 8,5 m de espessura: uma camada superficial de solo evoluído e uma camada subjacente de saprólito (alteração do basalto). O nível d'água foi constatado na camada de saprólito, à profundidade de 16,3 m. Abaixo desses dois conjuntos, aproximadamente a 17,0 m, encontra-se a rocha basáltica com grau de alteração variado em profundidade, em função da alternância de níveis maciços, vesiculares e/ou amigdaloidais.

Figura 05 – Perfil de solo, posição do nível de água, valores de N (resistência à penetração) e de w (teor de umidade) para cada profundidade



A camada superficial do perfil possui textura argilo-siltosa e cor marrom avermelhada, que corresponde ao material pedologicamente evoluído – Latossolo Vermelho distroférrico. Os teores de umidade obtidos para esta camada são altos, com valor médio de 31,4%, sendo característicos de solos argilosos, os quais apresentam alta capacidade de retenção de água.

A camada subjacente que se inicia a aproximadamente 8,5 metros, possui textura argilo-siltosa, com cor variegada (matriz de cores roxa e marrom amarelada), apresentando diáclases salientadas por oxidações de cor preta e/ou amarela e corresponde ao nível de alteração do basalto – saprólito. Esta camada apresenta maior variabilidade nos valores de umidade, sendo ainda mais elevados do que os do conjunto superior, com umidade média de 44,0%. Possivelmente, essa alteração de umidade se deve à ascensão de água capilar do lençol freático, não havendo interferência de evaporação, e à presença dos minerais primários, mais ativos em presença de água.

Os valores dos índices de resistência à penetração (N) evidenciam uma divisão entre a camada de solo evoluído e o saprólito. Na parte superior do perfil, até 7 m de profundidade, os valores de N são inferiores à 4. Aos 8 m, percebe-se uma transição de comportamento do material, em que o valor de N é próximo à 7, sendo crescente com a profundidade, atingindo valores superiores à 20 na camada de saprólito, até atingir o impenetrável em 17 m.

Para a profundidade de 1 m observa-se um valor do índice de resistência à penetração (N) de 2,4, sendo este pouco maior do que os valores de N referentes às profundidades subjacentes de 2 m e 3 m. Isso se deve, possivelmente, aos ciclos de umedecimento e secagem da porção mais superficial. O ressecamento do solo devido à perda de água por evaporação ocasiona uma rigidez adicional a este solo, indicando um valor de N mais elevado. A partir de 2 m, esta influência externa não foi constatada. Desta forma, justifica-se a escolha das profundidades de 2 m a 8 m para a caracterização do solo evoluído.

No conjunto superior (solo evoluído), percebem-se dois subconjuntos: de 2 m a 4 m, em que os valores de N são próximos à 2 e, entre 5 m e 7 m, próximos de 4. Nota-se que essa mudança de comportamento que caracterizam os dois subconjuntos ocorre para a profundidade aproximada de 4,5 m.

Quanto à caracterização mineralógica, os resultados das análises indicaram a presença de caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), hematita (Fe_2O_3) e magnetita (FeOFe_2O_3) em todo o perfil. Os minerais gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e quartzo (SiO_2) estão presentes preferencialmente na camada de solo evoluído.

No saprólito, encontrou-se a presença de goethita (FeOOH), esmectita (filossilicato de fórmula variável) e anatásio (TiO_2), os quais constituem fases transitórias na evolução basalto-latossolo. Desta forma, os maiores teores de umidade encontrados na sondagem da presente pesquisa, para a camada de saprólito, também podem ser justificados pela presença destes minerais primários, que por serem muito eletronegativos, apresentam maior capacidade de retenção de água, conforme explicam Gutierrez (2005) e Sampaio (2006).

Na Tabela 2, apresentam-se os resultados da caracterização geotécnica e a classificação do solo em conformidade com as normas ABNT NBR 6502:1995 e ASTM D2487:2017.

Tabela 02 - Caracterização geotécnica e classificação do solo

Prof. (m)	(%) passante			Índices físicos				Classificação	
	Argila $\varphi < 0,002$ (mm)	Silte $0,002 < \varphi < 0,06$ (mm)	Areia $0,06 < \varphi < 2,0$ (mm)	ρ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	ABNT NBR 6502	ASTM D2487
2	76	18	6	3,05	56	40	16	Argila siltosa	MH
3	75	19	5	3,01	58	42	16		
4	72	22	4	3,02	58	41	17		
5	69	25	6	3,03	57	38	19		
6	68	26	6	3,04	58	39	19		
7	68	26	6	3,05	60	39	21		
8	66	28	6	3,03	61	40	21		
9	64	30	6	3,02	73	49	24		
10	64	30	6	2,99	89	55	34	Argila siltosa	MH
11	63	31	6	2,97	89	55	34		
12	68	26	6	3,04	95	54	41		
13	68	26	6	3,05	95	63	32		
14	65	35	10	3,00	96	66	30		
15	52	36	12	2,97	80	56	24		

Nota-se que o teor de argila tende a decrescer ao longo do perfil, sendo de 76% para a profundidade de 2 m, atingindo 66% aos 8 m na camada de solo evoluído e oscila entre 63% e 68% na camada de saprólito, atingindo 52% na profundidade de 15 m, o que indica que o intemperismo é mais intenso nas camadas superficiais. A fração silte tende a aumentar enquanto a fração areia (fina) permanece praticamente constante até a profundidade de 13 m.

As massas específicas dos sólidos variam de 2,97 g/cm³ a 3,05 g/cm³, sendo os menores valores encontrados para a camada de saprólito, valores estes considerados bastante elevados devido à presença dos minerais férricos, característicos do processo de laterização.

Os Índices de Plasticidade variam de 16% a 21% e os Limites de Liquidez oscilam entre 56% e 61% para o solo evoluído enquanto o saprólito apresenta valores

ainda mais elevados tanto dos Índices de Plasticidade que variam de 24% a 41% quanto dos Limites de Liquidez, atingindo 96%.

O perfil de solo é classificado, em conformidade com a ABNT NBR 6502:1995 como Argila Siltosa e, com a ASTM D2487:2017, como MH (Silte).

Gutierrez (2005) e Chauvel, Pedro e Tessier (1976) explanam que, apesar da camada de solo evoluído do perfil apresentar maior teor de argila, os índices de plasticidade são menores em relação ao conjunto inferior. Tal comportamento se explica devido à diferença na composição mineralógica das argilas entre os dois conjuntos e devido à estrutura granular, ocasionada pelos processos pedogenéticos que atuam com mais intensidade no conjunto superior. Essa estrutura granular pressupõe a existência de um bloqueio da atividade da fração argila pelos óxidos/hidróxidos de ferro.

Índices físicos

Na Tabela 3, apresentam-se os índices físicos obtidos por meio da talhagem de corpos de prova das amostras indeformadas retiradas do poço escavado. Observa-se que a divisão dos subconjuntos dentro da camada de solo evoluído fica ainda mais evidenciada pelos valores dos índices físicos.

As profundidades de 2 m a 4 m apresentam semelhanças, com os seguintes valores médios do subconjunto pertencente: umidade (w) de aproximadamente 30,8%; massa específica aparente seca (ρ_d) de 1,066 g/cm³; índice de vazios (e) 1,840; porosidade (n) de 64,8% e grau de saturação (S_r) de 50,8%. As profundidades de 5 m a 7 m, por sua vez, possuem os seguintes valores médios: umidade (w) de 29,8%; massa específica aparente seca (ρ_d) de 1,152 g/cm³; índice de vazios (e) 1,640; porosidade (n) de 62,1% e grau de saturação (S_r) de 55,3%. As maiores variações ocorreram para os índices de vazios encontrados para os dois subconjuntos, valores médios de 1,840 e 1,640, apontando possíveis modificações na estrutura dos materiais.

Tabela 03 – Índices físicos para o perfil de solo evoluído

Subconjunto	Tabela de valores médios							
	Prof. (m)	w (%)	ρ (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	ρ_s (g/cm ³)	e	n (%)	S _r (%)
1	2	30,8	1,350	1,032	3,05	1,955	66,2	48,0
	3	30,9	1,402	1,071	3,01	1,810	64,4	51,4
	4	30,8	1,434	1,096	3,02	1,755	63,7	53,0
Média do subconjunto		30,8	1,395	1,066	3,03	1,840	64,8	50,8
2	5	29,6	1,468	1,133	3,03	1,674	62,6	53,6
	6	29,8	1,485	1,144	3,04	1,657	62,4	54,7
	7	30,0	1,532	1,178	3,05	1,589	61,4	57,6
Média do subconjunto		29,8	1,495	1,152	3,04	1,640	62,1	55,3

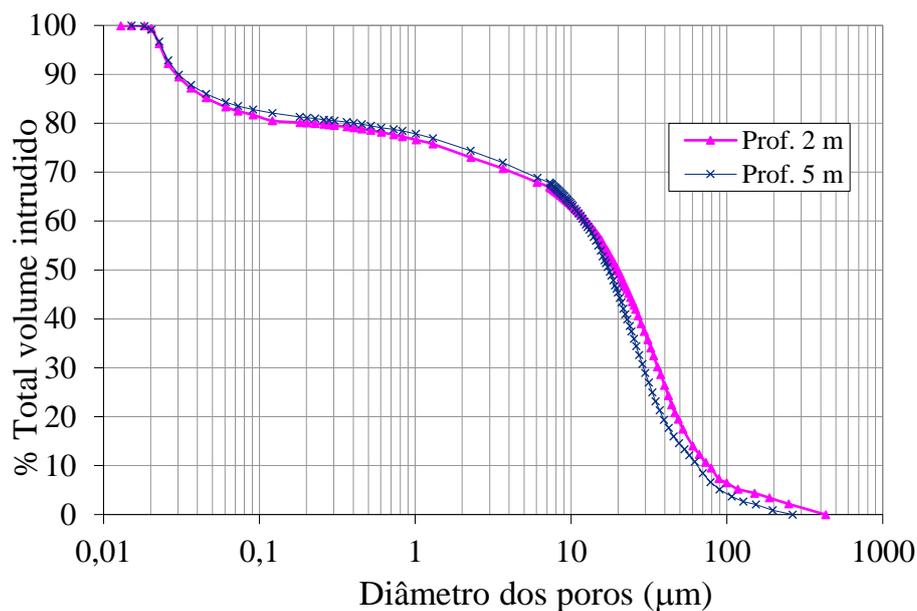
Os valores médios dos subconjuntos 1 e 2 encontrados para a porosidade e grau de saturação são próximos aos valores obtidos por Gutierrez (2005). A referida autora afirma que essa camada de solo evoluído com elevada porosidade, acima de 62%, e baixo grau de saturação, da ordem de 53%, o qual caracteriza o solo como não saturado ($S_r < 70\%$), geralmente é metaestável, apresentando-se com tendência ao colapso quando do aumento de umidade ou de sua saturação, sob carregamento.

Porosimetria

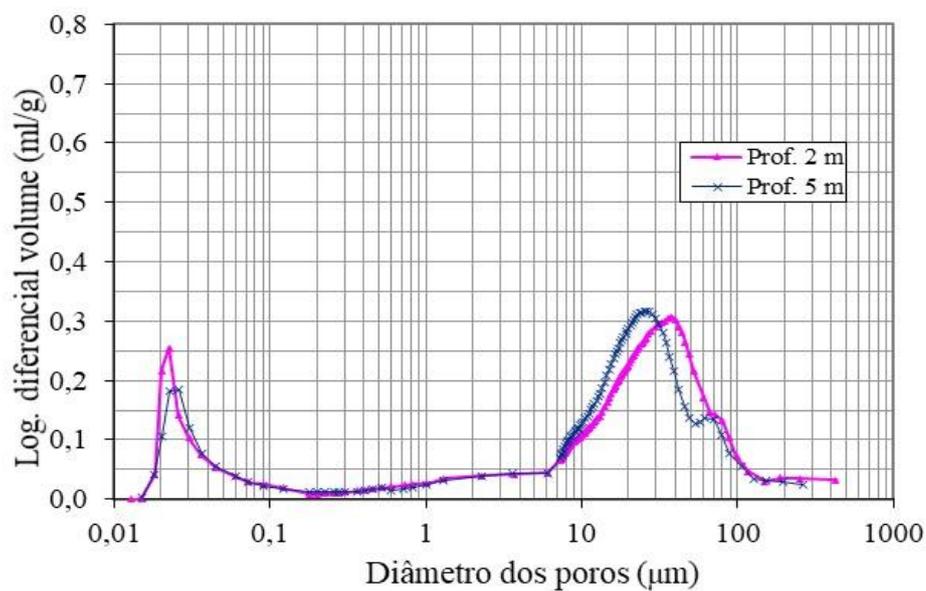
As curvas de distribuição de poros e histogramas de frequência para duas profundidades características dos dois subconjuntos da camada de solo evoluído são apresentadas nas Figuras 6.a e 6.b.

A distribuição de poros obtida contempla os poros interagregados (porosidade estrutural) e os vazios intra-agregados (porosidade textural). Os conjuntos de poros, visualizados por meio dos histogramas de frequência dos vazios do solo, mostram para os dois subconjuntos uma distribuição bimodal.

Figura 06 – Solo natural: Curvas de distribuição de poros (a) e Histograma de frequência de poros (b)



(a)



(b)

Fonte: Autores (2019)

A família de poros principais (interagregados) possui diâmetros entre 10 μm e 200 μm e a outra família, de poros intra-agregados, possui diâmetros entre 0,01 μm e 0,1 μm , aproximadamente. Observa-se que à medida que a profundidade aumenta, o intervalo referente aos poros interagregados tende a se deslocar para a esquerda, indicando uma redução no tamanho dos poros maiores com a profundidade, condizente com a redução do índice de vazios observada.

Com base nas Figuras 5.a e 5.b, e em conformidade com Brewer (1976), pode-se classificar os poros interagregados como sendo constituídos por macro, meso e microporos e os intra-agregados como ultramicro e criptoporos.

A Tabela 4 fornece as classes de poros presentes e os percentuais correspondentes para os materiais dos diferentes subconjuntos do solo evoluído.

Tabela 04 – Classificação dos poros de acordo com Brewer (1976) – Solo Evoluído

Prof. (m)	n (%)	Porcentagem de poros				
		interagregados			intra-agregados	
		macro > 75 μm	meso 30 – 75 μm	micro 5 – 30 μm	ultramicro 0,1 – 5 μm	cripto < 0,1 μm
2,0	66,2	10	26	32	13	19
5,0	62,6	7	22	41	12	18

Os materiais das profundidades de 2,0 m e 5,0 m, representativos dos dois subconjuntos do solo evoluído, apesar de apresentarem diferentes porosidades totais, exibem uma distribuição de poros muito semelhante, com predomínio de poros interagregados sobre os vazios intra-agregados. As porcentagens de poros interagregados (macro, meso e microporos) e vazios intra-agregados (ultramicro e criptoporos) são aproximadamente iguais para os dois subconjuntos, em torno de 70% e 30%, respectivamente.

As análises porosimétricas mostram que no subconjunto inferior ocorrem reduções mais significativas na classe dos (macro + mesoporos), de 36% (subconjunto superior) para 29% (subconjunto inferior), e um aumento na classe dos microporos, de 32% (subconjunto superior) para 41% (subconjunto inferior).

Considerações Finais

O solo argiloso analisado neste trabalho é um exemplo típico de perfil de solo resultante a partir de rocha vulcânica (basalto), sob condições tropicais, sendo constituído por dois conjuntos com características e comportamentos distintos: um conjunto superior de material pedologicamente evoluído (Latosolo Vermelho distroférico) e um conjunto inferior que corresponde ao nível de alteração de basalto (saprólito).

Como o perfil está posicionado em região de topo, a camada de solo evoluído – argila siltosa porosa é de elevada espessura, em torno de 8,5 m, dividida em dois subconjuntos: 2 m a 4 m (subconjunto 1) e de 5 m a 7 m (subconjunto 2).

Os índices de resistência à penetração (N) encontrados para o subconjunto 1 são próximos à 2 e, para o subconjunto 2, próximos de 4. Nota-se que essa mudança de comportamento que caracterizam os dois subconjuntos ocorre para a profundidade aproximada de 4,5 m.

Na camada subjacente – o saprólito, que se inicia a aproximadamente 8,5 metros, os valores de N são também crescentes com a profundidade, mas com maior variabilidade, atingindo valores superiores à 20, até atingir o impenetrável em 17 m.

A constituição mineralógica é homogênea (caulinita, hematita, magnetita e quartzo) na camada de solo evoluído e na camada de saprólito, além da caulinita e hematita, detectou-se a presença de goethita, esmectita e anatásio.

O teor de argila é elevado, com valores acima de 70% para a parte mais superficial e decresce ao longo do perfil, o que indica que o intemperismo foi mais intenso nas camadas superficiais.

Os Índices de Plasticidade variam de 16% a 21% para o solo evoluído enquanto o saprólito apresenta valores ainda mais elevados que variam de 24% a 41%, sendo considerados de média a alta plasticidade, em conformidade com Caputo (1988).

O teor de argila decrescente com a profundidade e o aumento do índice de plasticidade se explica em parte pela diferença na composição mineralógica das argilas e, em parte pela estrutura microgranular, gerada pelos processos

pedogenéticos mais atuantes na parte superior do perfil, e pressupõe a existência de um bloqueio da fração argila pela ação dos óxidos/hidróxidos de ferro.

As massas específicas dos sólidos variam muito pouco, valores entre 2,97 g/cm³ a 3,05 g/cm³, valores estes considerados bastante elevados devido à presença dos minerais férricos, característicos do processo de laterização.

Na camada de solo evoluído, os teores de umidade são bastante elevados, em torno de 30%. Entretanto, os baixos graus de saturação, em torno de 53%, que o caracteriza como um solo não saturado ($S_r \ll 70\%$) se justificam devido às altas porosidades apresentadas, valores superiores a 62%.

Os materiais representativos dos dois subconjuntos do solo evoluído, apesar de apresentarem diferentes porosidades totais, exibem uma distribuição de poros bimodal muito semelhante, com predomínio de poros interagregados (porosidade estrutural) com diâmetros entre 10 µm e 200 µm sobre os vazios intra-agregados (porosidade textural), com diâmetros entre 0,01 µm e 0,1 µm, aproximadamente. As porcentagens de poros interagregados (macro, meso e microporos) e vazios intra-agregados (ultramicro e criptoporos) são aproximadamente iguais para os dois subconjuntos, em torno de 70% e 30%, respectivamente. No entanto, à medida que a profundidade aumenta, há uma redução no tamanho dos poros maiores, condizente com a redução do índice de vazios observada. As análises porosimétricas mostram que no subconjunto inferior ocorrem reduções mais significativas na classe dos macroporos + mesoporos, de 36% (subconjunto superior) para 29% (subconjunto inferior), e um aumento na classe dos microporos, de 32% (subconjunto superior) para 41% (subconjunto inferior).

Os resultados das investigações de campo e de laboratório obtidos para o perfil estudado foram consonantes com o perfil de Latossolo Vermelho Distroférrico analisado por Gutierrez (2005) e com aqueles obtidos por Belincanta (1998), também, pertencentes ao Campo Experimental da Universidade Estadual de Maringá.

Procurou-se destacar neste trabalho alguns aspectos e características de um perfil de solo típico resultante do basalto, relevantes e úteis a serem considerados na obtenção de parâmetros de comportamento para a elaboração de projetos e controle de obras geotécnicas (fundações, escavações, aterros e outros. A estrutura

microgranular da argila, gerada pelos processos pedogenéticos intensos, acarretam elevadas porosidades, com predomínio de macroporos. Essa estrutura resultante geralmente é metaestável, apresentando-se com tendência ao colapso quando do aumento de umidade ou mesmo de sua saturação, sob carregamento. Além disso, a presença abundante dos macroporos comanda a condutividade hidráulica nesses solos, cujos valores a se esperar devem ser superiores àqueles normalmente encontrados para essa classe de solos finos (argilosos).

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457**: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **ABNT NBR 6459**: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484**: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7180**: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181**: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9604**: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas. Rio de Janeiro, 2016.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2487**: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). 2017.
- BARROS, J.M.C.; PINTO. C.S. **Estimation of maximum shear modulus of Brazilian tropical soils from Standard Penetration Teste**. In: Fourteenth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, At Hamburg, v.1, p.29-30. 1997
- BELINCANTA, A. **Avaliação de fatores intervenientes no Índice de Resistência à Penetração do SPT**. 1998. 141p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

- BLIGHT, G. E., LEONG, E. C. **Mechanics of Residual Soils**. 2nd ed. London: Taylor & Francis. 2012.
- BOGADO, G. O.; REINERT, H.; FRANCISCA, F. M. Geotechnical properties of residual soils from the North-east of Argentina P. **International Journal of Geotechnical Engineering**. v. 13, n. 2, P 112-121, 2019.
- BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. John Wiley & Sons, New York, 482 p. 1976.
- CAPUTO, H.P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações: Fundamentos – Volume 1**. LTC: Rio de Janeiro, 1988.
- CHARLES, W. W.; LEUNG, E. H.; LAU, C. K.. Inherent Anisotropic Stiffness of Weathered Geomaterial and Its Influence on Ground Deformations around Deep Excavations. **Canadian Geotechnical Journal**. v. 41, n. 1: p. 12–24. 2004.
- CONCIANI, W.; BURGOS, P.C.; BEZERRA, R.L. Origem e formação dos solos, perfis de intemperismo. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J. et al. (Org.). **Solos não saturados no contexto geotécnico**. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, p. 21-37. 2015.
- CHAUVEL, A.; PEDRO, G.; TESSIER, D. Rôle du fer dans l'organisation des matériaux kaoliniques. **Science du Sol**. n.2, p. 101-113.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- ESPÍNDOLA, C.R.; DANIEL, L.A. Laterita e solos lateríticos no Brasil. **Boletim Técnico da FATEC-SP**, n. 24, p. 21-24, mai. 2008. Disponível em: <<http://bt.fatecsp.br/system/articles/724/original/004.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- FASOLO, P.J.; HOCHMÜLLER, D.P.; CARVALHO, A. P.; CARDOSO, A.; RAUEN, M. J.; POTTER, R. O. **Guia para identificação dos principais solos do Estado do Paraná**. Brasília: EMBRAPA, 1986.
- FOOKES, P. G.. **Tropical Residual Soils: A Geological Society Engineering Group**. Working Party Revised Report. London: Geological Society of London, 1997.
- GIDIGASU, M. D. **Laterite soil engineering: pedogenesis and engineering principles (Vol. 9)**. Elsevier, 2012.
- GULLÀ, G., MANDAGLIO, M. C., MORACI, N. Effect of Weathering on the Compressibility and Shear Strength of a Natural Clay. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 43, n. 6, p. 618–625. 2006.
- GUTIERREZ, N. H. M. **Influências de aspectos estruturais no colapso de solos do Norte do Paraná**. 2005. 311p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- GUTIERREZ, N. H., NÓBREGA, M. T., VILAR, O. M., Influence of the microstructure in the collapse of a residual clayey tropical soil. **B. Eng. Geol. Environ.** v. 68, p. 107–116, 2009.
- IAPAR. Atlas Climático do Paraná. 2019. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-677.html>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

- HUAT, B. B. K., TOLL, D. G., PRASAD, A. **Handbook of tropical residual soils engineering**. CRC Press. 2012.
- IBGE. **Panorama da cidade de Maringá**, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama> >. Acesso em: 20 jun 2019.
- JACINTHO, E. C. **Estudo de propriedades e comportamentos de misturas solo-emulsão aplicado a barragens**. 2010. 279p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2010.
- J.C.B., BENATTI; M.G., MIGUEL. A proposal of structural models for colluvial and lateritic soil profile from southwestern Brazil on the basis of their collapsible behavior. **Engineering Geology**. v. 153, p. 1–11, 2013.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- LEROUEIL, S.; VAUGHAN, P. R. The general and congruent effects of structure in natural soils and weak rocks. **Geotechnique**. v.40, n. 3, p. 467-488, 1990.
- LOHNES, R. A., DEMIREL, T. Geotechnical properties of residual tropical soils. **Proceedings...** ASCE Convention, Huston, Texas, p. 150–166, 1983.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Livraria José Olympio Editora, SCE-PR, 450 p.1968.
- MELFI, A.J. [ET AL]. Characterization and identification. **Peculiarities of geotechnical behavior of tropical lateritic and saprolitic soils – Progress report**. Committee on Tropical Soils of the ISSMFE. p.9-20,1985.
- MINEROPAR. **Atlas comentado da geologia e dos recursos minerais do Estado do Paraná**. Curitiba, Paraná. 2001. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/atlasgeo.pdf> >. Acesso em: 20 jun. 2019.
- MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Curitiba, Paraná. 2006. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geomorfologia/Atlas_Geomorforlogico_Parana_2006.pdf >. Acesso em: 20 jun. 2019.
- MOON, V., JAYAWARDANE, J., Geomechanical and geochemical changes during early stages of weathering of Karamu Basalt, New Zealand. **Eng. Geol.** v. 74, p. 57–72, 2004.
- MUSY, A.; SOUTTER, M. *Physique du sol*. 1ª Ed. Benteli AG, Lausanne, 335p. 1991.
- NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. Solos do Terceiro Planalto do Paraná – Brasil. In: Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense. **Anais...** Maringá. p. 67-85. 2003.
- OSINUBI, K. J., NWAIWU, C. M. O. Desiccation–induced shrinkage in compacted lateritic soils. **Geotech. Geol. Eng.** v. 26, p. 603–611. 2008.

OTALVARO, I. F.; CORDÃO NETO, M. P.; DELAGE, P.; CAICEDO, B. Relationship between soil structure and water retention properties in a residual compacted soil. **Engineering Geology**. v.205, p. 73-80, April 2016.

PREFEITURA DE MARINGÁ. **Mapa completo de ruas e bairros**. Gerência de Geoprocessamento. Maringá, 2023.

Título. Local, ano. SÃO PAULO, Prefeitura Municipal de. Secretaria de Cultura.

PINEDA, J. A; COLMENARES, J. E.; HOYOS, L. R. Effect of Fabric and Weathering Intensity on Dynamic Properties of Residual and Saprolitic Soils via Resonant Column Testing. **ASTM**. v. 37, n 5, p. 800–816. 2014.

PUSHPARAJAH, E., AMIN, L. L., **Soils under Hevea in peninsular Malaysia and their management**. Rubber Research Inst. of Malaysia, Kuala Lumpur. 1977.

RAHARDJO, H., A.; SATYANAGA, E. C.; LEONG, Y. S. NG.; PANG, H. T. C. Variability of Residual Soil Properties. **Engineering Geology**, p. 141–142: 124–140. 2012.

RAHARDJO, H., AUNG, K. K., LEONG, E. C., REZAUR, R. B. Characteristics of residual soils in Singapore as formed by weathering. **Eng. Geol.** v.73, n.1, p. 157–169. 2004.

ROCCHI, I.; COOP, M. R. The effects of weathering on the physical and mechanical properties of a granitic saprolite. **Géotechnique**. v.65, n. 6, p. 482–493, 2015.

SAMINGAN, A. S.; LEONG, E. C.; RAHARDJO, H. A Flexible Wall Permeameter for Measurements of Water and Air Coefficients of Permeability of Residual Soils. **Canadian Geotechnical Journal**. v. 40, n. 3, p. 559–574. 2003.

SAMPAIO, E. P. M. **Mineralogia do Solo**. Universidade de Évora. (Apostila). 2006. Disponível em: < <http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-03.pdf>>. Acesso em: 20 de jun. 2013.

SUNIL, B. M. KRISHNAPPA, H. Effect of Drying on the Index Properties of Lateritic Soils. **Geotechnical and Geological Engineering**. v. 30, n. 4, p. 869–879. Aug. 2012.

TANG, D. X., WANG, Q., ZHANG, Q. Y., LI, B. H. Engineering geological study of residual laterite soil of basalt in Leiqiong region. **J. Changchun Univ. Earth Sci.**, v. 22, n.3, p. 317–323. 1992

TOLEDO, M.C.M., OLIVEIRA, S.M.B, MELFI, A. J. **Intemperismo e formação do solo. Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000.

TUNCER, R. E., LOHNES, R. A. An engineering classification of certain basalt derived lateritic soils. **Eng. Geol.** v.11, p. 319–339, 1977.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. **Mapa do Plano Diretor**. 2018. Disponível em: <<http://www.uem.br/mapas/plano-diretor-out-2018.svg>>. Acesso em: 21 mai. 2023.

VATSALA, A.; MURTHY, B.R.S. & HERKAL, R.N. Response of unsaturated soils under different probes. In: **International Conference on Unsaturated Soils**, Pequim, v.1, p.167-172. 1998.

VILLIBOR, D.F. [ET. AL]. **Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbanas**. São Paulo: Arte & Ciência, 2009.

WESLEY, L. **Fundament of Soil Mechanics for Sedimentary and Residual Soils.**

Hoboken, NJ: Wiley. 2009.

WESLEY, L.. **Geotechnical Engineering in Residual Soils.** Hoboken, NJ:Wiley. 2010.

ZHANG, X.W.; KONG, L.W.; YIN, S.; CHEN, C. Engineering geology of basaltic residual soil in Leiqiong, southern China. **Engineering Geology.** V. 220, p. 196-207. March, 2017.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Andressa de Oliveira – Concepção e elaboração do manuscrito. Coleta de dados. Participação ativa da discussão dos resultados. Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

Nelcí Helena Maia Gutierrez – Concepção e elaboração do manuscrito. Coleta de dados. Participação ativa da discussão dos resultados. Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

Guilherme Tsuyoshi Nonose - Concepção. Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito.

FINANCIAMENTO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro – Código de Financiamento 001.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

HISTÓRICO

Recebido em: 18-11-2021

Aprovado em: 23-08-2023