

Análise do perfil geológico e da composição mineralógica de um solo na região de Santana-AP utilizando ensaios de SPT e DRX

Analysis of the geological profile and mineralogical composition of soil in the Santana-AP region using SPT and XRD assays

Flaviany Luise Nogueira de Sousa^{1*}, Marcelo Rassy Teixeira¹, Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira², Nuria Pérez Gallardo², Vitor Vinicius Rodrigues de Matos¹, Rômulo Simões Angélica¹

RESUMO

Em termos gerais, o solo é definido como a camada que se encontra presente na superfície da crosta terrestre, gerado a partir da desagregação da rocha-mãe, por meio de ações intempéricas. No tocante ao Brasil, sabe-se que este país é dotado de diferentes tipos de solos, inclusive, solos com preponderantes quantidades de matéria orgânica. Dentre os solos mais estudados, ressalta-se o solo argiloso, visto ser um solo cujas partículas são de fácil aglutinação, se tornando um solo muito resistente. Nessa perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo analisar um solo coletado na região do Porto de Santana, localizado na cidade de Santana, no estado do Amapá, para traçar um perfil geológico através de ensaio de SPT (*Standart Penetration Test*) e conhecer sua composição mineralógica através de ensaio de DRX (*Difratometria de Raios-X*). As amostras de solos foram coletadas no ano de 2019, e para o ensaio de SPT, foi seguido o determinado pela NBR 6484/2020, da onde foram coletadas 100 amostras. Já para o ensaio de DRX, foram coletadas cerca de 80 amostras, sendo estas colocadas em um Difratômetro de Feixe Divergente, responsável por identificar as fases cristalinas das amostras. O solo apresentou aspecto de grande heterogeneidade na composição do pacote de sedimentos argilosos, podendo indicar a possível causa da sensibilidade geotécnica desse solo. Com este estudo, foi possível inferir que a formação geológica na região do Porto de Santana contribuiu para a constituição de um solo tão sensível, visto ter sido caracterizado como um solo holocênico, com aspectos flúvio-marinhos.

Palavras-chave: Solo argiloso; Solo holocênico; Sensibilidade; Flúvio-marinho; Porto de Santana.

ABSTRACT

In general terms, soil is defined as the layer present on the surface of the Earth's crust that generated from the breakdown of bedrock through weathering actions. Brazil is known to be endowed with different types of soils, including soils with preponderant amounts of organic matter. Among the most studied soils, clayey soil stands out, as its particles are easy to agglutinate, making it very resistant. In this perspective, the aim of the present study was to analyze soil collected in the region of the Port of Santana, located in the city of Santana, in the state of Amapá, to trace a geological profile using the SPT (Standard Penetration Test) assay and assess its mineralogical composition by XRD (X-Ray Diffractometry). The soil samples were collected in 2019. For the SPT assay, the requirements determined by NBR 6484/2020 were followed, in which 100 samples were collected. As for the XRD assay, approximately 80 samples were collected, which were

¹ Universidade Federal do Pará.

*E-mail: engflavialuise@gmail.com.

² Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

placed in a Divergent Beam Diffractometer, responsible for identifying the crystalline phases of the samples. The soil exhibited significant heterogeneity in the composition of the clayey sediment package, which may indicate the possible cause of the geotechnical sensitivity of this soil. With this study, it was possible to infer that the geological formation of the Port of Santana region contributed to the constitution of such a sensitive soil, which was characterized as Holocene soil, with fluvial-marine aspects.

Keywords: Clayey soil; Holocene soil; Sensitivity; Fluvial-marine; Port of Santana.

INTRODUÇÃO

O solo, de acordo com Lima *et al.* (2022), é a camada que se encontra presente na superfície da crosta terrestre, formada a partir da desagregação da rocha-mãe, ou seja, as rochas que formam o manto terrestre se desprendem através de ações intempéricas (sol, chuva, vento, etc.). Importante salientar que esses elementos também interagem com elementos orgânicos, como os seres vivos presentes no meio (plantas e animais), que se decompõem tornando-se, mais tarde, parte dos solos (BARBOSA *et al.*, 2015).

Sabe-se que o Brasil possui diferentes tipos de solos, sendo muitos, inclusive, solos férteis ricos em matéria orgânica (LIMA *et al.*, 2022). E, um dos solos mais estudados pelos pesquisadores brasileiros que contém significativa quantidade de matéria orgânica é o solo argiloso, em virtude das suas características peculiares.

Fato é que o solo argiloso é considerado excelente para atividades de construção, visto ser bastante denso e de fácil aglutinação de partículas, fazendo com que se torne um solo muito resistente (MACHADO; PINHEIRO, 2021). Contudo, para verificação dos tipos de solos e algumas de suas características, é imprescindível compreender algumas informações que podem ser obtidas através do perfil geológico do solo (VILHENA, *et al.*, 2017).

Nessa perspectiva, para estudos geológico-geotécnicos, traçar um perfil do solo permite a visualização (em seções transversais ou longitudinais) da topografia, dos tipos de solos ou de rochas e suas espessuras, além da variação do nível freático, possibilitando obter parâmetros de resistência, compacidade ou consistência dos materiais que constituem determinado terreno (GALVÃO, 2019).

Na engenharia, esse tipo de investigação é essencial para indicar as melhores áreas com solos adequados para se construir, evitando, por exemplo, acidentes geológicos que podem acarretar em desastres de proporções inimagináveis (GALVÃO, 2019). Um caso a ser citado como referência, segundo Souza (2019), foi o acidente geológico no Porto de

Santana (Figura 1), localizado na cidade de Santana-AP, em 28 de março de 2013, que gerou perdas em diversas áreas.

Figura 1 – Situação do local do Porto pós rompimento das camadas do solo, em março de 2013.



Fonte: Jorge Júnior/Agência Amapá (2013).

À vista disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar o solo coletado em uma região do município de Santana, traçando um perfil geológico através de ensaio de SPT (*Standart Penetration Test*), e utilizando outras formas de análise, como o ensaio de Difratomia de Raios-X (DRX) para a investigação dos elementos minerais que o compõem e sua influência nas características deste solo.

MÉTODO

CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Conforme Paschoarelli, Medola e Bonfim (2015), a pesquisa científica permite a ampliação do conhecimento científico, que necessita de um problema a ser estudado. Para os autores, existem inúmeras formas de pesquisa para discutir problemas, portanto, se torna imprescindível ao pesquisador classificar o seu estudo para se entender melhor os objetivos a serem alcançados. Desse modo, a seguir, é realizada a classificação desse estudo acerca dos procedimentos metodológicos aplicados.

O método do trabalho foi classificado segundo os “tipos de pesquisa” de Gerhardt e Silveira (2009). As autoras dividem os métodos quanto à abordagem, natureza, objetivos e procedimentos, conforme pode ser observado no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Classificação do método quanto aos tipos de pesquisa.

CATEGORIAS	CLASSIFICAÇÃO	JUSTIFICATIVA
Quanto à abordagem	Quali-quantitativa	Por considerar o contexto da formação da região de Santana e utilizar a objetividade na coleta e análise dos dados coletados, esta pesquisa é classificada como Quali-quantitativa.
Quanto à natureza	Aplicada	Em virtude deste trabalho se basear em objetivos pré-definidos, visando posterior colaboração à solução de problemas específicos, a pesquisa é aplicada.
Quanto aos objetivos	Explicativa	Por se tratar de um estudo que tenta identificar fatores que contribuem para a ocorrência de fenômenos, podendo assumir a forma de um estudo de caso, caracteriza-se como uma pesquisa explicativa.
Quanto aos procedimentos	Ex-post-facto	A pesquisa busca investigar possíveis relações de causa e efeito do acidente geológico na região de Santana, cujo os dados foram coletados após a ocorrência dos eventos. Dessa forma, a pesquisa é classificada como Ex-post-facto.

Fonte: Elaborado a partir de Gerhardt e Silveira (2009).

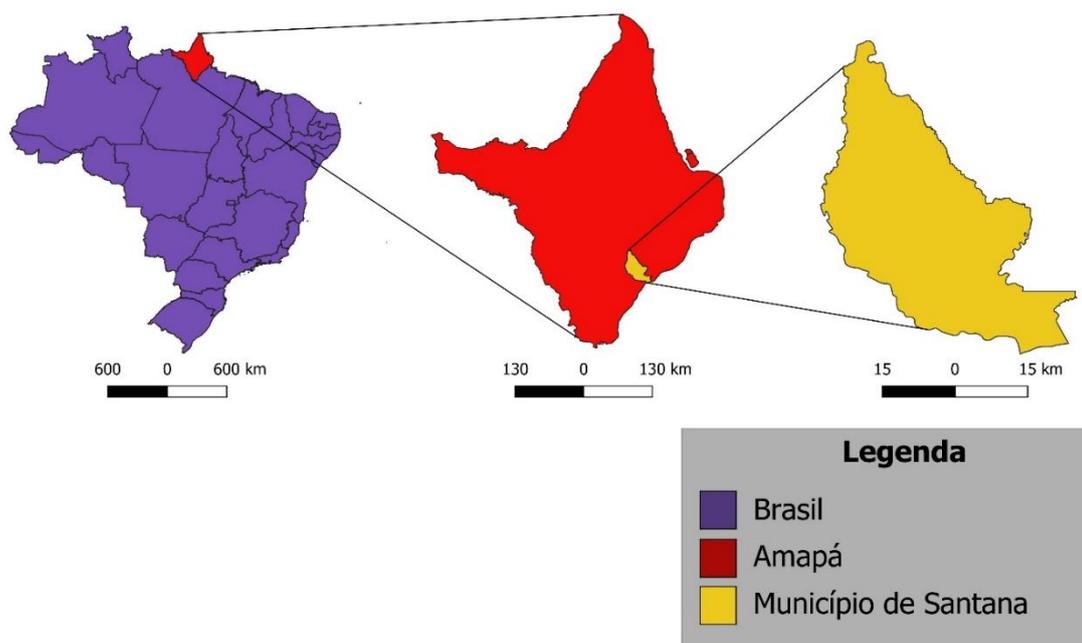
Considerando os fatos analisados, esta pesquisa foi classificada quanto à abordagem, como quali-quantitativa; quanto à natureza, como aplicada; quanto aos objetivos, como explicativa; e quanto aos procedimentos, como *ex-post-facto*.

ÁREA DE ESTUDO

De acordo com os dados do portal do Governo do estado do Amapá (2015), Santana é o segundo maior município do estado, estando localizado à cerca de 17 quilômetros da capital, Macapá. O município foi criado no ano de 1987, e atualmente possui uma população estimada em 112.218 habitantes. Com uma área de 1.559,70 km² (Figura 2), Santana foi se consagrando aos poucos a partir da década de 50, por meio da instalação de uma grande empresa que explorava manganês em Serra do Navio e escoava a produção através da zona portuária de Santana (AMAPÁ, 2015).

Nos portos do município, chegam e partem navios que fazem linha para a capital do Pará, Belém, e outras cidades da região Norte, sendo, por isso, conhecida como porta de entrada fluvial do estado do Amapá. Além disso, também recebe navios cargueiros de bandeira internacional em porto específico (AMAPÁ, 2015).

Figura 2 – Localização do município de Santana, no Amapá.



Fonte: Autores (2022).

No que se refere ao local do município de Santana-AP, de onde foram retiradas as amostras de solo para análise, os pontos estão descritos a seguir.

COMPOSIÇÃO DO PERFIL GEOLÓGICO POR SONDAGEM (SPT)

O ensaio denominado *Standard Penetration Test*, mais conhecido como SPT, é regulamentado pela norma NBR 6484, de 2020. O ensaio consiste na cravação dinâmica de um amostrador padrão no solo, utilizando, para tanto, um martelo de ferro (ABNT, 2020). O objetivo do ensaio é descobrir a resistência a penetração do solo, através da soma dos golpes dados pelo martelo. Contudo, este resultado não será analisado neste trabalho (ABNT, 2020).

Com a STP, também é possível coletar amostras de metro a metro, o que permite realizar uma análise tátil e visual das diferentes camadas do subsolo, até que se encontre o nível do lençol freático (GALVÃO, *et al.*, 2019).

A partir do exposto, no presente trabalho, foram coletadas cerca de 100 (cem) amostras de solo durante o ensaio que, posteriormente, foram levadas para a análise em laboratório para determinação do tipo de solo segundo sua profundidade. Cabe ressaltar que os trabalhos de campo foram realizados no período de 12 a 22/03/2019 e 15/07/2019 a 23/08/2019, em Santana-AP.

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X (DRX)

Das amostras coletadas em campo, 80 (oitenta) foram submetidas ao ensaio. O equipamento utilizado foi um difratômetro de feixe divergente, que identificou as fases cristalinas das amostras, sendo o seu modelo um Empyrean da Malvern Panalytical, cujo tubo de raios X é cerâmico de Co ($K\alpha_1=1,78896 \text{ \AA}$) e filtro $k\beta$ de Fe. As condições aplicadas durante o ensaio foram: varredura de 5° a $110^\circ 2\theta$; voltagem de 40 kV e corrente de 35 mA; tamanho do passo $0,0263^\circ$ em 2θ ; varredura de $3,0072^\circ$ a $94,9979^\circ$ em 2θ ; tempo/passo de 30,6s; fenda divergente de $1/4^\circ$ e anti-espalhamento de $1/2^\circ$; e máscara de 10 mm. Após o ensaio, foram gerados gráficos indicando os minérios presentes nas amostras, os quais serão discutidos nos resultados a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE DA GEOLOGIA LOCAL

Após consultar primeiramente o Mapa Geológico do Amapá, disponibilizado no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004) para obter um pré-conhecimento geológico da área analisada, constatou-se que esta região de Santana está localizada em uma Planície Fluviomarina de Macapá, especificamente no domínio geomorfológico Sul.

Tal domínio é marcado pela influência de processos fluviais do rio Amazonas, como paleocanais, lagos residuais, meandros abandonados, ilhas, etc., e processos costeiros (maré de enchente), levando a erosão e sedimentação, contribuindo significativamente para o desenvolvimento de planícies alagadas.

A planície costeira local é regularmente incisa por terraços de solos terciários pertencentes ao Grupo Barreiras, que se caracteriza por sedimentos argilo-arenosos, areno-argilosos e arenosos a conglomeráticos.

A área de mineração está inserida, no âmbito geológico, na unidade QHfm, denominados de Depósitos Fluviomarinhos holocênicos, como observa-se pelo mapa do IBGE (2004).

Para entender a natureza do substrato geológico da região de Santana antes de verificar os perfis desenvolvidos através dos ensaios, é imprescindível conhecer o significado da unidade geológica mencionada anteriormente (QHfm).

O termo “depósitos” é utilizado em função de sedimentos (sejam argila, silte ou areia), serem alocados e transportados através de algum processo ou agente natural, como rios e marés. Devido a esse sistema de disposição, pode-se dizer que esses sedimentos são considerados muito “jóvens”, segundo uma visão geológica, e por pertencerem a idade holocênica, possuem menos de 10 mil anos, dessa forma, tais sedimentos ainda não foram transformados em rochas sedimentares.

O termo “fluviomarinho”, segundo Farias Filho, Bueno e Valladares (2020), significa que os depósitos foram formados através da dinâmica de carreamento dos sedimentos pelo mar e pelos rios. Essa classificação já era esperada, visto a região de Santana estar bem próxima da foz do Rio Amazonas, possuindo uma influência tanto marinha quanto fluvial.

ANÁLISE DO PERFIL GEOLÓGICO E DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

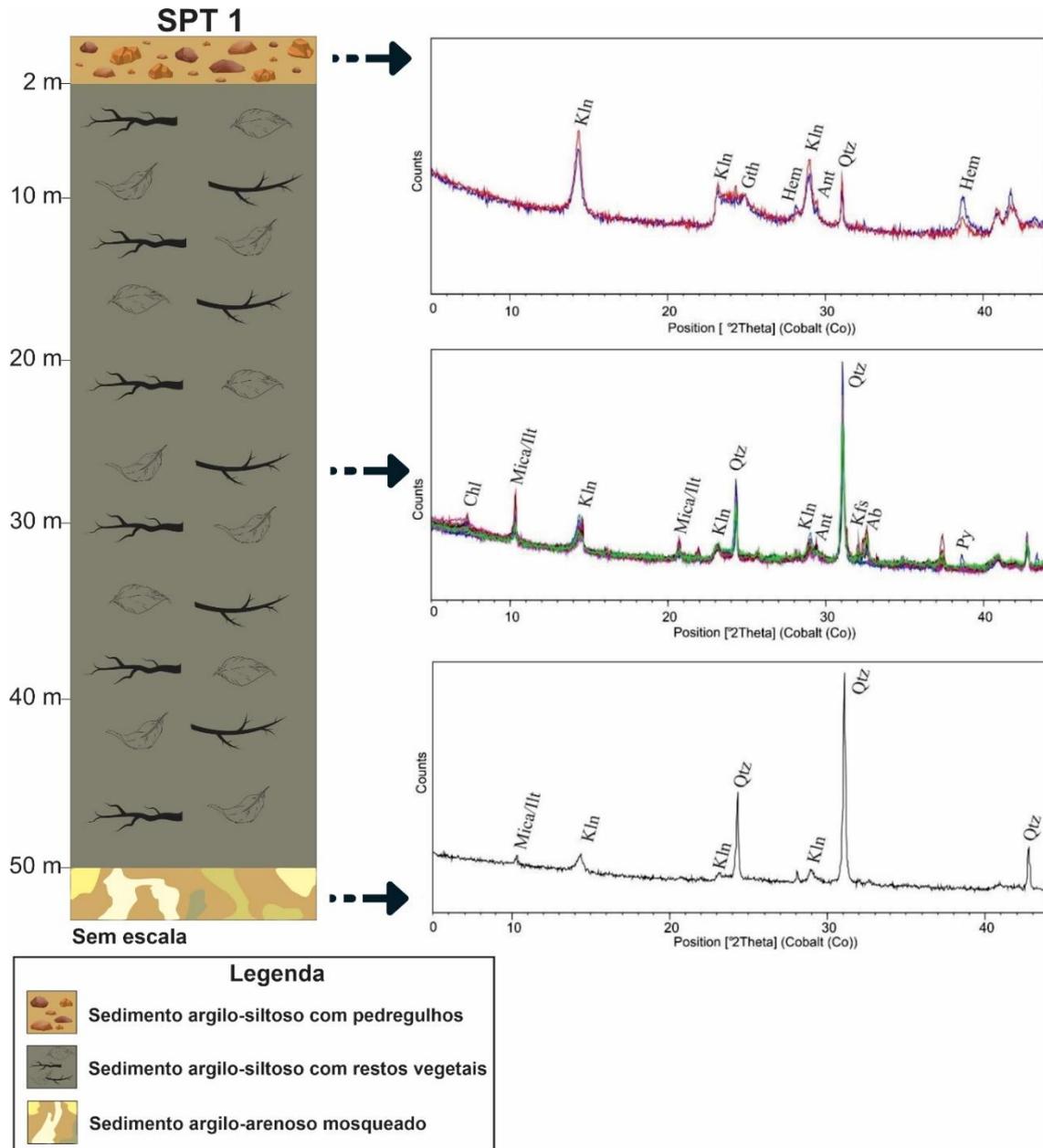
Através dos resultados do ensaio de SPT, foi possível elaborar os perfis geológicos dispostos nas Figuras 3, 5 e 7. De forma geral, os perfis geológicos são compostos, basicamente, do topo para a base, por sedimentos argilo-siltosos (contendo a presença de pedregulhos), sedimentos argilo-siltosos (contendo restos vegetais) e sedimentos argilo-arenosos mosqueados.

As três camadas sedimentares que compõem os perfis geológicos desenhados apresentam uma continuidade lateral, com características texturais, químicas e mineralógicas semelhantes.

A camada do topo era formada por aterro e marcada pela existência de pedregulhos envolvidos por uma matriz argilo-siltosa de coloração variegada. Os minérios que se faziam predominantemente presentes eram a caulinita e quartzo, seguida por hematita, anatásio e goethita. Em todos os três furos, essa camada se estendeu até os dois metros de profundidade.

Já a camada intermediária argilo-siltosa externa uma coloração cinza-escuro, cuja mineralogia é composta por quartzo, caulinita, mica/illita, clorita, K-feldspato, albita, e por algumas vezes, hematita, anatásio e pirita. Esta camada é marcada pela frequência de restos vegetais, principalmente, folhas, raízes e cascas, das quais aparentam ter uma estrutura preservada, e usualmente acompanham a laminação dos sedimentos.

Figura 3 – Perfil geológico do furo SPT1 com composição mineralógica correspondente a cada camada de sedimento (Qtz: quartzo, Kln: Caulinita, Chl: Clorita, Mica/Ilt: Mica/illita, Ant: anatásio, Ab: Albita, Kfs: K-feldspato, Py: pirita, Hem: hematita, Gth: goethita).



Fonte: Autores, 2022.

Solos que possuem elevada quantidade de quartzo na fração mineral (como é o caso de demasiados solos arenosos), geralmente têm uma coloração clara. Obviamente, esta situação muda em função da matéria orgânica, que como destacado anteriormente, foi encontrada no solo analisado.

Na Figura 4, pode ser observado com mais detalhamento os aspectos texturais da camada de argila que contém quantidade significativa de restos vegetais. Além disso,

também pode-se constatar a presença de fragmentos desse solo com laminações plano-paralelas, em aproximadamente 15 cm. Restos vegetais com centro poroso, de espectro mole e esponjoso foram os de maior visibilidade.

Figura 4 – Aspectos texturais da camada argilo-siltosa com matéria orgânica: (a) amostrador SPT com sedimentos vegetais intercalados; (b) fragmento de madeira; (c) amostra com fragmento vegetal seguindo à laminação dos sedimentos; (d) fragmento de madeira com orientação oposta aos sedimentos.

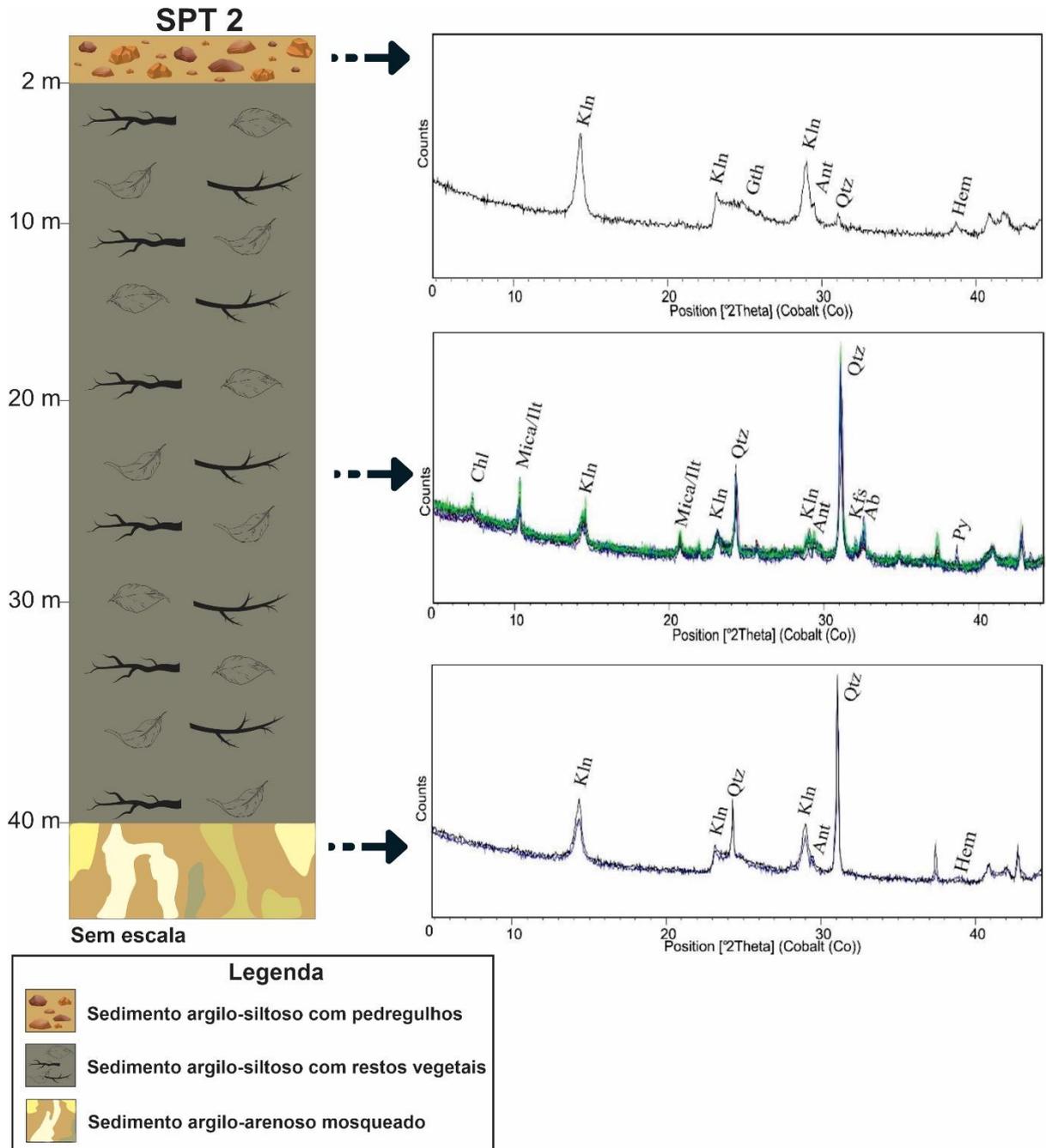


Fonte: Autores, 2022.

Os sedimentos argilo-siltosos, indicam a presença de um solo fino, cuja maioria das partículas são siltes. A sensibilidade de um solo argiloso pode ser avaliada através da amolgação da amostra. No caso, durante o trabalho em campo, percebeu-se que o tipo de sedimento em questão estava extremamente mole e pegajoso após ser amassado com os dedos, podendo ser classificada, segundo sua consistência, como muito mole.

Um solo argilo-siltoso apresenta baixa compactidade, contudo, em alguns níveis possui maior resistência à compressão, componente atribuído precisamente devido aos restos vegetais, ou também em função da sobrecarga de espessos pacotes de aterro.

Figura 5 – Perfil geológico do furo SPT2 com composição mineralógica correspondente a cada camada de sedimento (Qtz: quartzo, Kln: Caulinita, Chl: Clorita, Mica/Ilt: Mica/illita, Ant: anatásio, Ab: Albita, Kfs: K-feldspato, Py: pirita, Hem: hematita, Gth: goethita).



Fonte: Autores, 2022.

A diferença entre este solo e o anterior comentado, foi a presença de restos vegetais na profundidade 2-40 metros. A camada basal é rígida, sendo caracterizada por sedimentos argilo-arenosos, ora com pedregulhos, ora sem (Figura 6), com textura mosqueada, o qual é composta majoritariamente por quartzo e caulinita, e de maneira subordinada e descontínua por anatásio, mica/illita e hematita.

Figura 6 – Sedimentos argilo-arenosos mosqueados encontrados na base do perfil do solo estudado.

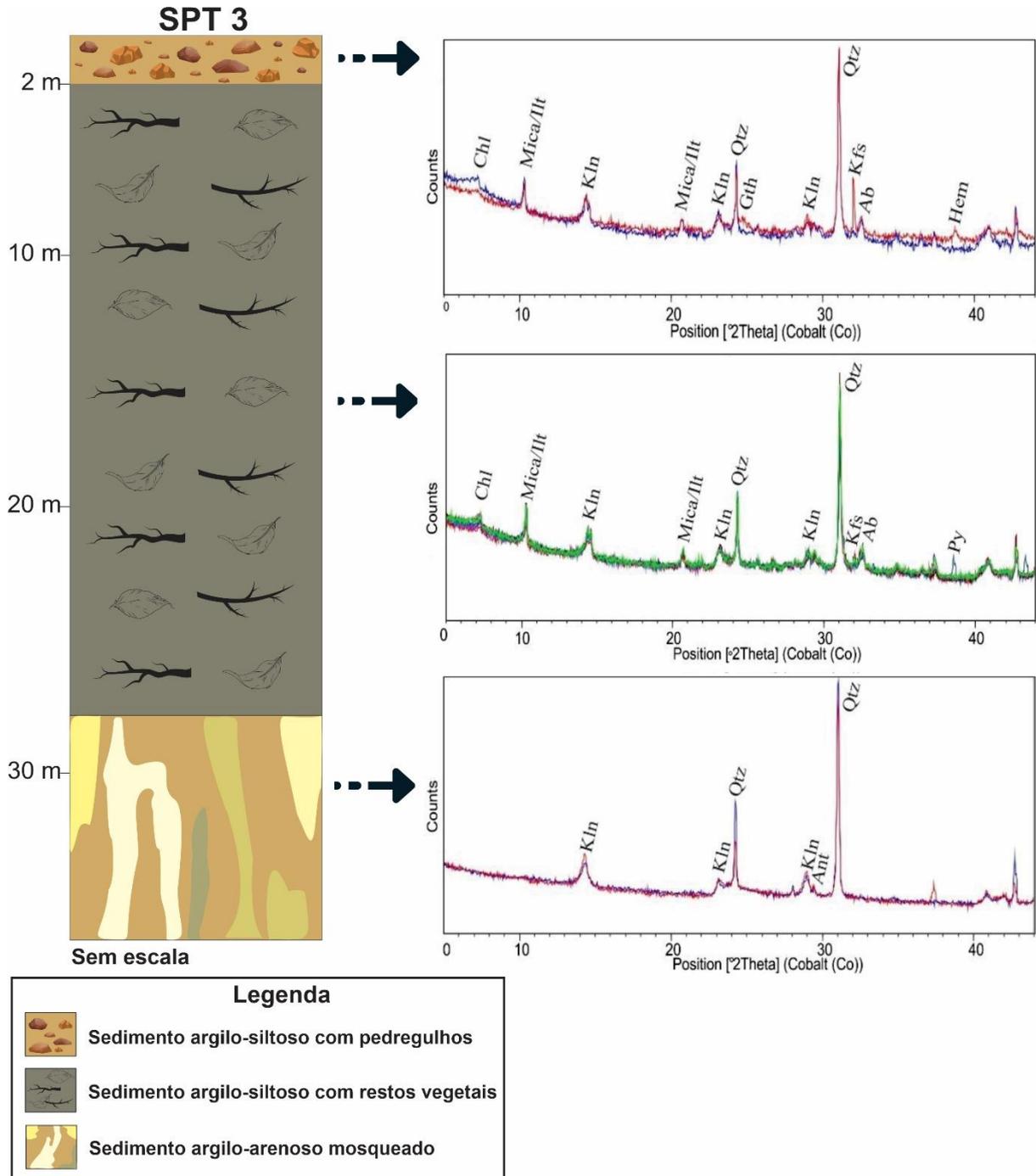


Fonte: Autores, 2022.

Importante salientar que, conforme a imagem anterior, a cor do solo está relacionada a presença preponderante de hematita e goethita, comum em solos ferríferos. A ocorrência de tais óxidos de ferro parecem ser consequência da intemperização de minerais da rocha de origem, ou talvez, herdada de forma direta dela.

Já no perfil traçado pelo SPT3, constatou-se que os sedimentos argilo-arenosos aumentam em profundidade à medida que se aproximam do Rio Amazonas.

Figura 7 – Perfil geológico do furo SPT3 com composição mineralógica correspondente a cada camada de sedimento (Qtz: quartzo, Kln: Caulinita, Chl: Clorita, Mica/Ilt: Mica/illita, Ant: anatásio, Ab: Albita, Kfs: K-feldspato, Py: pirita, Hem: hematita, Gth: goethita).



Fonte: Autores, 2022.

Os resultados apresentados mostram que tais depósitos sedimentares são comuns, em termos de composição, em relação a outros sedimentos flúvio-marinhos de outras regiões estuarianas tropicais, em especial das regiões de manguezais de forte proporção

de matéria orgânica, como os encontrados no estuário do Rio Caetés, região Bragantina, e no nordeste do estado do Pará (BARBOSA, *et al.* 2015; VILHENA, *et al.* 2017).

CONCLUSÃO

Através desse estudo, foi possível inferir que a formação geológica na região estudada no município de Santana-AP, contribuiu para a constituição de um solo tão sensível, visto ter sido caracterizado como um solo holocênico (jovem), cujo processo de sedimentação teve contribuição tanto marinha quanto fluvial, algo característico de solos de manguezais, extremamente moles.

Foi no aspecto da heterogeneidade de composição do pacote de sedimentos argilosos que se percebeu algo que pudesse indicar a possível sensibilidade geotécnica desse solo. Há uma intercalação entre o material orgânico em meio ao solo, composto principalmente por troncos, raízes e folhas, com elevada porosidade marcada por vazios entre os sedimentos.

Este trabalho foi fundamental para confirmar as observações realizadas no local, principalmente quanto a heterogeneidade desse solo, marcada pela presença de matéria orgânica, que aumenta sua sensibilidade, diminuindo a sua resistência.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, p. 28. 2020.

BARBOSA, I. C. C.; MÜLLER, R. C. S.; ALVES, C. N.; BERRÊDO, J. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. Chemical composition of the Bragantino Estuary mangrove sediment (PA) - Brazil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, p. 1087-1101, 2015. Disponível em: <http://rvq.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=179>. Acesso em: 10 jul. 2022.

FARIAS FILHO, M. S. F.; BUENO, C. R. P.; VALLADARES, G. S. Caracterização e classificação de solos hidromórficos sobre os aluviões fluviomarinhas no município de Ararai-MA. **Revista Ra' e Ga**, v. 47, n. 1, p. 85-98, jul. 2020. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/61912/41295>>. Acesso em: 01 ago. 2022.

GALVÃO, B. B. *et al.* Importância da sondagem SPT na construção civil: tipos de sondagens, seus métodos e utilidades. **Pesquisa e ação**, v. 5, n. 2, jun. 2019. Disponível em: <<https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/download/683/719/>>. Acesso em: 05 jun. 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ. **Santana**. 2015. Disponível em: <<https://www.portal.ap.gov.br/conheca/santana>>. Acesso em: 01 jul. 2022.

G1. **Mineradora e ex-diretores são denunciados por desabamento e mortes no Porto de Santana**. 2013. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2020/04/03/mineradora-e-ex-diretores-sao-denunciados-por-desabamento-e-mortes-no-porto-de-santana.ghtml>>. Acesso em: 09 jul. 2022.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

IBGE, 2004. **Estado do Amapá**. Geologia. **Mapa geológico**. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/mapas/unidades_da_federacao/ap_geologia.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2022

MACHADO, G. M. V.; PINHEIRO, B. L. Depósitos fluviais e marinhos na Zona Costeira: uma abordagem sedimentológica e morfológica da região de Vitória, ES. **Revista Geografares**, v. 1, n. 33, p. 229-258, jul./dez. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/35629>>. Acesso em: 09 ago. 2022.

LIMA, R. P.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; FORTI, N. C. S.; PIMENTEL, L. L. Estabilização de solo laterítico utilizando cinza do bagaço da cana de açúcar e cal hidratada. **Matéria**, n. 27, v. 1, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/q7FWrgFdGQbKzDdkWQhVpGj/?lang=pt>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O.; BONFIM, G. H. Características Qualitativas, Quantitativas e Quali-quantitativas de Abordagens Científicas: estudos de caso na subárea do Design Ergonômico. **Revista de Design, Tecnologia e Sociedade**, v. 1, n. 2, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/design-tecnologia-sociedade/article/view/15699>>. Acesso em: 09 ago. 2022.

SOUZA, K. O. *et al.* Desabamento do Porto de Santana-AP em março de 2013: perspectivas de um impacto socioambiental sobre o Rio Amazonas, Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 04, ed. 12, v. 5, p. 48-64, dez. 2019. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/desabamento-do-porto-de-santana-ap>>. Acesso em: 01 ago. 2022.

VILHENA, M. P. S. P.; COSTA, M. L.; BERREDO, J. F.; PAIVA, R. S.; MOREIRA, M. Z. The sources and accumulation of sedimentary organic matter in two estuaries in the Brazilian Northern coast. **Regional Studies in Marine Science**, v. 18, p. 188-196, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352485517300221>>. Acesso em: 02 jul. 2022.

Recebido em: 01/09/2022

Aprovado em: 25/09/2022

Publicado em: 04/10/2022