

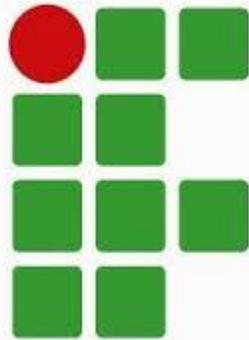


Campus
Belém



CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO COMPOSTO POR CAROÇO DE AÇAÍ UTILIZADO COMO ATERRO EM UMA ÁREA RESIDENCIAL DE BARCARENA/PA

JESSYCA LIMA RIBEIRO



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ
CAMPUS BELÉM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS -
PPGEMAT
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

JESSYCA LIMA RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO COMPOSTO POR CAROÇO DE AÇAÍ E
UTILIZADO COMO ATERRO EM UMA ÁREA RESIDENCIAL DE
BARCARENA/PA**

BELÉM
2019

JESSYCA LIMA RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO COMPOSTO POR CAROÇO DE AÇAÍ
UTILIZADO COMO ATERRO EM UMA ÁREA RESIDENCIAL DE
BARCARENA/PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA – Campus Belém. Como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Materiais

Orientador: Prof. Dr. Oscar Jesus Choque Fernandez.

Co-orientador: Prof. Dr. Laércio Gouvêa Gomes

BELÉM
2019

Dados para catalogação na fonte
Setor de Processamento Técnico
Biblioteca IFPA - Campus Belém

R484c Ribeiro, Jessyca Lima.

Caracterização de um solo composto por caroço de açaí utilizando como aterro em uma área residencial de Barcarena / Jessyca Lima Ribeiro. – Belém, 2019. 65 f.

Impresso por computador.

Orientador: Oscar Jesus Choque Fernandez.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, 2019.

1. Caracterização físico-química. 2. Solo - nivelamento. 3. Caroço. 5. Barcarena - PA. I. Título.

CDD: 624.162

JESSYCA LIMA RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLO UM COMPOSTO POR CAROÇO DE AÇAÍ
UTILIZADO COMO ATERRO EM UMA ÁREA RESIDENCIAL DE
BARCARENA/PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA – Campus Belém. Como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Jesus Choque Fernandez.

Co-orientador: Prof. Dr. Laércio Gouvêa Gomes

Data da defesa: ____/____/____

Conceito: ____

Orientador: Prof. Dr. Oscar Jesus Choque Fernandez
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA Campus Belém
PPGEMAT/IFPA-Campus Belém

Co-Orientador: Prof. Dr. Laercio Gouvêa Gomes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA Campus Belém
PPGEMAT/IFPA-Campus Belém

Profª. Dra. Risete Maria Queiroz Leão Braga
Universidade Federal do Pará
PPGCS/UFPA

Prof. Dr. Jaime Henrique Barbosa da Costa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA Campus Belém
PPGEMAT/IFPA-Campus Belém

BELÉM
2019

À Deus pelo sopro de ânimo diário para a subida de mais um degrau na vida acadêmica profissional. Aos meus filhos pela inocente compreensão da ausência da mamãe. Ao meu marido e seus pais pela ajuda indispensável. À minha avó por nenhum momento deixar o incentivo de lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. Oscar Jesus Choque Fernandez, que não mediu esforço nem tempo para a construção deste trabalho. Sua opinião criteriosa fez o meu crescimento intelectual e técnico.

Ao professor e mestre Kleber Matos, do IFPA. Que foi um professor/orientador incrível! Me iniciou no mundo laboratorial da execução das normas e ensaios, e me ajudou enormemente. Muito obrigada!

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Laercio Gouvêa Gomes, que simplificou os dilemas do trabalho acadêmico e dos regimentos institucionais, além de também, mostrar os caminhos das pesquisas.

Aos grupos de pesquisa da UFPA, que com nossas parcerias me ajudaram a preparar amostras para ensaios específicos e realizar análises mais precisas. Em especial ao GMGA, laboratórios LAMIGA e LCM pelas análises de DRX e preparação de amostras.

Ao APIPA, Edital nº 01/2017/APIPA/PROPPG/IFPA, pela bolsa de incentivo científico, o qual foi devidamente incentivado para o desenvolvimento deste estudo.

Ao IFPA pela oportunidade de buscar a obtenção deste título e estar em constante desenvolvimento tecnológico, apesar dos pesares.

Aos técnicos de laboratório do IFPA, Rosinaldo Fonseca da Silveira, Técnico em mineração do DERIN e Rogério Bentes da Costa pela orientação durante os ensaios.

Aos colegas de curso pelo incentivo constante!

Obrigada!

RESUMO

O estudo em questão se concentrou em caracterizar um solo utilizado como aterro, com caroço de açaí, vislumbrando, a inserção do resíduo do fruto de açaí no nivelamento de solo. Amostras de perfis de aterro foram obtidas em Barcarena/PA, e submetidas a estudos de caracterização físico-química e ensaios mecânicos utilizando diversas técnicas, tanto analíticas quanto mecânicas. As amostras apresentaram quartzo, caulinita, anatásio e goethita, como os principais minerais nos perfis, com distintas variações em profundidade, isso fica demonstrado pela presença predominante de SiO_2 e Al_2O_3 seguida de baixos teores de Fe_2O_3 e TiO_2 . Teores de K_2O , CaO , MgO e ZrO_2 são acessórios. Apresenta quantidades significativas de material volátil. O perfil do solo superficial está constituído por pedregulho e areia em maior proporção que silte e argila, tornando-os permeáveis sem restringir a percolação de efluentes do material orgânico, ou seja, dos resíduos de açaí em camadas mais profundas. O solo muito arenoso apresentou menor limite de liquidez devido a menores percentagens da fração argila no solo. Isso, inclusive, influenciou no método de determinação do limite de liquidez e, portanto, nos valores do índice de plasticidade. A granulometria do solo influi significativamente sobre os limites de consistência do solo da área estudada, sendo que quanto maior a porcentagem da fração areia, menor a plasticidade do solo. Das amostras estudadas uma se destaca por apresentar liquidez e plasticidade adequadas para amostras de solo em aterros. Assim sendo, o material de uma das amostras tem característica plástica podendo ser viável como material para construção e como pode ser usufruído pela comunidade em terrenos residenciais.

Palavras-chave: Caracterização físico-química. Caroço. Solo. Barcarena.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CRESCIMENTO PRODUTIVO DO AÇAÍ NO ESTADO DO PARÁ	13
FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	17
FIGURA 5 - ÁREA DE ESTUDO EM BARCARENA.....	17
FIGURA 6 - MÉTODO DE COLETA DAS AMOSTRAS.....	19
FIGURA 7 - ILUSTRAÇÃO DO TERRENO RESIDENCIAL EM QUE FORAM COLETADAS AS AMOSTRAS	19
FIGURA 2 - LENHA ECOLÓGICA EM FORMATO DE BRIQUETE ORIUNDA, INCLUSIVE, DE CAROÇO DE AÇAÍ	23
FIGURA 3 - MAPA DE BARCARENA E SUA COMPOSIÇÃO ATRAVÉS DOS TIPOS DE SOLOS	26
FIGURA 8 – APARELHO CASAGRANDE UTILIZADO PARA OBTER O LIMITE DE LIQUIDEZ.....	34
FIGURA 9 – PRIMEIRO, SEGUNDO, TERCEIRO E QUARTO CORPOS DE PROVA TESTE DA AMOSTRA A3.	36
FIGURA 10 - ÁREA ALAGADIÇA.	37
FIGURA 11- ÁREA DE COLETA.....	37
FIGURA 12 - PERFIL DAS AMOSTRAS EXTRAIDAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
FIGURA 13- DIFRATOGRAMAS DE DRX DO PERFIL DA AMOSTRA A1, COM A PRESENÇA DE CAULINITA (CAU), QUARTZO (Qz), GOETHITA (Go) E ANATÁSIO (AN)	39
FIGURA 14-DIFRATOGRAMAS DE DRX DO PERFIL DA AMOSTRA A2, COM A PRESENÇA DE CAULINITA (CAU), QUARTZO (Qz), GOETHITA (Go) E ANATÁSIO (AN).....	40
FIGURA 15-DIFRATOGRAMAS DE DRX DO PERFIL DA AMOSTRA A3, COM A PRESENÇA DE CAULINITA (CAU), QUARTZO (Qz), GOETHITA (Go), ANATÁSIO (AN) E HEMATITA (Hm)	40
FIGURA 16- DIFRATOGRAMAS DO PERFIL DA AMOSTRA A4, COM A PRESENÇA DE CAULINITA (CAU), QUARTZO (Qz), (Qz), GOETHITA (Go) E ANATÁSIO (AN).....	41
FIGURA 17- COMPOSIÇÃO QUÍMICA SEGUINDO O PERFIL DE PROFUNDIDADE DO SOLO DA AMOSTRA A1. A) COMPONENTES SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ E K ₂ O; B) COMPONENTES CaO, MgO, ZrO ₂ , SO ₃ E PF	44
FIGURA 18-COMPOSIÇÃO QUÍMICA SEGUINDO O PERFIL DE PROFUNDIDADE DO SOLO DA AMOSTRA A2. A) COMPONENTES SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ E K ₂ O; B) COMPONENTES CaO, MgO, ZrO ₂ , SO ₃ E PF	45
FIGURA 19- COMPOSIÇÃO QUÍMICA SEGUINDO O PERFIL DE PROFUNDIDADE DO SOLO DA AMOSTRA A4. A) COMPONENTES SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ E K ₂ O; B) COMPONENTES CaO, MgO, ZrO ₂ , SO ₃ E PF.	46
FIGURA 20 - CURVAS GRANULOMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DE SOLO A1, A2, A3 E A4 SEGUNDO A ABNT NBR 6502 (1995) E DNER-ME 080/94 (1994).....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 2 - SUBDIVISÃO EM CAMADAS DO PERFIL DAS AMOSTRAS COM SUA CODIFICAÇÃO.....	20
TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS	28
TABELA 3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE SOLO	43
TABELA 4-CARACTERÍSTICAS TEXTURAIIS E LIMITE DE ATTERBERG DAS AMOSTRAS (SEGUNDO ABNT NBR 7181/84, ABNT NBR 6459 LIMITE DE LIQUIDEZ E ABNT NBR 7180 LIMITE DE PLASTICIDADE)	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. JUSTIFICATIVAS	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 Área de Intervenção	17
3.1.2 Coleta das amostras	18
3.1.3 Armazenamento e Secagem	20
3.2 PROCESSO DE OCUPAÇÃO EM ZONAS DE VÁRZEA	20
3.3 O AÇAÍ	22
3.4. CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS	24
3.4.1 Na Amazônia	24
3.4.2 Em Barcarena	25
3.5 CARACTERÍSTICAS DOS ATERROS EM CONSTRUÇÃO CIVIL	26
4. MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1. MÉTODOS	31
4.1.1 Caracterização Mineralógica e Química	31
4.1.1.1 Caracterização física das amostras do solo	31
4.1.1.2 Análises mineralógicas	31
4.1.1.3 Análises químicas	32
4.1.2 Ensaios Físicos	32
4.1.2.1 Ensaios granulométricos do solo	32
4.1.2.2 Ensaios de limites de Atterberg: limite de liquidez e de plasticidade	33
4.1.2.3 Ensaio de limite de liquidez de Atterberg	34
4.1.2.4 Ensaio de limite de plasticidade de Atterberg	35
4.1.3 Ensaios Mecânicos	35
4.1.3.1 Produção de corpos de prova teste	35
5.5 O SOLO RESIDENCIAL PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	51
5.6 RELAÇÃO DO TIPO DE SOLO NA ÁREA INTERVIDA COM A COMUNIDADE	54
6. CONCLUSÕES	56

1. INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada das cidades cria diversos tipos de configurações geográficas concentradas em um mesmo território e, conseqüentemente, proporciona diversas formas de um indivíduo se auto organizar sobre determinado ponto. Diante da recente reorganização do planejamento urbano e das políticas de ordenamento territorial, novas práticas surgem envolvendo a utilização dos elementos naturais presentes no ambiente urbano (ACSELRAD, 2001). Desta forma, também há de se observar que, essa desordem promove o desenvolvimento de moradias em zonas periféricas ou de difícil acesso, como em locais com ladeiras íngremes, margens de rios e igarapés.

Pois, conforme elucida Gonçalves et al (2013), a urbanização não necessariamente estará atrelada a infraestrutura que comporte o crescimento urbano ocorrido em uma cidade, além de, possivelmente, não atender as necessidades básicas daqueles que buscam por locais diferentes aos que outrora ocupavam a fim de melhorarem sua condição de vida. Segundo Alves (2017), o crescimento desordenado da urbanização é um problema que persiste desde a década de 50 e vem aumentando, além disso, todo esse deslocamento à zona urbana proporciona má qualidade de vida das pessoas e aumento da desigualdade social em virtude de não haver o planejamento necessário e a gestão urbana adequada para atender a demanda populacional.

Dessa forma, a fim de melhorar a permanência no local, a população busca se organizar através de modificações nas configurações geográficas daquele local. E, como um efeito dominó e reconhecendo que as cidades constituem um processo dinâmico e complexo, as pessoas realizam suas respectivas adaptações no território em que se encontram (GONÇALVES et al., 2013); por exemplo, uma área de baixada que antes servia como forma de escoamento da água da chuva e, hoje, possui diversas moradias.

Com base nisso, e em virtude dessa má gestão urbana proporcionada, principalmente, pela ausência de estruturação prévia para atender a população instalada, os projetos urbanos começam a promover significativos impactos no meio ambiente realizando ajustes no solo a fim de comportar as pessoas que venham a habitá-lo que, diante de tal cenário, já não possuirá o devido planejamento para futuras instalações.

Ademais, de acordo com Alves (2017), as áreas próximas às margens dos rios detêm grande concentração populacional, em situação precária e emergida em um cenário sem infraestrutura adequada, a qual não fornece o tratamento dos efluentes domésticos que são

escoados nos ecossistemas aquáticos, assim como, as margens dos rios possuem a vegetação ciliar retirada, diminuindo a área da calha do rio e, conseqüentemente, promove o surgimento de alagamentos. Conforme Rodrigues (2012), “o avanço da ocupação urbana nas áreas de várzea leva à instalação de usos do solo não condizentes com os princípios de preservação ambiental aplicados ao meio urbano”.

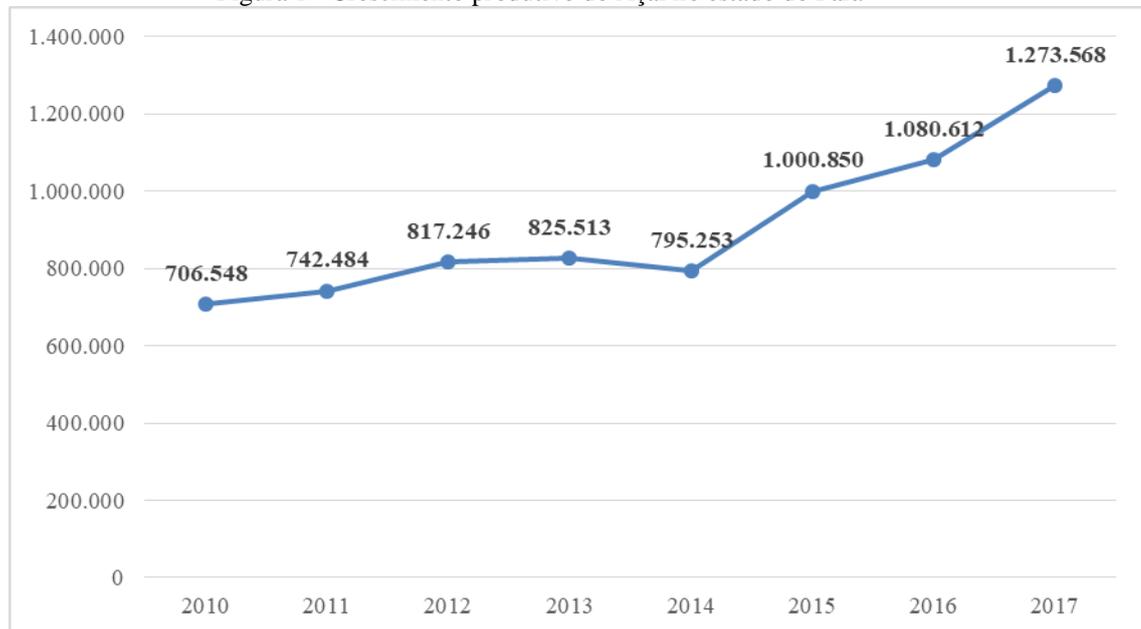
Segundo Peixoto (2017), é recorrente que ocorra nesses terrenos instáveis a utilização de aterro para que a elevação do solo permita a drenagem e a ocupação, visto que a urbanização em áreas de várzea é, geralmente, realizada através do nivelamento da superfície construída. Diante disso, a abordagem do estudo compreende a utilização do aterro em áreas de várzeas, ou seja, locais em que há alagamentos e, por conta disso, se caracterizam por serem povoados e gradualmente adaptados.

É em face do contexto econômico-social sustentável, buscou-se evidenciar a utilização do aterro em áreas de várzea oriundos de resíduos que outrora poderiam ser descartados sem nenhuma preocupação ambiental. Vale destacar que, conforme afirmado por Brenda (2008) e Almeida et al (2017), o aumento populacional, assim como o dos padrões de produção e consumo, proporciona a elevação da quantidade e variedade de resíduos que geralmente são depositados em locais inadequados, prejudicando ainda mais o meio ambiente.

Considerando que antigamente a reciclagem de materiais surgiu da necessidade ambiental em diminuir a carga de resíduos presente nos aterros e lixões; atualmente a busca pela atenuação da quantidade de resíduos produzidos ainda persiste, no entanto, encontra-se cada vez mais atrelada a métodos fornecidos pela engenharia como a maximização do uso dos resíduos através de sua reutilização inserindo-o no ciclo de produção. (ALMEIDA et al, 2017)

Ainda segundo a autora, um forte exemplo de produto com potencial de revalorização de resíduos é o açaí, *commodity* com destaque em âmbito nacional e internacional que, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018), é um fruto em expansão produtiva, obtendo, em 2017, a maior participação no valor de produção dentro do grupo qualificado como Alimentícios e uma produção concentrada principalmente na região Norte cujo volume alcançou 1.273.000 toneladas, superando o ano de 2016 e acarretando o aumento de 10,5% no valor de produção. É possível ver essa expansão atual do fruto frente aos anos anteriores através dos dados fornecidos pela Secretaria do Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca do Pará (SEDAP-PA), na figura 1, em consonância com o IBGE.

Figura 1 - Crescimento produtivo do Açaí no estado do Pará



Fonte: Adaptado de SEAD-PA (2018)

Vale ressaltar que em Belém, capital do estado do Pará, a comercialização do fruto encontra-se de 100.000 a 120.000 toneladas anualmente, mas também gera cerca de 300 toneladas por dia de lixo orgânico composto, principalmente, por caroços e fibras (ROGEZ et al., 2012). Essa percepção da quantidade de resíduo gerada pelo açaí é ampliada, sobretudo, tendo em vista que o estado do Pará se posiciona como o principal produtor do fruto no país alcançando 98,3% do total produzido nacionalmente em 2016 (IBGE, 2017)

No entanto, de acordo com Almeida et al (2017), o produto final resultante da cadeia do açaí é o chamado “vinho do açaí” que compreende apenas 15% do que é beneficiado do fruto, ou seja, os outros 85% são resíduos, especificamente, caroço e fibras que são descartados como rejeitos orgânicos. Para compreender melhor a quantidade de resíduos gerados no Pará, Homma e Tavares (2015) elucidam que, em 2014, somente nos maiores municípios produtores de polpa (Castanhal e Belém), foram produzidas mais de 30.000 toneladas de polpa o que acarretaram mais de 170.000 toneladas de resíduos (ou mais de 465 t/dia), que demandam uma destinação adequada a fim de evitar prejuízos ao solo onde esse resíduo venha a ser depositado.

O descarte sustentável tem sido a busca de autoridades responsáveis a fim de atender exigências ambientais e promover um cenário condizente com a sustentabilidade, haja vista que é um assunto debatido internacionalmente em conferências ambientais. Um exemplo foi, na década de 80, com o Relatório de Brundtland (1987) que possuía como definição geral:

"suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas".

Diante desse cenário no qual há a aplicação de metodologias atrelada à utilização da tecnologia que visem atenuar ou extinguir danos que venham a prejudicar as gerações atuais e futuras e tendo em vista a potencialidade vivenciada pelo estado do Pará no que diz respeito à produção do açaí, estudiosos e pesquisadores têm buscado formas de destinação adequadas para o volume de resíduos dos frutos e, uma delas, tem sido o seu reaproveitamento, conforme abordado pelo site de notícias, G1-PA (2017) que evidenciou a reutilização desse resíduo na produção de energia, tratamento de câncer, na fabricação de móveis, como também na produção de carvão vegetal.

O questionamento trazido por este estudo, além de abordar o contexto vivenciado pelo estado do Pará quanto à produção de açaí, visa responder “Como o solo com caroço de açaí utilizado como aterro, em uma área residencial de Barcarena – PA, uma vez caracterizado, pode auxiliar no entendimento de construções futuras?”

1.1. JUSTIFICATIVAS

Estudos que abordem especificamente sobre a utilização do aterro cuja composição possui caroço de açaí ainda são escassos, haja vista que a utilização de aterro é uma prática pouco observada nos grandes centros urbanos; outro ponto é que, conforme Fajardo et al. (2009), existem poucas pesquisas sobre caracterização nos solos de várzea. Além disso, por ser algo vivenciado principalmente em zonas periféricas, a pesquisa abrange a ordenação urbanística existente, pois, de acordo com Sanches (2012), os solos das regiões periféricas possuem, em geral, características que o tornam deficiente do ponto de vista geotécnico e, conseqüentemente, frágeis quanto à implementação de estruturas. Aborda também a gestão dos resíduos sólidos do açaí, bem como seu beneficiamento econômico, tendo em vista o destaque que o fruto possui no estado do Pará quanto aos aspectos social, econômico e cultural.

Desse modo, a questão levantada surte um grande estímulo em sua resolução, pois alguns pontos são considerados, tais como, a imersão da autora no contexto regional, o destaque vivenciado pelo estado devido a um fruto que está culturalmente enraizado, representando-o diante das demais regiões brasileiras, bem como todo movimento econômico conduzido pela produção do açaí.

A cidade de Abaetetuba, no Pará, fica a 47 km de distância de Barcarena, área de estudo e intervenção deste trabalho, e viveu um episódio inédito no dia 07 de janeiro de 2014, um sábado. O bairro da cidade de Abaetetuba, São José, que fica as margens do rio, foi “engolido” por um buraco que se abriu no meio de uma das ruas e desmoronou as casas ao redor. 78 famílias foram atingidas e as causas do desmoronamento foram a má qualidade do solo utilizado no aterro dos terrenos. Moradores mais antigos relatam que não havia estrutura necessária para tantas construções como antes do desastre, e que toda a área foi aterrada com entulhos, lixo, cacos de telha, argila, matéria orgânica, materiais impróprios para tal função, além de haver edifícios com mais de um pavimento, acarretando ainda mais esforço ao solo frágil. Este é um caso típico da influência direta da qualidade do solo para a construção residencial e o efetivo cuidado que deve haver. Desta forma desenvolvemos este trabalho buscando melhorias neste âmbito.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas técnicas e métodos existentes as quais foram embasadas em conhecimentos teóricos equivalentes, como o uso de técnicas de caracterização e análise de materiais, o cumprimento de normas estabelecidas pelos órgãos competentes. Diante disso, o estudo preocupou-se em usar metodologias que fomentassem a análise, haja vista que é um ponto crucial na obtenção de resultados de fato relevantes.

A prática de nivelamento de solos, em regiões periféricas, com lixos orgânicos e materiais inadequados é uma prática comum, mas que podem ocasionar problemas estruturais, por exemplo, em uma construção que não há nivelamento adequado do solo e uso de material apropriado ou mesmo sem a certeza da boa compactação deste solo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Tendo em vista a acentuação do cenário socioambiental tocante a destinação adequada de resíduos sólidos, busca-se evidenciar a caracterização de um solo, o qual é utilizado como aterro, composto por caroços de açaí, ou seja, rejeitos oriundos do fruto mais produzido no estado do Pará, região na qual se insere o local objeto do estudo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

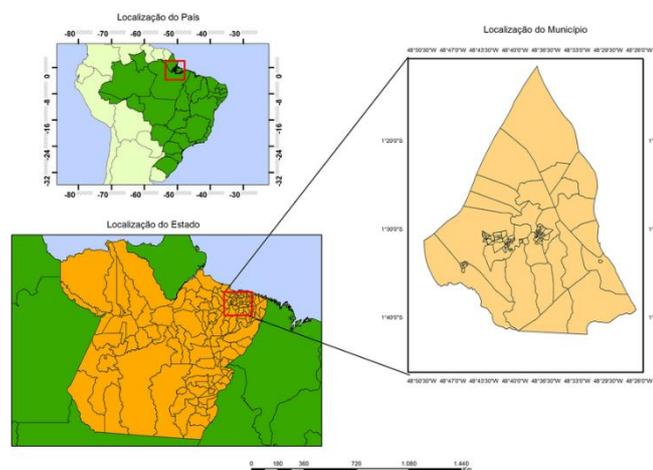
- Caracterizar dos solos com caroços de açaí usados para aterro em terrenos residenciais na região de Barcarena – Pará;
- Analisar as características físicas, químicas e mineralógicas;
- Estudar as amostras conforme perfil geotécnico;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Área de Intervenção

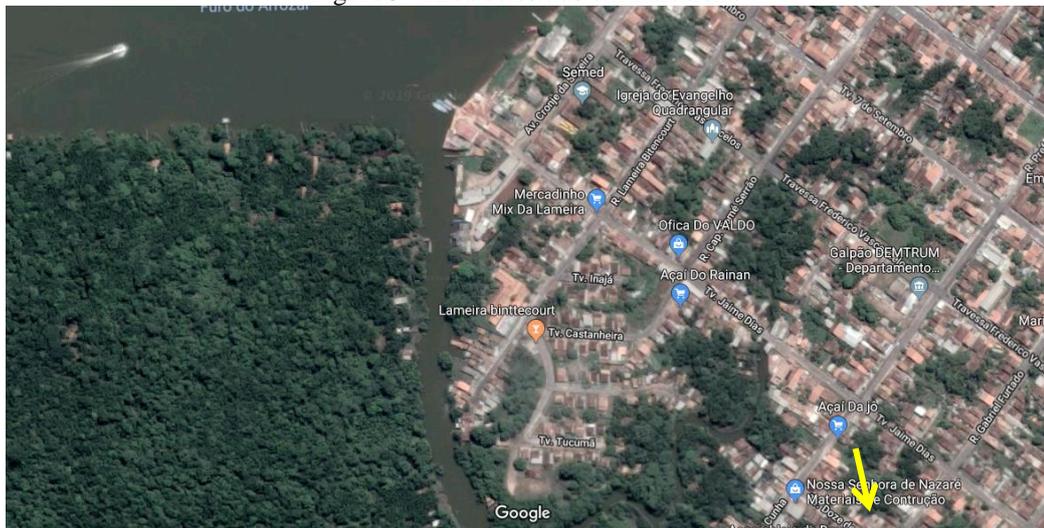
A localização de área de estudo corresponde a um terreno residencial localizado no Bairro Novo no município de Barcarena, estado do Pará, conforme ilustra as figuras 4 e 5. Na figura 5 temos um a melhor visualização do local de coleta das amostras como mostra a seta em destaque.

Figura 2 - Localização Geográfica da área de estudo



Fonte: Google Imagens

Figura 3 - Área de estudo em Barcarena



Fonte: Google Maps

O município de Barcarena está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi. A geologia da área de intervenção está inserida nos sedimentos Plio-Miocênicos da Formação Barreiras. Essa Formação é constituída por um encadeamento de sedimentos formados por agregações faciológicas que apresentam as seguintes particularidades: (a) sedimentos

conglomeráticos, comumente espessos, que se caracterizam pela disposição inclinada quanto à estratificação; (b) sedimentos de composição arenosa, apresentando areia e argila de forma entremeada e estruturas; (c) material sedimentar argiloso preponderante, composto por lâminas planas e equivalentes (ROSSETTI et al, 1989).

Na Bacia podem ser observados relevo em feição de pequenos planaltos rebaixados em forma de tabuleiros, os mesmos caracterizam-se pela feição suavemente ondulada, apresentando altitudes acima de 30 metros. Há também a ocorrência de terraços que variam de 5 a 10 metros, os quais estão posicionados dentro da bacia. As planícies de inundação correspondem de 0 a 5 metros se encontrado às margens do leito fluvial.

Em Barcarena são encontrados predominantemente os solos: concrecionário laterítico, que consiste em solos argilosos ou argilo-arenosos, com presença de concreções ferruginosas, medianamente espessos, formados em superfícies planas ou suavemente onduladas e sob floresta densa; latossolo amarelo distrófico, formado em relevo plano sob floresta densa; e podzol hidromórfico, constituído por sedimentos arenosos, predominantemente do Quaternário, bem drenados e com ausência de materiais primários de decomposição (RADAM, 1974).

Os solos onde estão localizados os terrenos residenciais são, predominantemente, do tipo Latossolo Amarelo Distrófico desenvolvidos a partir dos sedimentos do Grupo Barreiras, intensamente lateritizados de área de várzea e com abundante deposição de material orgânico principalmente na forma de resíduos de açaí e outros. A área de estudo está perto do furo do Arrozal com afluente do Rio Itaporanga. Esses rios deságuam na Baía de Marajó.

O terreno residencial está localizado no Bairro Novo no município de Barcarena. Sobre o mesmo foram estudadas e coletadas amostras de solos de até 30 cm. Esse material refere-se a um solo que possui caroço de açaí cuja identificação é facilmente detectável. No local foi observado que o caroço foi adicionado ao solo sem qualquer preocupação em relação à uniformidade, ou seja, foi sendo depositado de forma natural à medida que fosse necessário.

3.1.2 Coleta das amostras

Para coleta, buscou-se seguir a prescrição estabelecida na norma 002/94 do DNER-PRO (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), na obtenção das amostras foi utilizada a cavadeira boca de lobo (figura 6), e, para identificação, elas foram qualificadas de acordo com

a ordem em que eram coletadas em A1, A2, A3 e A4 as quais possuíam dimensões de 30cm de comprimento e 10cm de diâmetro.

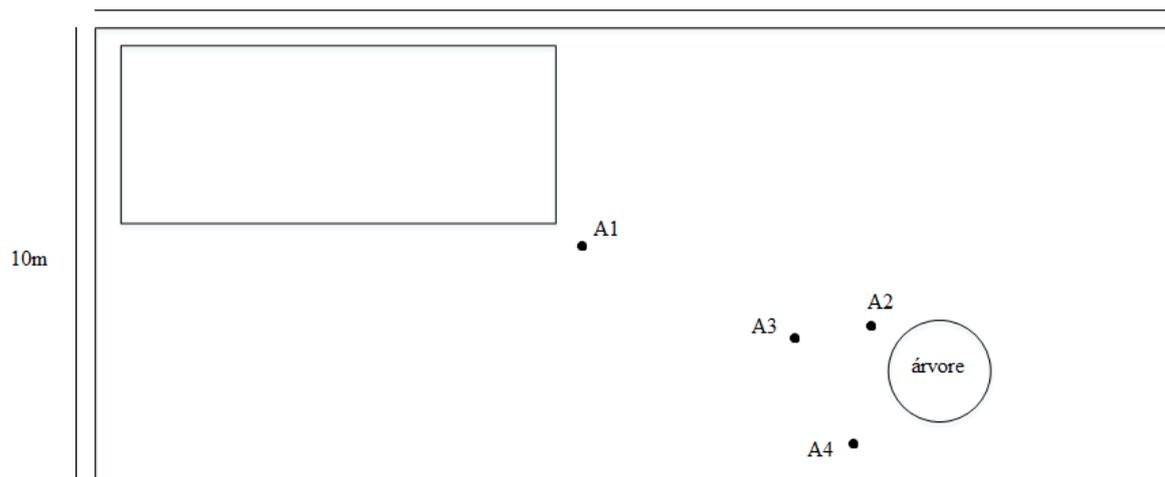
Figura 4 - Método de coleta das amostras



Fonte: A autora (2018)

Não foi realizada a padronização da distância entre as amostras a fim de coletar materiais de maneira aleatória que não viesse a contemplar possíveis tendências, entretanto, para facilitar o entendimento, foi elaborado um esquema, demonstrado na figura 7, o qual ilustra os pontos em que ocorreram a coleta.

Figura 5 - Ilustração do terreno residencial em que foram coletadas as amostras



Fonte: A autora (2018)

Além disso, durante a coleta foi observado que, abaixo de 30cm de profundidade obtinha-se uma constância em relação ao tipo de material, ou seja, abaixo dessa profundidade

o mesmo material era encontrado, portanto, essa medida foi estabelecida como parâmetro para a obtenção das amostras posteriores.

As amostras foram colocadas em sacos plásticos e organizadas evidenciando o perfil da amostra. As quantidades do material coletado possuem massa em torno de 4kg, no entanto, para ensaios posteriores foram coletados mais materiais no mesmo local. Após retirada e acondicionamento em laboratório para secagem prévia, as amostras foram subdivididas pela textura e coloração distintiva das camadas dos perfis e organizadas como mostra a tabela 2. Dessas camadas distintas foram retiradas pequenas alíquotas de amostra e preparadas para análises químicos e mineralógicos. Quantidades de amostra total foram usadas para ensaios físicos e mecânicos.

Tabela 1 - Subdivisão em camadas do perfil das amostras com sua codificação

CÓDIGO DA AMOSTRA	CAMADA DA AMOSTRA
A 1	A1 – 1 (5 cm a partir do topo) TOPO
	A1 – 2 (6 a 7cm do centro) CENTRO
	A1 – 3 (de 8 a 30 cm na base) BASE
A 2	A2 – 1 (15 cm do topo) TOPO
	A2 – 2 (15 cm da base) BASE
A 3	A3
A 4	A4 – 1 (5 cm do topo) TOPO
	A4 – 2 (6 a 10 cm do centro) CENTRO
	A4 – 3 (15cm da base) BASE

Fonte: A autora (2018)

A amostra A3, diferente das demais, foi a única a apresentar homogeneidade, ou seja, sem camadas distintas e, por esse motivo, somente ela não ocorreu a necessidade de subdivisões.

3.1.3 Armazenamento e Secagem

As amostras do solo foram acondicionadas em bandejas de plástico no laboratório para secagem prévia. A secagem das amostras seguiu a referência da norma NBR 6484, que trata da identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento de solos.

3.2 PROCESSO DE OCUPAÇÃO EM ZONAS DE VÁRZEA

O processo de urbanização vivenciado hoje chegou em níveis não imaginados e isso decorre da evolução vivida nos últimos anos, sobretudo, devido ao foco dado às cidades para

ser o *locus* de reprodução do desenvolvimento produtivo. Entretanto, a cidade também contextualiza contradições e desigualdades representadas por manifestações de hierarquização da população conforme o espaço é modificado, o qual encontra-se atrelado a atividades econômicas. Observa-se que à medida que a cidade se expande, a população que detém menor poder aquisitivo é retraída aos espaços mais afastados, como periferias, loteamentos urbanos clandestinos, baixadas alagadas, entre outros; cenários marcados por péssimas qualidades social e ambiental e deficiência em infraestruturas. (DIAS, 2007)

Segundo Costa et al. (2016), a intensificação da urbanização, sobretudo, de assentamentos humanos precários nas cidades é uma das maiores preocupações no que diz respeito aos processos de mudanças que vêm ocorrendo. E sobre essa ótica, a Região Amazônica também se encontra, tendo em vista que constitui um ponto de conflito entre a população e o ambiente o qual se instala. De acordo com os autores, há uma forte conexão da região com os rios, haja vista que as primeiras cidades surgiram próximas a eles, nas várzeas, em função de facilitar o abastecimento hídrico e alimentar, portanto, há na região Amazônica uma grande ocupação das áreas de várzea

Ademais, as áreas qualificadas como de várzea, na Amazônia, além de possuírem uma grande concentração populacional, têm, na maioria das vezes, a espacialidade imposta por quem a habita, ou seja, os seus ocupantes buscam adaptá-las ao modo que melhor lhe atendam, sendo que não configuram adaptações homogêneas (OLIVEIRA, 2014). Outro ponto é que, Penteado (1968) revela uma relação social com as áreas habitadas:

“Em Belém as áreas de terra firme foram consideradas mais favoráveis e menos insalubres em relação às áreas alagadiças próximas às terras costeiras, configurando a formação da área central de Belém em terras mais altas e saneadas, ocupadas por famílias de maior renda, enquanto em sua volta, em terrenos mais baixos e alagadiços, a população era mais empobrecida” (PENTEADO, 1968).

Entretanto, quando ocorre o aumento do povoamento de cidades nas regiões periféricas do Norte, que costumam ser regiões as margens de rios, os moradores são submetidos a condições equivalentes a dos ribeirinhos (habitantes vivem nas beiras dos rios) e, portanto, enfrentando as mesmas dificuldades. Em Belém, no estado do Pará, situações como essas são comuns, haja vista a existência de áreas de várzeas no centro da cidade. Na cidade de Barcarena, município do estado, também é possível encontrar exemplos como aos da capital, sobretudo, porque tal município foi expandido a partir das margens dos rios.

Com base nisso, a permanência em locais demanda de seus moradores modificações a fim de que encontrem o “seu espaço” e, dessa forma, as construções de casas foram sendo realizadas em consonância com a disponibilidade de materiais que favorecem instalações em margens, calhas e planícies de inundação em geral. Todo esse processo de urbanização foi caracterizado como precário por afetar a qualidade das águas devido ao lançamento de esgoto e resíduos e impermeabilidade do solo. Além disso, constantes adensamentos e consolidações nas áreas de várzeas foram sendo realizadas em função do aproveitamento do solo (LEÃO, 2017).

E em busca de estruturar o meio em que vive, a população mais pobre começou a aterrar o solo utilizando restos de materiais oriundos de lixo, construção, caroços de açaí e piçarra, tal conclusão foi possível através de um estudo de campo realizado por Araújo (2008) em 2007. De acordo com a autora, todo esse esforço e o uso de aterro, permitiram o aumento de construção de moradias que, inicialmente, eram ligadas ao solo firme por meio de estivas (pontes de madeira), atualmente, substituídas por concreto. Vale dizer, que toda essa perspectiva considera a região amazônica e mais especificamente a capital do estado do Pará em sua forma de ocupação nas margens dos rios.

Além disso, por meio de Cardoso (2007), essa substituição das estivas por concreto, conforme elucida Araújo (2008), é possibilitada pelo uso de aterro que passa a configurar como uma forma estrutural à população que dispunha do método para viabilizar suas construções e, assim, expandir-se e consolidar-se em seus assentamentos.

3.3 O AÇAÍ

O açazeiro (*Euterpe oleracea Mart.*) é nativo da Amazônia brasileira e o estado do Pará é o principal centro de dispersão natural dessa palmácea; do açazeiro é retirado o seu fruto, o açaí. O açazeiro se destaca por sua abundância e por produzir alimento às populações locais, além de ser a principal fonte de matéria-prima para a agroindústria de palmito no Brasil.

Dos frutos do açazeiro é extraído o vinho, polpa ou simplesmente açaí, como é conhecido na região. O açaí é habitualmente consumido com farinha de mandioca, associado ao peixe, camarão ou carne, tornando-se o alimento básico para as populações de origem ribeirinha.

O caroço corresponde a 85% do peso total, do qual a borra é utilizada na produção de cosméticos e bijuteria por exemplo. As fibras comumente são destinadas a fabricação de

móveis, placas acústicas, xaxim, compensados, indústria automobilística, entre outros; os caroços limpos são utilizados na industrialização de produtos, na torrefação de café, panificação, extração de óleo comestível, fitoterápicos e ração animal, além de uso na geração de vapor, carvão vegetal, adubo orgânico e até mesmo em lenha ecológica (Figura 2). A polpa representa 15% e é aproveitada de forma tradicional no consumo alimentar, sorvetes e outros produtos derivados (TINOCO, 2005).

Figura 6 - Lenha ecológica em formato de briquete oriunda, inclusive, de caroço de açaí



Fonte: Folha Boa Vista (2017)

Análises de características físico-químicas são necessárias para o tratamento adequado do material. Estudos de análises microscópicas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em caroço do açai, realizados por Barreira (2009), indicam: a presença do tegumento rígido, uma mistura de tegumento, embrião e endosperma. Em endosperma encontra-se partículas maiores. As superfícies das frações do endocarpo apresentam rugosidade e filamentos tubulares, pois apresentam material menos rígido.

Dentre os principais componentes químicos presentes na espécie se destacam: antocianinas, proantocianidinas e outros flavonóides, como a ciandina- 3-glucosídeo e vílio-3-rutinosídeo detectados como compostos predominantes. (BARREIRA, 2009 apud SCHAUSS et al., 2006)

De acordo com Martins e Mattoso, (2009), os estudos com fibras de açai feitos por análises térmicas, como TG (termogravimetria) e DTG (derivada da termogravimetria), indicam que inicialmente, até 100 °C, ocorre pequena variação com redução de cerca de 5%

em massa devido à perda de umidade. A maior variação ocorre a partir de 230 °C, com perda de 65% da massa, atribuída à decomposição da hemicelulose e à quebra de ligações da celulose. A terceira etapa na variação de massa ocorreu a partir de 370 °C devido à decomposição final da celulose e da lignina, com teor final de resíduos de 18%. A temperatura em que ocorre 50% de decomposição da massa é considerada como um índice da estabilidade térmica do material (CANEVAROLO, 2004). Ainda nesses estudos, observou-se que essa redução da massa inicial ocorreu em 350° C. A curva de DTG mostrou um pico inicial em 50 °C correspondente à eliminação de água. Depois desse pico, observa-se que as fibras apresentaram uma degradação em três etapas: um primeiro pico a 280 °C, relacionado à despolimerização da hemicelulose; um segundo pico a 345 °C, atribuído à decomposição da celulose e da lignina; um pequeno pico, em 610 °C, atribuído à degradação dos resíduos.

3.4. CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS

3.4.1 Na Amazônia

Amazônia é um bioma de grande extensão e, como qualquer bioma, não compreende apenas frondosas florestas. De acordo com Cruz et al. (2011), a “Amazônia é uma extensa região apresentando elevada diversidade geológicas, geomorfológicas, edáficas, climáticas e de vegetação – assemelhando-se a uma colcha de retalhos”. Os solos da Amazônia são formados pelas seguintes características: extrema pobreza em fósforo; acidez elevada; saturação por alumínio alta; baixa CTC (capacidade de troca de cátions); pobreza em macro e micronutrientes; reduzida fixação de fósforo; lençol freático elevado na grande maioria dos solos; densidade do solo elevada; adensamento e susceptibilidade à compactação; susceptibilidade a erosão nos solos de relevo movimentado e erosão laminar ligeira nas áreas de Savana (CRUZ et al., 2011).

Na Amazônia, a diversidade de solos é um reflexo dos fatores de formação, como relevo, geologia, clima, bióticos e feições da paisagem. A porção central (estado do Amazonas) é caracterizada por ser uma região sedimentar, ou seja, sedimentos terciários a holocênicos, associados aos Latossolo Amarelo Distrófico e Distrocioso, argissolo amarelo distrófico e plintossolos (CRUZ et al., 2011).

Na Amazônia brasileira predominam, na superfície ocupada, dois padrões de solos: os de terra firme (87%), com pH variando de 4,5 a 6,5 e, normalmente, pobres em cálcio; e os de

várzea (13%), situados às margens dos rios com influência constante das marés (HOMMA E NASCIMENTO, 1984).

3.4.2 Em Barcarena

De acordo com Andrade et. al (1974), que abordou sobre o projeto RADAM, e de acordo com Relatório emitido pela Companhia Docas do Pará (CDP), em 2016, na região de Barcarena são observados predominantemente três tipos de solo: Latossolo Amarelo Distrófico, Podzol Hidromórfico e o Concrecionário Laterítico (Figura 3).

Conforme afirma Braga (2010):

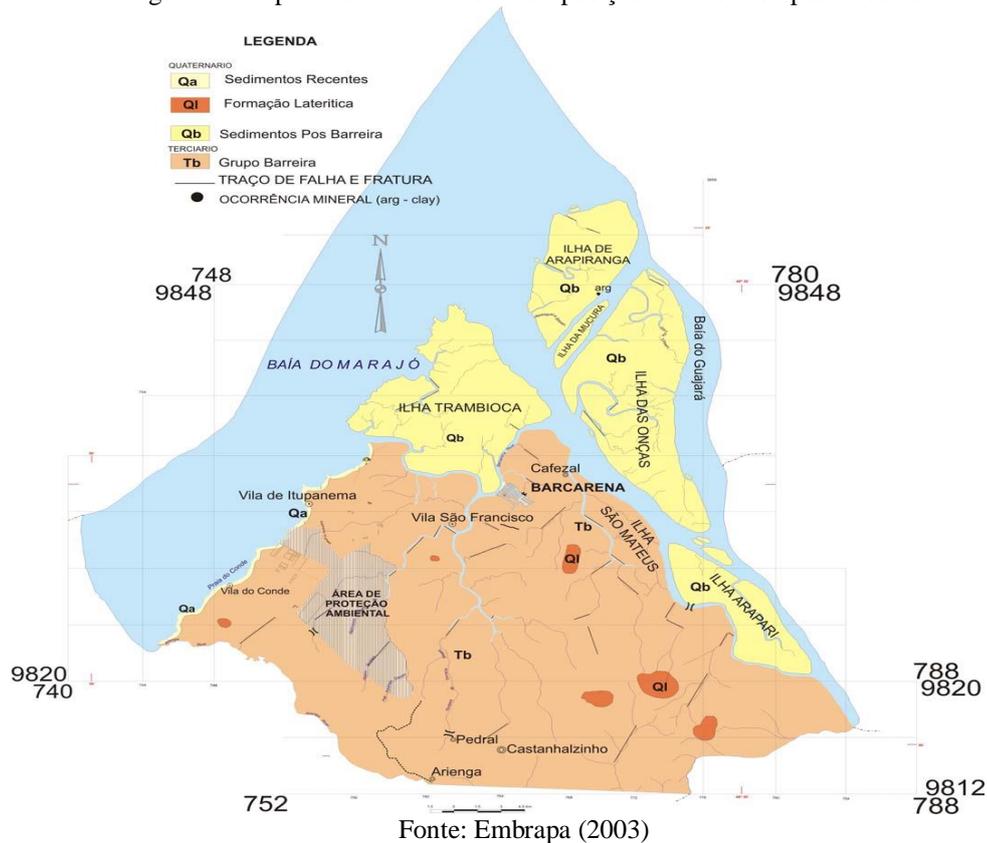
O Latossolo Amarelo Distrófico é muito espesso, desenvolvido sobre os sedimentos lateritizados do Grupo Barreiras, sobre relevo quase plano e coberto por vegetação secundária tipo capoeira. O Concrecionário Laterítico consiste de concreções ferruginosas em matriz silto-argilosa e constitui a base dos solos anteriores, provavelmente expostos pela erosão. Manifesta-se em relevo mais elevado, plano e suavemente ondulado e com cobertura de floresta tropical em áreas ainda não degradadas. O Podzol Hidromórfico ocupa áreas menores e recobre parcialmente os Latossolos Amarelos.

É um solo muito espesso, de textura média a muito argilosa, com alta capacidade de troca iônica, um baixo conteúdo de carbono orgânico, alta saturação em alumínio, baixo conteúdo de fósforo assimilável e alto conteúdo de fósforo total. Esse tipo de solo é resultante da Formação Barreiras formando um relevo plano sob floresta densa.

O podzol hidromórfico é constituído por sedimentos arenosos pertencentes ao quaternário, encontra-se bem drenado e com ausência de materiais primários de decomposição. O concrecionário Laterítico é um solo constituído por sedimentos argilosos ou areno-argilosos com presença de concreções ferruginosas. Moderadamente espesso, formado em superfície planas ou suavemente onduladas e solo de floresta densa.

Nas ilhas estão presentes os solos hidromórficos indiscriminados, eutróficos e distróficos, hidromórficos gleisados – como o gley – pouco húmico e aluvial eutróficos e distróficos. A laterita Hidromórfica é um solo desgastado e ácido rico em sesquióxidos e pobre em húmus. A profundidade varia de 17 a 52 cm e a coloração é vermelha, cinza ou branca ocasionada pela presença de um material mosqueado e outro argiloso intemperizado.

Figura 7 - Mapa de Barcarena e sua composição através dos tipos de solos



A areia quartzosa é um solo facilmente lixiviável, árido, com baixa atividade de argila e saturação. A textura é arenosa de textura fraca, granular ou maciça porosa, se desfazendo em grãos simples.

3.5 CARACTERÍSTICAS DOS ATERROS EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Na maioria das obras de pequeno porte, não são detalhados os procedimentos técnicos que devem ser observados na execução dos aterros ou até não existem procedimentos deste tipo. No entanto, as pequenas edificações industriais ou residenciais também devem receber uma atenção técnica mais adequada quando se trata de obras de terra tendo em vista que as consequências de uma obra mal executada podem proporcionar prejuízos. Quando não há a utilização de mão de obra qualificada, o empreiteiro não promove os devidos cuidados resultando em sucessivos erros durante a execução da obra, que, via de regra, acarreta a ruptura parcial ou total dos terrenos inclinados. Além disso, conforme a norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT 108/2009-ES, da qual depende especificações acerca de aterros, os materiais utilizados devem ser oriundos de

escavações consoantes à execução de corte e da utilização dos empréstimos, ademais devem estar embasados em estudos geotécnicos segundo Projeto de Engenharia.

Segundo Marcelli (2007), diversos problemas ocorrem quando o aterro é inadequado. Os aterros sobre uma camada de solo mole que contém materiais orgânicos e, principalmente, raízes vegetais, devem ser cuidadosamente estudados, uma vez que surgem elevadas deformações quando não são tomados cuidados necessários. Caso esse material não seja removido, ele irá adensar com o tempo de forma irregular provocando uma movimentação do aterro e comprometendo tudo o que estiver sobre ele. No caso de haver edificações com fundações que não previram essa situação, ocorrerá inevitavelmente um recalque diferencial com o surgimento de trincas generalizadas nas paredes e, dependendo da magnitude dessas acomodações, pode ocorrer um sinistro de graves proporções.

Em pequenas obras, é comum a utilização de aterros com o solo inadequado sem análise das suas características físico-químicas e com a presença de materiais diversos. Um solo para ser utilizado como aterro precisa reunir determinadas condições de granulometria e umidade e, nesse sentido, são necessários alguns ensaios específicos de laboratório. No caso das pequenas obras, esse procedimento é economicamente inviável e desnecessário, visto que há o risco de utilizar argilas moles que não compactam e se comportam como um "colchão de água", formando "aterros borrachudos" ou solos arenosos que devem ser compactados com equipamentos adequados e de alto valor o que dificulta ainda mais a sua utilização em pequenas obras. Marcelli (2007) ainda especifica que, deve ser conhecida a origem de coleta do material para aterro e que esse material não seja da camada da superfície do solo vegetal.

O trabalho com solos, seja para tráfego de máquinas ou construções, demanda sua caracterização a fim de que se tenha segurança na execução dessas operações. Solos que apresentam, em sua textura, alta porcentagem de finos são muito influenciados pela umidade, além da forma das partículas e da sua composição química e mineralógica, causando grandes variações em suas propriedades plásticas. A consistência do solo é uma das características mais importantes para engenharia, pois determina o comportamento do solo ante determinadas tensões e deformações; outrossim, o grau de consistência do solo exerce considerável influência sobre o regime de água, afetando a condutividade hidráulica e permitindo fazer inferências sobre a curva de umidade, além do mais, é determinante na resistência do solo a penetração e compactação e seu conhecimento possibilita a determinação do momento adequado no uso de técnicas que favoreçam um bom manejo do solo,

propiciando melhor conservação do mesmo, além de diminuir a demanda energética nas operações mecanizadas.

As características básicas para obtenção de uma compactação adequada são: a granulometria, a umidade ótima e a densidade aparente máxima. Um aterro mal compactado pode ocasionar rupturas futuras e danos aos empreendimentos construídos sobre ele.

O solo é composto por partículas que podem ser agrupadas conforme as dimensões dos grãos. Cada faixa de dimensões apresenta características próprias que indicam seu comportamento como material de construção. As partículas contidas em determinada faixa são caracterizadas como:

- Pedregulho: elemento inerte e resistente;
- Areia: elemento inerte sem coesão, que varia de areia grossa, média e fina.
- Silte: sem coesão, diminui a resistência da areia;
- Argila: possui forte coesão, sem estabilidade volumétrica, expande na presença de água, apresenta propriedades físicas e químicas bastante variadas segundo sua origem.

Cujas dimensões, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 6502/95, para que sejam classificadas conforme supracitado precisam obedecer a seguinte faixa:

Tabela 2 - Classificação granulométrica dos solos

Classificação	Diâmetro dos grãos
Argila	Menor que 0,002mm
Silte	Entre 0,002 e 0,06mm
Areia	Entre 0,06 e 2,0mm
Pedregulho	Entre 2,0 e 60,0mm

Fonte: ABNT

A plasticidade do solo está intimamente adstrita à umidade ótima dele, haja vista que é um dos parâmetros indispensáveis na avaliação de suas características, além de compreender a uma propriedade restrita a solos coesivos (MACHADO et al. 2006). Em 1911, foram definidos, pelo cientista sueco A. Atterberg, certos limites que delimitam o intervalo de consistência do solo, denominados limites de liquidez e de plasticidade. Tradicionalmente, para a determinação do limite de liquidez o método mais utilizado é o padronizado por Arthur Casagrande, que utiliza o aparelho desenvolvido pelo mesmo.

Os estudos de limites de Atterberg, limites de liquidez e de plasticidade, têm grande aplicação em avaliações de solo para uso em fundações, construções de estradas e estruturas para armazenamento e retenção de água (RAFUL et al. 2000). A consistência do solo está

entre as características mais importantes nos estudos da engenharia, ela determina o comportamento do solo ante determinadas tensões e deformações. Segundo Rafal (2000) o grau de consistência do solo, exerce considerável influência sobre o regime de água no mesmo, afetando a condutividade hidráulica e permitindo fazer-se inferências sobre a curva de umidade.

O fator de consistência também é determinante na resistência do solo à penetração e à compactação, assim como o próprio conhecimento possibilita a determinação do momento adequado do uso de técnicas que favoreçam um bom manejo do solo, propiciando melhor conservação do mesmo, além de diminuir a demanda energética nas operações mecanizadas (PULROLNIK et al. 2009).

A mineralogia e o percentual dos principais óxidos presentes no solo correspondem à composição química, fornecem informações acerca da estrutura desse solo a nível microscópico, possibilitando a definição do comportamento do solo em escala macroscópica, tal como a compressibilidade, a expansão e plasticidade dos solos coesivos. Segundo Chaves e Guerra (2006), um solo que contém argilo-mineral caulinita é solo pouco plásticos, pouco expansivos e com pequena capacidade de troca catiônica. Já solos que possuem o argilo-mineral esmectita em sua constituição, possuem alta superfície específica e alta capacidade de troca catiônica, o que confere a esse tipo de solo uma grande facilidade em adsorver íons e água

Outros índices podem ser estabelecidos ou, ainda, ter correlação direta com os supracitados, quais sejam: índice de liquidez, limite de contração, friabilidade máxima e mínima, índice de friabilidade, coeficiente de extensão linear (cote) e índice de atividade da argila. Sewell & Mote (1969) afirmam que, o limite de liquidez pode ser um indicador da permeabilidade do solo.

Em estudos geotécnicos, a correlação entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade tem grande aplicação em avaliações de solo para uso em fundações, construções de estradas e estruturas para armazenamento e retenção de água (MBAGWU & ABEH, 1998). Balastreire (1990) tratam em seus trabalhos que, o fluxo plástico é uma condição de falha do solo, da mesma forma que o cisalhamento, tração e compressão, e para o qual ainda não existe um modelo matemático para caracterizá-lo, sendo utilizado o limite de liquidez e de plasticidade para designá-lo. Segundo Garea et al. (1996), Atterberg comprovou que a medida em que aumenta o conte de argila do solo, aumentam também os valores do índice de plasticidade; desta forma, quanto maior é a relação da superfície total das partículas de argila

em relação ao seu volume, maior número de moléculas de água é capaz de absorver e, por conseguinte, serão mais elevados os valores dos limites de Atterberg.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MÉTODOS

A metodologia usada neste trabalho compreendeu a:

- Caracterização mineralógica e química;
- Ensaaios físicos;

4.1.1 Caracterização Mineralógica e Química

4.1.1.1 Caracterização física das amostras do solo

Previamente as análises mineralógica e química, foi realizada a caracterização física das amostras seguindo o perfil do solo da amostra seca através da observação visual de coloração e camadas distintas sem ocasionar o desmanche. Foram observados coloração, textura, dureza ao toque a angulosidade dos grãos, consistência e cimentação; essas observações foram feitas sem destorroar as amostras com seu perfil de extração mantido. O destorroamento só foi feito posteriormente seguindo a norma de preparação de amostras para ensaios de caracterização, DNER – ME 041/94 – NORMA RODOVIÁRIA, e esse preparo foi necessário para a inicialização dos outros ensaios e análises.

As características físicas foram realizadas ao toque numa pequena quantidade de material tentando esmigalhá-lo com os dedos, observando, assim, a diferença de resistência à fragmentação dos grãos em cada camada e em cada amostra. Esse processo foi repetido com todas as amostras. Posteriormente, alíquotas de cada camada foram amostradas para futuras análises.

4.1.1.2 Análises mineralógicas

Foram realizadas análises mineralógicas por difração de raios-X (DRX) em cada camada do perfil de solo estudado. O registro dos difratogramas foi feito usando o difratômetro BRUKER D2 PHASER, método do pó, do Lamiga-UFPA, com tubo de cobre ($\lambda=1,5406\text{\AA}$) e angulo $2\theta:5-75^\circ$.

Para a identificação de fases foi usada o software HighScore Plus da Panalytical e a base de dados PDF (Powder Diffraction File) no Laboratório de Caracterização de Materiais do Instituto Federal do Pará (LCM-IFPA) - Campus Belém.

4.1.1.3 Análises químicas

Para a realização destas análises, foram amostradas alíquotas aleatoriamente de cada camada distinta presente em cada amostra. Os mesmos foram destorroados e pulverizados em gral de ágata, até uma granulometria fina. Sendo preparados como pastilhas prensadas de amostra.

A preparação das amostras foi realizada em parceria com a Universidade Federal do Pará – UFPA, no Laboratório de Caracterização Mineral (LCM). Essa preparação acontece por prensagem do material em moldes cilíndricos e a obtenção de pastilhas. Foram confeccionadas 9 pastilhas seguindo código da tabela 1.

As análises foram feitas usando o espectrômetro de FRX S2 RANGER da Bruker, tubo de Paládio, no Laboratório de Caracterização de Materiais do Instituto Federal do Pará (LCM-IFPA) - Campus Belém.

Alíquotas das amostras de solo foram submetidas a ensaios de perda ao fogo usando 1g de amostra seca e pulverizada e colocada em cadinhos de cerâmica e forno tipo mufla, até 1000°C por uma hora. Por diferença de massa, foram determinados os voláteis do composto.

4.1.2 Ensaios Físicos

4.1.2.1 Ensaios granulométricos do solo

Para o desenvolvimento desse ensaio, foram utilizadas as normas rodoviárias DNER – ME 080/94 e DNER – ME 051/94, as quais descrevem os métodos de ensaio para análise granulometria de solos. Os dados obtidos por esse ensaio mostram a distribuição granulométrica do material.

Foram usados dois ensaios para a determinação da granulometria dos solos. Em um deles foram feitos o peneiramento grosso e fino. No outro, foi realizado uma sedimentação em água destilada.

a) Método do Peneiramento: Para separar partículas até a dimensão de 0,074mm.

b) Método da Sedimentação em água destilada: para as partículas menores que 0,074mm.

No peneiramento, foi trabalhado 2 kg de amostra representativa de solo. O material foi destorroado a seco em seguida, as amostras fora lavadas com água numa bacia e logo

peneirado e lavado nas malhas N° 10 (2,0mm) e N° 200 (0,075mm). Desta forma foi retirado todo material fino aderente aos grãos do material retido. O material retido e lavado foi levado numa estufa para secagem, durante um período de no mínimo 12 horas. A seguir foi feito o peneiramento do material seco nas peneiras 50-38-25-19-9,5-4,8 e 2,0 mm de diâmetro. O material passante na peneira N° 10 (2,0mm) devidamente seco em estufa foi peneirado nas peneiras 1,2-0,6--0,42-0,30-0,15 e 0,074 mm de diâmetro. Foram pesadas as frações do material retidas em cada peneira e calculadas as percentagens do material retido em cada uma das peneiras, em relação ao peso da amostra total seca.

Na sedimentação, utilizou-se como base a Lei de Stokes segundo a qual partículas num meio aquoso depositam-se com velocidades proporcionais aos seus diâmetros. Do material que passa na peneira de 0,075mm foi retirado 70 g. O material foi despejado em um Becker, adicionando 125 ml de solução de hexametáfosfato de sódio com concentração de 45,7 g do sal por litro de solução. Foi deixado em repouso por 24 horas e transferida toda a mistura para uma proveta graduada com água destilada até atingir 1000 ml. Imediatamente após a agitação, controla-se o tempo de sedimentação. Foi mergulhado o densímetro na proveta e foram feitas leituras aos tempos de 30 segundos, 1 minuto e 2 minutos (três vezes). A seguir foram feitas leituras subseqüentes de 4, 8, 15, 30 minutos e 1, 2, 4, 8, 16 e 24 horas, sempre controlando a temperatura.

4.1.2.2 Ensaios de limites de Atterberg: limite de liquidez e de plasticidade

Esses ensaios delimitam o intervalo de consistência do solo, são chamados limites de liquidez e de plasticidade. O método mais utilizado para determinação do teor de liquidez é o padronizado por Arthur Casagrande.

As normas utilizadas como referências são:

- NBR 6459/2016: Solo, determinação do limite de liquidez;
- NBR 7180/2016: Solo, determinação do limite de plasticidade;
- NBR 6457/2016: Amostras de solo, preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

O ensaio foi realizado no laboratório de construção civil do IFPA – Campus Belém, local em que há o equipamento Casagrande (Figura 8).

Figura 8 – Aparelho Casagrande utilizado para obter o limite de liquidez.



Fonte: A autora (2018)

Os limites de Atterberg: limite de liquidez e de plasticidade são determinantes para os estudos dos solos, visto que possuem grande aplicação em avaliações de solo para uso em fundações.

4.1.2.3 Ensaio de limite de liquidez de Atterberg

Seguindo as normas NBR 6459/2016 e NBR 6457/2016, foram separados 200g de material sob sua umidade higroscópica, destorroado e passado integralmente na peneira de 4,8 mm, se houvesse material retido nesta peneira, passar na peneira de 19,1 mm. Em seguida, foi colocado parte do material no recipiente de porcelana e adicionado água destilada aos poucos para homogeneização da massa. Foi misturado até obter a total homogeneização identificado através de uma mistura pastosa. Essa mistura foi colocada na concha do aparelho Casagrande, de modo que, não surgisse bolhas de ar e espaços vazios; para isso, foi utilizada espátula metálica, além do cuidado em manter uma espessura de no máximo 1cm na parte mais profunda da concha. Com o cinzel foi traçada uma ranhura neste material, que passa ao meio da mistura no sentido do maior comprimento da concha.

No aparelho já calibrado, foi realizado o movimento da manivela de modo que fosse obtido duas voltas por segundo. Cada queda de cada volta é chamada de golpe e, esses golpes, são contados até o momento que o material esteja unido novamente através da ranhura, em um comprimento de, no mínimo, 1,2cm. Em seguida, foi retirada uma quantidade de material a fim de obter a união das partes através da ranhura com o intuito de determinar a umidade. Esse material, ensaiado, retornou ao recipiente de porcelana e foi homogeneizado novamente

e, conforme necessidade, ocorria a adição de mais água. Esse processo foi repetido por, no mínimo, cinco vezes.

4.1.2.4 Ensaio de limite de plasticidade de Atterberg

Seguindo as normas NBR 7180/2016 e NBR 6457/2016, uma porção da amostra, aproximadamente, 200g, já peneirada e em consonância com a descrição da norma de preparação, foi homogeneizada com água destilada. Foi utilizada uma quantidade equivalente à de uma bola pequena, modelando-a de forma similar a um cilindro e, no recipiente de vidro-fosco e com a palma da mão, a amostra foi rolada e moldada em forma cilíndrica até a obtenção de diâmetro cilíndrico de aproximadamente 3mm, de acordo com o gabarito que a norma estabelece.

Com movimentos denominados como de vai e vem, com a palma das mãos, se forma um cilindro com diâmetro e comprimento segundo gabarito. Ao alcançar o diâmetro e o comprimento do gabarito, retirou-se uma parte dessa amostra para cálculo de umidade, de acordo com as normas. Esse procedimento é repetido, pelo menos, por três vezes com cada amostra para se obter uma média dos valores de umidade.

4.1.3 Ensaios Mecânicos

Para a realização desses ensaios, foram usadas adequações das normas a seguir:

- Norma DNIT 164/2013-ME Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas
- Método de ensaio.
- DNER-ME 202/94 Solo-cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos
- NBR 6457/2016 – Amostras de solo, preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.
- DNER-PRO 002/94 Coleta de amostras indeformadas de solos.
- Norma DNIT 108/2009 – ES Terraplenagem – Aterros – Especificações de Serviços.

4.1.3.1 Produção de corpos de prova teste

A ausência de normas específicas de ensaios para esse tipo de material ocasionou a elaboração de uma adaptação de normas existentes para a confecção dos corpos de prova de maneira adequada. Desse modo, foram empregadas as normas do Departamento Nacional de

Estradas de Rodagem – DNER. Para esse caso, utilizou-se como base, a norma rodoviária DNER – ME 202/94 na padronização do ensaio e seus preparos.

Inicialmente, foram produzidos corpos de prova testes com 15% de água, equivalente a 900ml, usados em aproximadamente, 6 kg de material, para obtenção da umidade ótima de cada amostra (Figura 9); no segundo teste de prova, foi acrescentado 3 % de água (figura 9); finalmente, no terceiro e quarto testes, foram acrescentados mais 3% de água, respectivamente (Figura 9), até a visível saturação do material. (Figura 9)

Figura 9 – primeiro, segundo, terceiro e quarto corpos de prova teste da amostra A3.



Fonte: A autora (2018)

Os corpos de prova teste são necessários para obtenção do índice de umidade ótima de cada amostra. Somente a partir desse teste, é que são confeccionados os corpos de prova com índices ideais de umidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Na área de estudo, onde foram realizadas perfurações para coleta de amostras, o solo encontra-se coberto com esparsa vegetação e misturado com material orgânico (Figuras 10 e 11). A cobertura vegetal está indicada como vegetação secundária devido à predominância que possui no local o qual constatemente é alterado pela sociedade a fim de promover suas atividades econômicas resultando em modificações no solo.

Figura 10 - Área alagadiça.



Figura 11- Área de coleta



Fonte: Autora (2018)

Figura 12 - Perfil das amostras extraídas da área de estudo



Fonte: Autora (2018)

A partir de uma análise visual e tátil observa-se um solo muito espesso (Figura 12), de textura arenosa a argilosa, a coloração varia de marrom avermelhado, marrom escura ou cinza escuro a branca provavelmente ocasionada pela presença de um material mosqueado e outro argiloso intemperizado, o mesmo se encontra capeado por uma vegetação rasa. Podem ser

observados estruturas sedimentares, com sedimentos formando intercalações de camadas de areia com silte e argila. Tipicamente podem ser observados arenitos ferruginosos compactos, conglomerados com quartzos arredondados a subangulares, por vezes são observados seixos cristalinos angulosos e subangulosos, todos misturados com material orgânico de resíduos de açai, serragens, entulhos e/ou simplesmente lixo, parcialmente decompostos ao longo do perfil do solo. As amostras com essa textura arenosa podem estar associada a silicatos de alumínio oxidados além da presença de húmus e discreto mosqueamento ao redor de tubos de matéria orgânica.

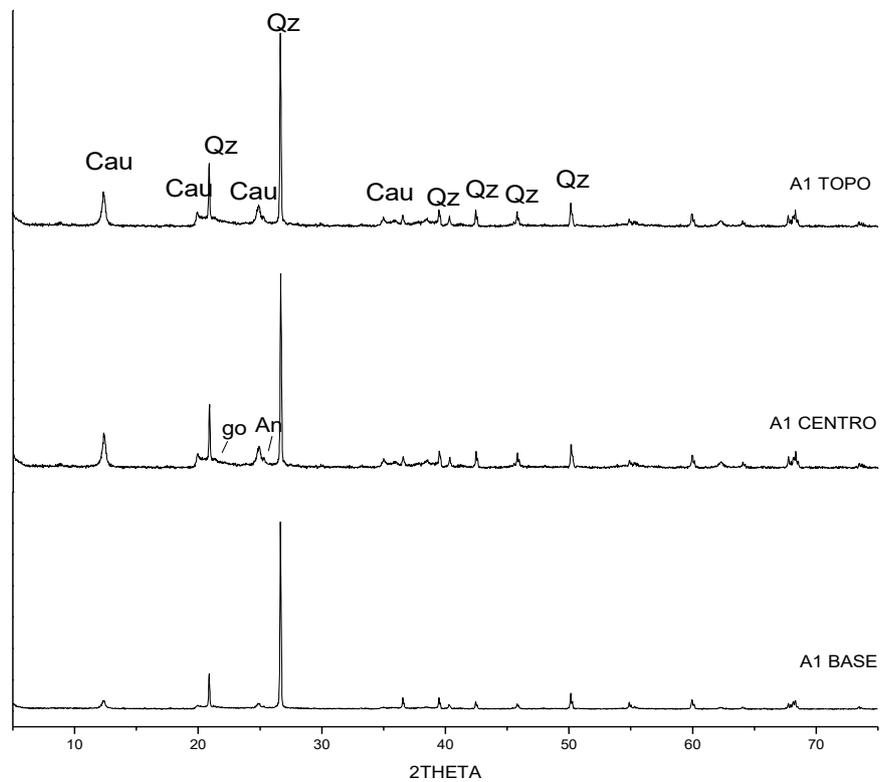
Na área da residência, que corresponde a várzea os sedimentos lateritizados da Formação Barreiras são recobertos por argilas e areias recentes, que correspondem aos domínios das várzeas periodicamente inundados pelos rios, igarapés e furos.

Essa característica de solo pode ser interpretada como estrutura sedimentar indicativa de sedimentação flúvio-lacustre (Benvenuti, 1995). Segundo Costa (1991) e Horbe e Costa (1999) sedimentos com esse tipo de alteração foram produto da lateritização imatura, com a formação de horizontes mosqueados, crosta ferruginosa e latossolos amarelos. Entretanto ISSLER et al. (1974) e VALE et al. (2011) identificam especificamente como tipo de Latossolo Amarelo Distrófico, de acordo com que abordou sobre o projeto RADAM, na região de Barcarena.

5.2 COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

As amostras investigadas nas diferentes camadas dos perfis de solo selecionados, estão compostas essencialmente por quartzo (SiO_2) (PDF 01-086-2237) e caulinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (PDF:00-001-0527), com anatásio (TiO_2) (PDF: 00-002-0387), goethita (FeOOH) PDF:(00-002-0272) e hematita Fe_2O_3 (PDF: 00-002-0915) em concentrações acessórias. (Figuras 13,14, 15 e 16), cada tipo de composição tem seu código no banco de dados de pesquisa utilizado. (ex.: PDF: xxxx)

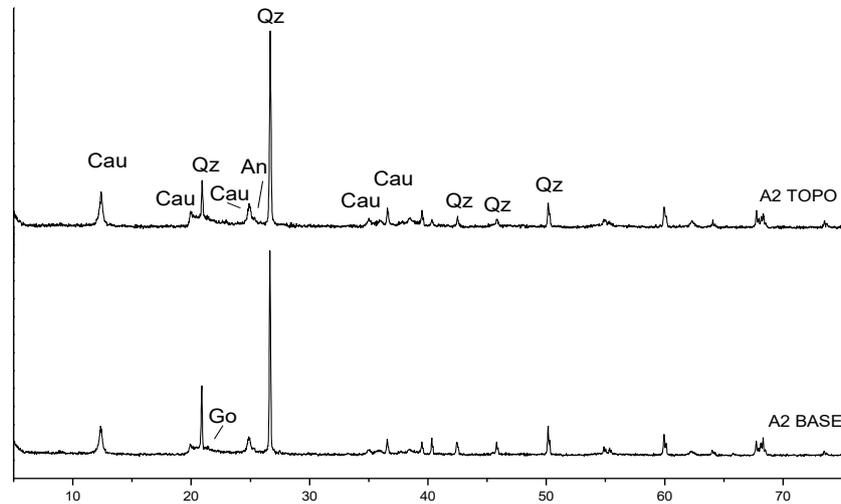
Figura 13- Difratomogramas de DRX do perfil da amostra A1, com a presença de caulinita (Cau), quartzo (Qz), goethita (Go) e anatásio (An)



Fonte: O autor (2018)

Os espectros de DRX das amostras A1 mostram que quartzo ocorre predominantemente ao longo do perfil, entretanto a caulinita, com picos bem diferenciados, ocorre também, porém em maior proporção no topo do perfil. A goethita e anatásio em menores quantidades está demonstrado pelos picos menores dessas fases com relação aos picos das fases predominantes, sendo que por vezes estão mascarados pelo quartzo e caulinita. Esta amostra apresenta a mesma mineralogia, porém com leves variações nas proporções das fases conforme a profundidade.

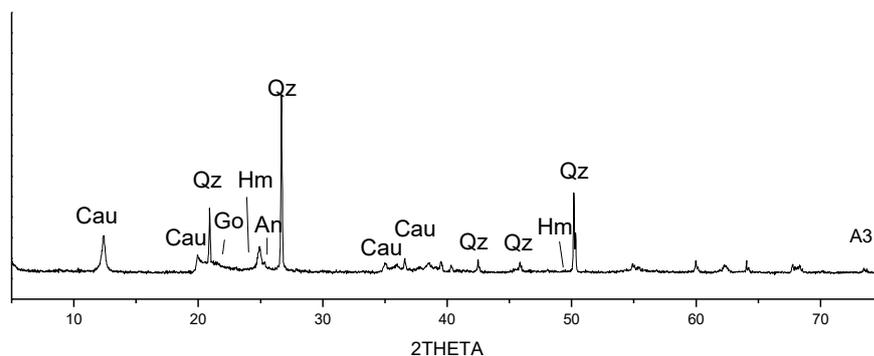
Figura 14-Difratogramas de DRX do perfil da amostra A2, com a presença de caulinita (Cau), quartzo (Qz), goethita (Go) e anatásio (An)



Fonte: O autor (2018)

As texturas do perfil da amostra A2 apresentaram ténues variações, mesmo na cor das camadas. Os seus difratogramas de DRX ao longo do perfil mostram quartzo e caulinita como predominantes, bem como goethita e anatásio, como acessórios, com proporções semelhantes. Isso sugere que o perfil possui a mesma mineralogia e mesma proporção de fases ao longo do mesmo, quando comparado, por exemplo, com a amostra A1.

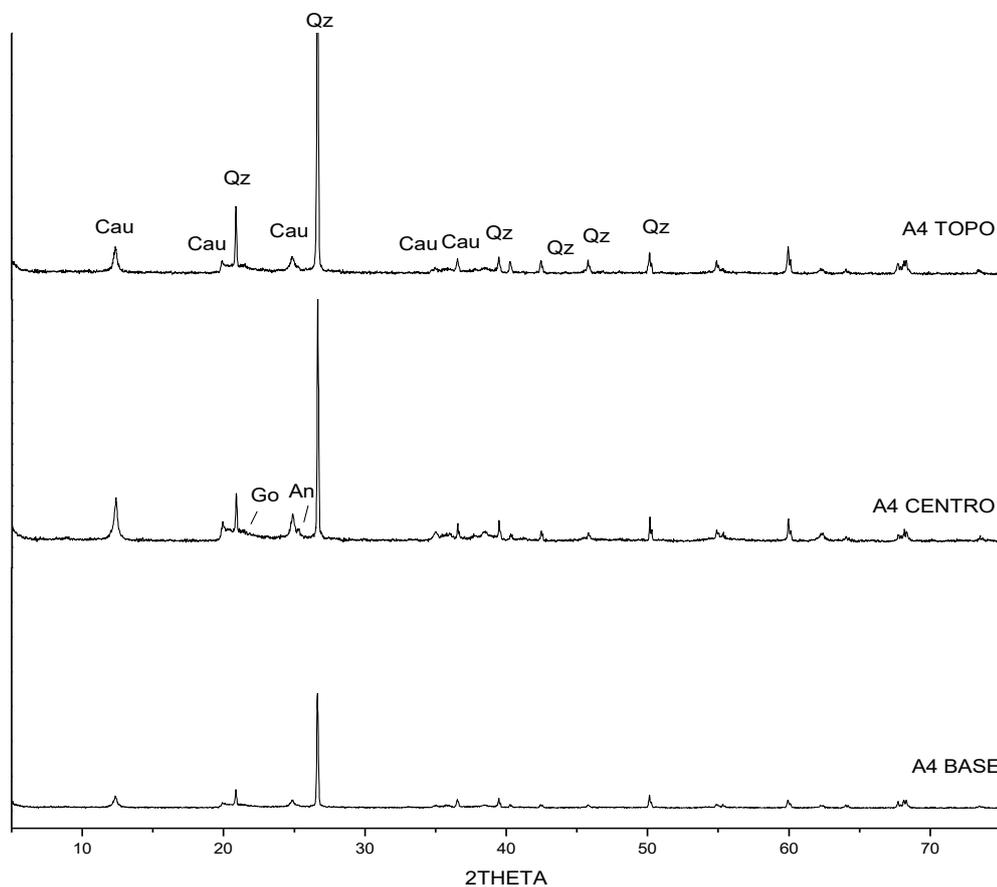
Figura 15-Difratogramas de DRX do perfil da amostra A3, com a presença de caulinita (Cau), quartzo (Qz), goethita (Go), anatásio (An) e hematita (Hm)



Fonte: O autor (2018)

O difratograma de DRX da amostra A3 apresenta um diferencial com relação aos outros espectros de DRX das amostras dos solos A1 e A2, pois além de quartzo, caulinita, goethita e anatásio, há outros picos menores que, por vezes, se confundem com o fundo do espectro, sugerindo que seja hematita. A textura dessa amostra é semelhante às outras amostras, porém com leve variação em cor, predominantemente, marrom escuro a cinza, devido à ocorrência de quantidade maior de matéria orgânica e de hematita. A amostra A3 aparenta homogeneidade, portanto, sua composição química pode ser considerada constante nos 30 cm de sua extensão.

Figura 16- Difratogramas do perfil da amostra A4, com a presença de caulinita (Cau), quartzo (Qz), (Qz), goethita (Go) e anatásio (An)



Fonte: O autor (2018)

Os difratogramas de DRX da amostra A4 possuem semelhanças mineralógicas com as amostras A1 e A2, com quartzo e caulinita, ocorrendo predominantemente ao longo do perfil, e goethita e anatásio como acessórios. Ao longo do perfil, o solo apresenta a mesma mineralogia.

Nos diferentes perfis de solo ocorrem poucas variações mineralógicas, como observados nos espectros difratométricos citados. As variações em cor, de marrons avermelhadas a marrom escuras, bem como as texturas mosqueadas, concreções e crostas, pouco influenciam na composição mineralógica. Comparando com os solos do entorno da área estudada também estão constituídos por quartzo e caulinita, com goethita, hematita e anatásio, equivalente aos solos da região do entorno. Essa composição mineralógica demonstra que as camadas desses perfis estudados correspondem aos sedimentos arenosos da Formação Barreiras.

5.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Com relação à composição química do material, verificou-se teores de SiO_2 (47,83 a 59,52%), com teores ainda elevados de Al_2O_3 (19,66 a 27,91%) e relativamente baixos de Fe_2O_3 (5,95 a 10,21%) e TiO_2 (1,73 a 3,15%) (Tabela 3). Os teores de K_2O , CaO , MgO e ZrO_2 são muito inferiores a 1,14% (0,11 a 1,14). Detectou-se, também, inferiores teores de SO_3 (0,20 a 0,46%). Ocasionalmente poderam ser observados teores de Nd_2O_3 e P_2O_5 . O material volátil detectado pelo ensaio de Perda ao Fogo, variou entre 9% a 18% .

Os valores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 são normais em solos amazônicos. De fato SiO_2 está concentrados no quartzo e caulinita e, Al_2O_3 na caulinita. Os teores de Fe_2O_3 são dos oxi-hidróxidos de ferro, como goethita e hematita. O TiO_2 está presente no anatásio

Baixos teores de metais alcalino (K_2O) e alcalinos terrosos (MgO e CaO) mostram a natureza dos solos lixiviada, exaurida nos perfis.

A presença de ZrO_2 representa o elemento que se concentra residualmente em perfis lateríticos ao estarem presentes no mineral zircão. O Zr é imóvel quando submetido aos processos do intemperismo, pois constitui o mineral resistato zircão (YANG et al., 2003). Os teores de ZrO_2 presentes como zircão são estáveis e não disponíveis à biota.

A composição química do material se dispõe na tabela 3, de acordo com cada divisão das amostras.

Os teores do material volatilizado no ensaio de Perda a Fogo, relacionados a substâncias orgânicas e componentes inorgânicos voláteis (umidade e da decomposição dos hidróxidos), em geral, estão em torno de 11%, com exceção de amostra A4, na base do perfil que corresponde a 18%.

Os teores químicos das amostras do solo da residência intervida quando comparado com a composição química do entorno (COSTA, 1991; HORBE & COSTA, 2000; BRAGA, 2010) apresentam teores semelhantes. Apenas os teores de Perda ao Fogo do solo em questão estão mais elevados que os solos do entorno. As concentrações nesse solo são comparáveis aos valores encontrados nos solos da região de Barcarena e da maioria dos depósitos da região amazônica.

Tabela 3 composição química das amostras de solo

AMOSTRA A1													
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	CaO	MgO	ZrO ₂	Nd ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	PF	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Topo	59,52	19,66	5,95	1,73	0,69	0,80	0,56	0,11	_	0,15	0,30	10,53	100,00
Centro	47,83	27,91	8,41	2,77	1,12	0,25	0,79	0,16	_	_	0,26	10,49	100,00
Base	49,34	27,90	7,99	2,86	1,14	0,26	0,77	0,15	_	_	0,26	9,33	100,00
AMOSTRA A2													
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	CaO	MgO	ZrO ₂	Nd ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	PF	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Topo	52,57	23,31	7,07	2,44	0,76	0,54	0,68	0,14	_	0,38	0,46	11,66	100,00
Base	48,75	24,07	8,00	2,77	0,88	0,74	0,66	0,15	0,10	0,62	0,46	12,80	100,00
AMOSTRA A3													
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	CaO	MgO	ZrO ₂	Nd ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	PF	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	49,07	27,49	8,20	3,15	1,14	0,21	0,83	0,16		-	0,20	9,55	100,00
AMOSTRA A4													
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	CaO	MgO	ZrO ₂	Nd ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	PF	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Topo	49,99	23,65	10,21	2,41	0,63	0,86	0,70	0,18	_	0,29	0,31	10,77	100,00
Centro	48,42	26,18	9,42	2,64	0,96	0,42	0,68	0,15	0,10	0,18	0,22	10,63	100,00
Base	48,27	20,95	6,49	2,36	0,60	1,28	0,70	0,17	_	0,20	0,51	18,47	100,00

Fonte: O autor (2018)

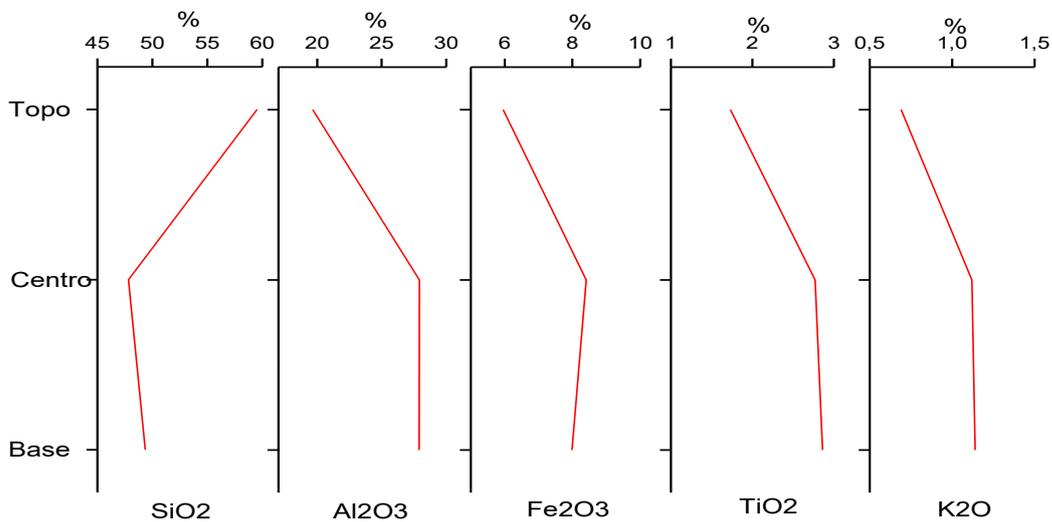
Os perfis dos solos estudados Amostras A1, A2 e A4 mostram leves variações químicas ao longo do perfil, como podem ser observados nas figuras 17 a 19. A amostra A3 não teve seus dados químicos dispostos desta forma por aparentar homogeneidade e ausência

de camadas distintas. Mostrando também que sua composição talvez também não houvesse variação em profundidade rasa.

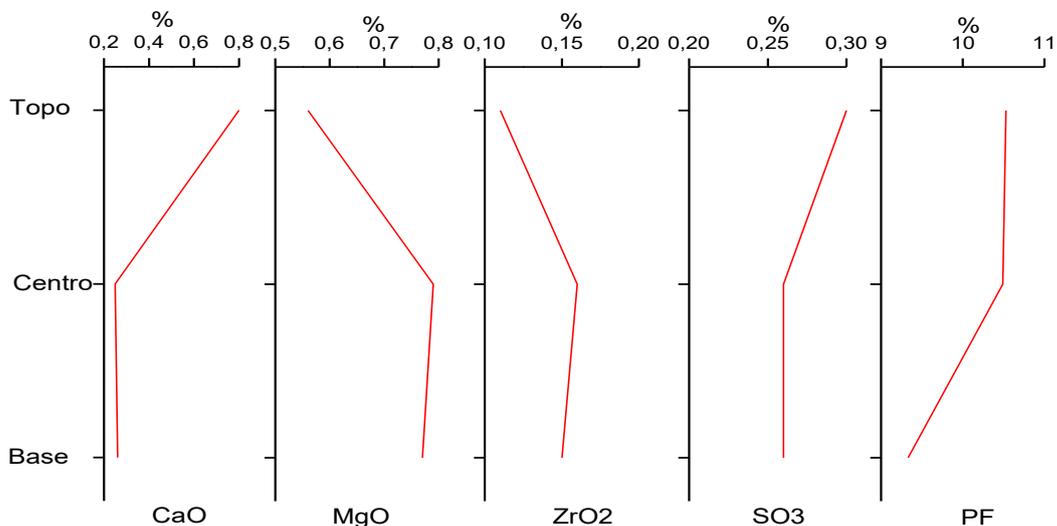
A figura 17a mostra que na amostra A1, SiO₂ decresce em profundidade enquanto Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ e K₂O aumentam seus teores. Isto sugere pequenas variações de fase nesse perfil, com maior quartzo e menor de caulinita no topo. Entretanto, na figura 17b da amostra A1 apenas os componentes CaO e MgO apresentam variações em profundidade. O ZrO₂ e SO₃ mostram poucas variações em torno de 0,05%. O ensaio de PF mostrou maior componente volátil no topo.

Figura 17- Composição química seguindo o perfil de profundidade do solo da amostra A1. a) componentes SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ e K₂O; b) componentes CaO, MgO, ZrO₂, SO₃ e PF

a)



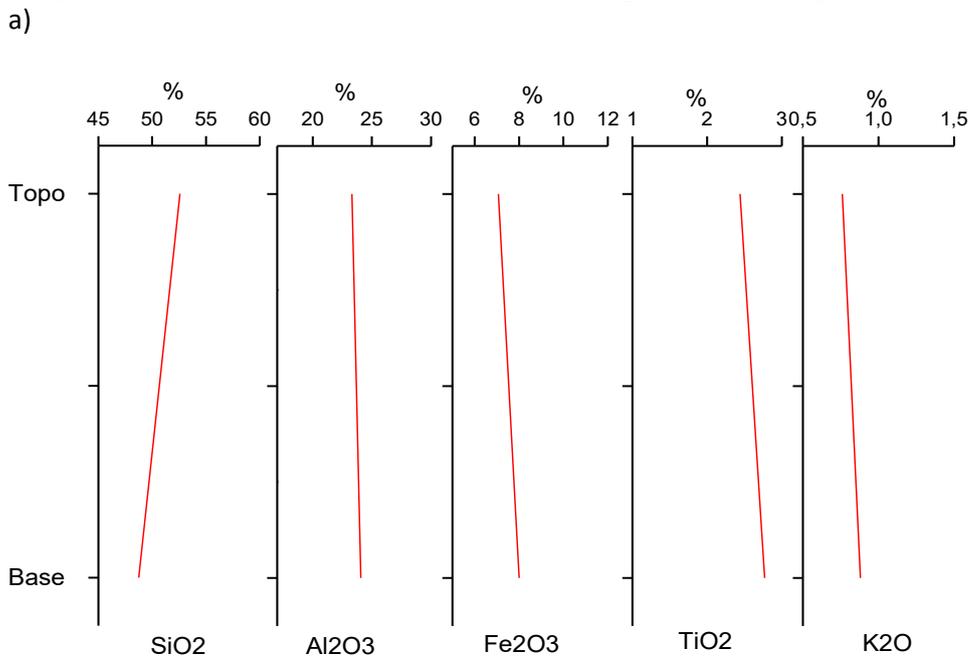
b)



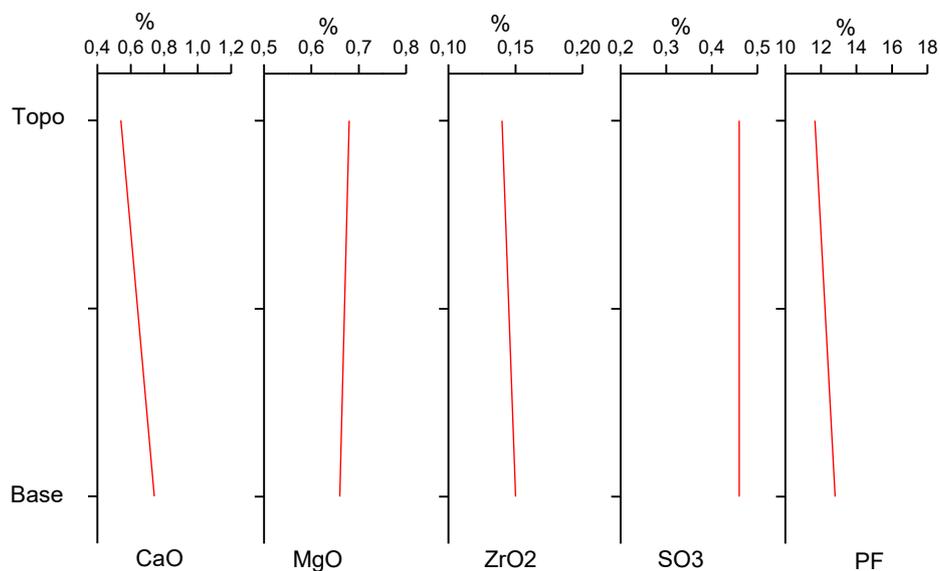
Fonte: O Autor (2018)

Na figura 18, os dados químicos da amostra A2 mostra semelhança dos resultados químicos com os da amostra A1 ao longo do perfil. A SiO_2 decresce em profundidade enquanto Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e K_2O aumentam seus teores. Isso sugere pequenas variações de fase nesse perfil, com maior quartzo e menor de caulinita no topo. A amostra A2, mostra também que o componente CaO varia significativamente aumenta em profundidade. Os outros componentes MgO , ZrO_2 e SO_3 mostram quase ou nada de variações em profundidade. O ensaio de PF mostrou menor componente volátil no topo, o que sugere que nesta amostra menor material orgânico e/ou inorgânico volátil ocorre no topo do perfil.

Figura 18-Composição química seguindo o perfil de profundidade do solo da amostra A2. a) componentes SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e K_2O ; b) componentes CaO , MgO , ZrO_2 , SO_3 e PF

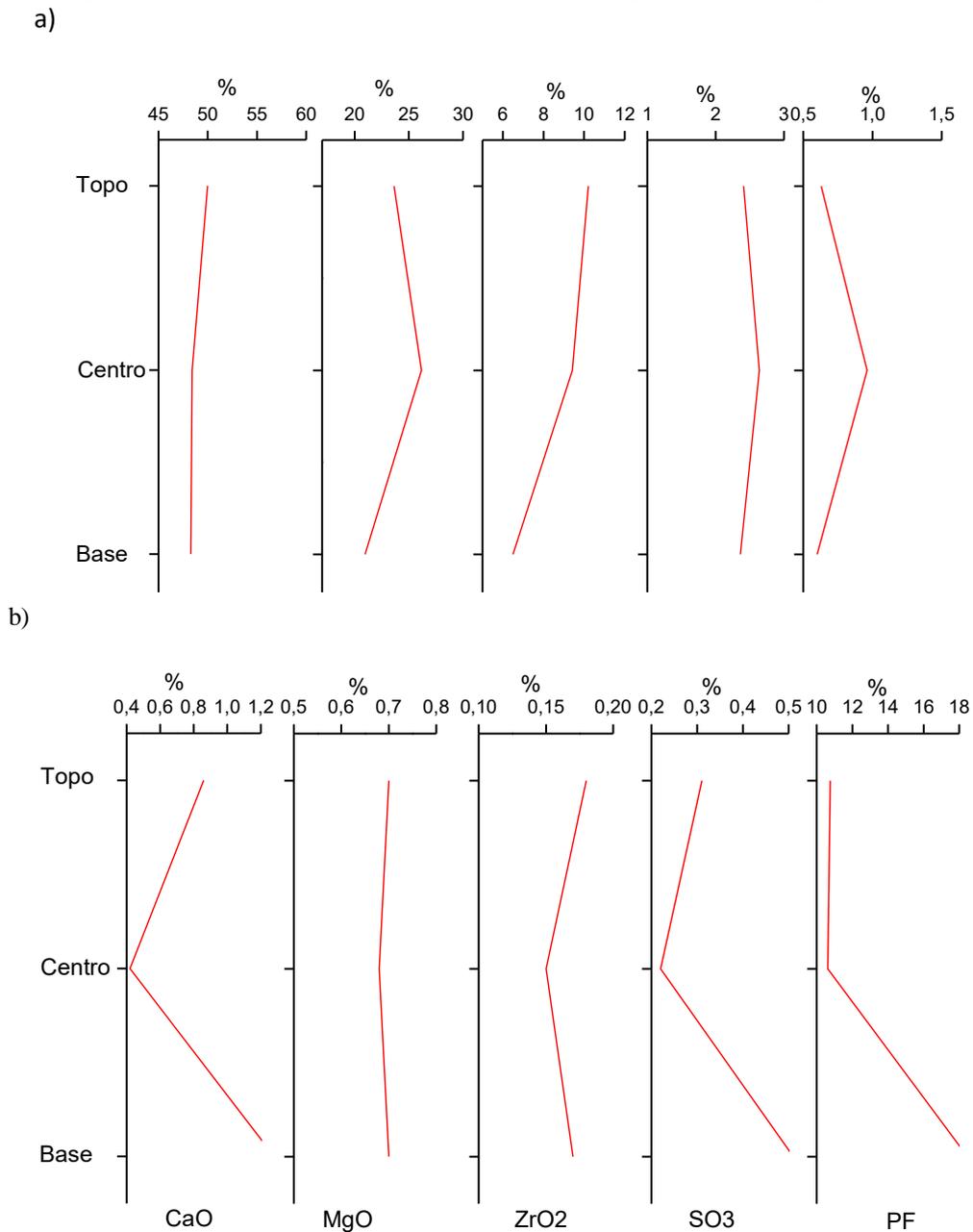


b)



Na figura 19, os dados químicos da amostra A4 são diferentes dos resultados das amostras A1 e A2 ao longo do perfil. A SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 e K_2O permanecem sem variações significativas, significando que quartzo, caulinita e anatásio são constantes nesse perfil, apenas Fe_2O_3 decresce em profundidade, diminuindo a fase goethita e ou hematita. Essa amostra, mostra s CaO e SO_3 com variação ao longo do perfil, porem não é constante essa variação em profundidade. Os outros componentes, MgO e ZrO_2 , permanecem sem mudanças na composição. Os dados de ensaio de PF possui maior presença de componente volátil na base, o que sugere que nesta amostra ocorre maior material orgânico na base do perfil.

Figura 19- Composição química seguindo o perfil de profundidade do solo da amostra A4. a) componentes SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e K_2O ; b) componentes CaO , MgO , ZrO_2 , SO_3 e PF.



Com base nesses dados, infere-se que as amostras coletadas apresentam perfis reativamente homogêneos dentro dessa escala intervada. O solo local da área de disposição com materia orgânica está constituído principalmente de SiO_2 e Al_2O_3 em maiores proporções, além de Fe_2O_3 e TiO_2 em menores proporções e desprovido de álcali e fósforo, isto é, quimicamente equivalente aos materiais dos perfis estudados por Vieira & Santos (1987) e Braga (2012) e que corresponde aos latossolos e argissolos regionais. A diferença dos solos estudados é a ocorrência de material volátil sendo que os resultados mostraram valores desde 10 a 18 %, bem maiores que outros estudos (Braga 2012) em que evidenciava menor que 8% em solos de Barcarena. Essa materia orgânica sugere que seja proveniente dos resíduos de açaí despejados no solo e considerados como componentes orgânicos, bem como que esteja diretamente associada com a inclusão de outros materiais voláteis (água, gás carbônico, serragens, por exemplo).

O padrão de distribuição dos teores químicos ao longo dos perfis não é muito variável, porém evidencia uma evolução laterítica imatura a partir de sucessão litológica com grande variação, incluindo principalmente arenitos seguida de siltitos e argilitos (COSTA, 1991)

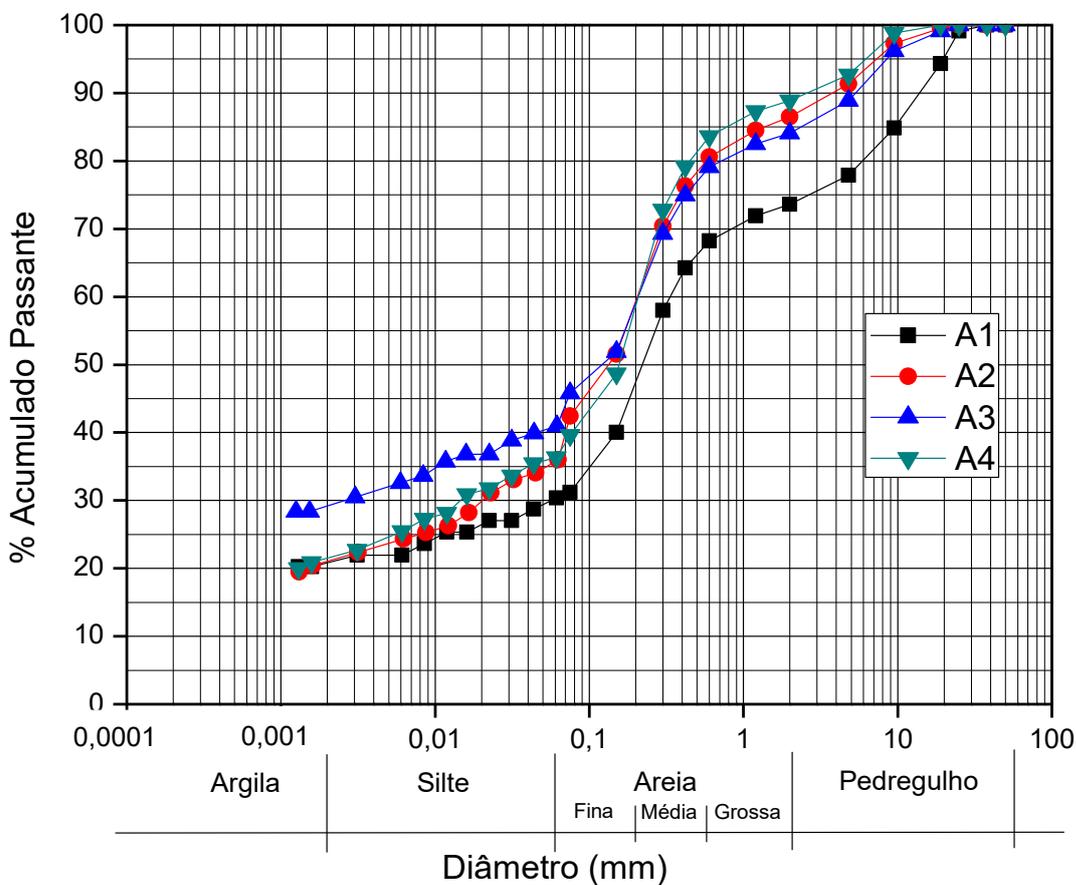
A presença de componentes voláteis, aqui sugerido como parte da matéria orgânica no solo estudado, está diretamente relacionada com os processos de humificação e intemperismo químico de minerais formadores de rochas (SPOSITO, 1989; CUSTODIO & LLAMAS, 1976; STEVENSON, 1982; O'NEILL, 1993), bem como a deposição de resíduos de açaí e outros resíduos orgânicos ao longo do tempo.

5.2.1. Análise granulométricas

Os ensaios granulométricos mostram que os quatro perfis de solos apresentam ser mais arenosos do que siltico-argilosos (Figura 20). As curvas granulométricas têm poucas variações, entretanto são distintas ao longo do perfil. São semelhantes os solos A2 e A4 e diferenciadas com relação aos solos A1 e A3. As amostras A2, A3 e A4 apresentam semelhança nas frações pedregulho e areia, porém com variação nas frações silte e argila. Nitidamente a fração A1 é diferente das outras amostras, pois apresenta mais fração pedregulho; já a fração argila é semelhante a A2 e A3. Observa-se que, em geral, o perfil dos solos está constituído por material pedregulho-arenoso, e em menor proporção frações siltico-

argilosas. A fração pedregulho e areia predominam nas amostras estudadas, sendo a variação da primeira entre 11% e 27% com média de 17%, enquanto o segundo, classificado como areia grossa, está entre de 5 e 7%, areia média entre 21% e 26% e areia fina entre 17% e 22% cujos valores médios são respectivamente 6%, 23% e 20%. Essas frações (pedregulho e areia) correspondem a aproximadamente 65% do material do solo estudado. O restante 35% corresponde a silte e argila, sendo o primeiro entre 8% a 15% e argila entre 21 a 29%, médias de 13% e 24%, respectivamente.

Figura 20 - Curvas granulométricas das amostras de solo A1, A2, A3 e A4 segundo a ABNT NBR 6502 (1995) e DNER-ME 080/94 (1994)



Fonte: O Autor (2018)

As camadas desses solos superficiais constituídas de solos arenosos são permeáveis, não restringindo a percolação dos efluentes do material orgânico em direção às camadas mais profundas do solo.

Pedregulhos presentes no solo com dimensões maiores que 2,0mm em geral são encontrados nas margens dos rios, em depressões preenchidas por materiais transportados pelos rios ou até mesmo em uma massa de solo residual, horizontes correspondentes ao solo

residual jovem e a saprolitos (CAPUTO, 1981). A presença de pedregulho com média de 17% na área residencial perto de Igarapé e rio deve ser registrada como qualificativo da classe textural.

As partículas das areias que constituem o solo correspondem cerca de 50%, sendo 45% a areia média e fina. As areias aqui classificadas como partículas com dimensões entre 2,0mm e 0,06mm (ABNT) com formatos dos grãos arredondados a subangulares mostram as características desse material, sendo o primeiro característico das areias transportadas por rios ou pelo vento. O transporte das partículas dos solos tende a arredondar as suas arestas, de modo que quanto maior a distância de transporte mais esféricas serão as partículas resultantes.

O formato dos grãos de areia tem muita importância no seu comportamento mecânico, pois determina como eles se encaixam e, em contrapartida, como eles deslizam entre si quando solicitados por forças externas. Por outro lado, como essas forças se transmitem dentro do solo pelos pequenos contatos existentes entre as partículas, as de formato mais angulares, por possuírem em geral uma menor área de contato, são mais susceptíveis a se quebrarem.

A fração silte com dimensão entre 0,06 a 0,002mm corresponde em torno de 13% do solo, é menor quando comparada com as outras frações. Possui um comportamento semelhante as forças dos solos arenosos (forças gravitacionais) embora possuam alguma atividade de forças elétricas; esses, por possuírem granulação fina, apresentam pouca ou nenhuma plasticidade e baixa resistência quando seco.

A fração granulométrica no solo com argila com média de 24%, considerado com diâmetro inferior a 0,002mm pode caracterizar o solo por apresentar plasticidade marcante, isto é, possui a capacidade de se deformar sem apresentar variações volumétricas e elevada resistência quando seca. É a fração mais ativa dos solos. Pela análise efetuada e segundo a norma NBR- 6502, o solo pode ser tipificado como areia argilosa-siltica com pedregulho

O tamanho relativo e a distribuição das partículas sólidas que formam o solo, interpretado pelo ensaio de granulometria permitiu entender o comportamento do solo da área residencial objeto do estudo, pois depende do tamanho predominante das partículas arenosas (inclusive pedregulho) no comportamento gravitacional, entretanto, a fração argila, com maior relação área/volume das partículas sólidas, influencia nas forças elétricas ou de superfície, porém em menor proporção. Conforme indicado acima, o tipo de intemperismo de Benvenuti, 1995, Costa (1991), Issler et al. (1974) e VALE et al. (2011) na região de Barcarena influenciou esse tipo de textura.

Nos solos com frações arenosas a silticas, por ser predominante a atuação de forças gravitacionais, resultam em arranjos estruturais bastante simplificados. O comportamento mecânico e hidráulico está principalmente condicionado a sua compactação que é uma medida de quão próximas estão as partículas sólidas umas das outras, resultando em arranjos com maiores ou menores quantidades de vazios. A fração argila por constituírem diâmetros muito pequenos, possuem forças que intervêm no processo de estruturação do solo com caráter muito mais complexo. Nesse caso, o comportamento é definido pelas forças de superfície (moleculares, elétricas) e pela presença de água, a qual influi de maneira marcante nos fenômenos de superfície dos argilo-minerais.

Tabela 4- Características texturais e limite de Atterberg das amostras (Segundo ABNT NBR 7181/84, ABNT NBR 6459 Limite de Liquidez e ABNT NBR 7180 Limite de Plasticidade)

Amostra	Pedregulho %	Areia Grossa %	Areia Média %	Areia Fina %	Silte %	Argila %	LL	LP	IP
A1	27	7	21	17	8	22	32	26	6
A2	14	6	22	22	15	21	-	40	-
A3	16	5	21	18	12	29	-	26	-
A4	11	5	26	22	15	22	-	60	-

Fonte: a autora (2018)

5.4 LIMITES DE ATTERBEG

Os resultados para o Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Índice de Plasticidade das amostras analisadas são apresentados na tabela 4. Das quatro amostras consideradas neste estudo, apenas na amostra A1, foi atingido os dados de LL e LP requeridos pelas normas ABNT NBR 6459/1984 (Limite de Liquidez) e ABNT NBR 7180/1984 (Limite Plasticidade) respectivamente. O limite de liquidez da amostra A1 corresponde a uma média de 32%, o limite de plasticidade apresentou resultado com média de 38%. O índice de plasticidade que correlaciona diretamente os limites de liquidez e plasticidade obteve percentual de 6% encontrando-se entre $1 < I_p < 7$ e corresponde a um solo Pouco Plástico (CAPUTO (2012)).

No restante das amostras, buscou-se, ao realizar o ensaio, trabalhar com a umidade da amostra, de forma que o fechamento da ranhura ocorresse o mais próximo possível de 25 golpes, o que não foi atingido, isto sugere que a partir de certo valor do teor de limite de liquidez, o solo vai perdendo a sua capacidade de fluir, ainda que possa ser moldado (REICHERT & REINERT, 2007).

Desde 1930, Baver já citava a importância dos limites de Atterberg como indicador das propriedades e forças físicas envolvidas em problemas de preparo do solo. Sewell & Mote (1969) afirmam também que, o limite de liquidez pode ser um indicador da permeabilidade do solo. Dos resultados obtidos não é possível comparar valores entre as diferentes amostras dos solos devido provavelmente à diferença textural, maior presença de pedregulho e areia e menores de argila e silte, pela ordem.

O valor médio de LP verificado para a área estudada varia significativamente entre 26% a 60% com média de 38%, assim o solo se encontra no estado plástico, reduzindo sua resistência mecânica à compactação. Em valores de LP < 29% abaixo dessa umidade, o solo se encontra no estado friável, logo, de uma maneira bem simples, é recomendável que as práticas mecanizadas, na área estudada, sejam realizadas quando solo estiver com umidade inferior a 29%, com vistas a evitar o processo de compactação do solo e seus efeitos danosos. Nesse perfil apenas as amostras A1 e A3 podem ser consideradas para essa prática.

Os limites de Atterberg claramente estão influenciados pela textura do solo, ou seja, a fração de argila apresenta menores proporções que afetam os valores de LL e LP. Souza et al. (2000) citam que, quanto maior for a porcentagem da fração argila no solo, maior influência terá sobre o do limite de liquidez e viceversa.

A fração de areia não é plástica, portanto, quanto mais arenoso for o solo, menor sua plasticidade (menor será seu LP) e mais facilmente atingirá o estado líquido, ou seja, menor será o valor de LL. Luciano et al. (2012) afirmam que, isso pode ter ocorrido devido ao predomínio de argilominerais com menor superfície específica, que diminuem a capacidade da fração argila de interagir com a água e reduzem o efeito lubrificante desta, não ocorrendo o deslizamento das partículas finas uma sobre as outras, o que reduz o IP do solo.

É provável que a presença de matéria orgânica como o açai presente nos solos influencia fortemente os valores de LP em comparação aos valores de LL dos solos, promovendo ao aumento dos valores de IP (SILVA e MIRANDA, 2016).

Os corpos de prova teste são necessários para obtenção do índice de umidade ótima de cada amostra. Somente a partir desse teste, é que são confeccionados os corpos de prova com índices ideais de umidade.

5.5 O SOLO RESIDENCIAL PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

O solo residencial mostra uma distinção granulométrica com fração areia predominante (65%) e argila e silte em menor proporção (cerca de 35%) do volume do solo. O solo residencial, objeto deste trabalho, em relação à viabilidade técnica e ambiental para emprego em construção civil é rico em SiO_2 e Al_2O_3 e pobre em Fe_2O_3 e TiO_2 . Teores traços dos elementos alcalinos, alcalinos terrosos e fósforo.

O fato desse solo ter predominantemente textura arenosa evidenciam a instabilidade do material sedimentar da várzea, determinada por valores elevados da fração areia. Dentre as areias, a classificada como média e fina predominam e, segundo Guerra (1991), quanto maior o valor de areia mais elevada à suscetibilidade dos solos em seres erodidos. O solo residencial contém o argilo-mineral caulinita o que torna o mesmo pouco plásticos, portanto, será pouco expansivo e com pequena capacidade de troca catiônica (CHAVES e GUERRA, 2006). As análises mineralógicas mostram claramente que a caulinita é a fase argilosa predominante nas amostras estudadas.

Não foram identificadas esmectitas e ilitas nos solos, embora seja muito ocorrente em solos de várzea, isto é confirmado pelos menores teores de K e Ca ao longo do perfil das amostras de solo. Kiehl (1979) sugere que, esse grupo apresenta elevada capacidade para a retenção de água, expandindo-se consideravelmente quando molhada e que a degradação de sua estrutura pode dar origem à caulinita muito encontrado nas amostras, porém não pode transformar-se em ilita – mineral não expansivo quando não recebe por inclusão – íons de potássio em suas camadas, elemento não encontrado nas amostras. Todavia, a presença de caulinita pode também ter ocorrido devido ao aporte de material particulado em suspensão e correntes de maré. Essas condições hidrodinâmicas ocorrentes na área do estudo possibilitaram a deposição das frações granulométricas mais finas (SCHETTINI, 2002).

A caulinita do solo estudado em Barcarena, mineral bilaminar apresentam menor capacidade de adsorver íons e água, quando comparado com as esmectita trilaminares que apresentam capacidade de absorver maior volume de íons e água (KRAUSKOPF, 1972), consequentemente, a caulinita é muito menos expansiva do que a esmectita afetando a plasticidade do solo.

O solo residencial abordado neste trabalho, composto de pedregulhos e areias em maior proporção, são partículas grandes (grossas), individualmente soltas, no estado seco não se aderem uma à outra (somente se apóiam entre si) e são altamente permeáveis. Isso se deve ao fato de existirem, entre as partículas, espaços vazios relativamente grandes e intercomunicados entre si. Dessa forma, é um solo não coesivo, em estado seco, porém o solo

está composto também por partículas muito finas que, individualmente, favorecem a adesão entre elas e produzindo coesão.

Os espaços vazios entre as partículas são muito pequenos devido a sua estrutura esses solos apresentam resistência à penetração de água, absorvendo-a muito lentamente. Entretanto, uma vez que tenha conseguido penetrar no solo, a água também encontra dificuldade para ser extraída do interior do mesmo. Esses tamanhos conferem ao solo residencial uma mistura de partículas com predominância dos tamanhos de maior granulometria e menor dos grãos finos com outros de maior granulometria. O solo residencial então terá comportamento diretamente relacionado à percentagem de partículas finas existentes, em relação às partículas grossas.

Essas partículas tendem a agrupar-se dificultando uma redistribuição natural entre elas, individualmente. Os tamanhos de grão mistos ao receberem água podem provocar um solo plástico, podendo apresentar maior grau de estabilidade quando secos. Entretanto os dados obtidos de frações elevadas de areia e argila não são compatíveis aos outros estudos Lima (2006) onde os solos de várzea normalmente apresentam teores elevados de silte e de areia fina.

A correlação entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade do solo estudado, contribui na avaliação do solo residencial para uso em construção civil (MBAGWU & ABEH, 1998; BALASTREIRE, 1990). Esses limites de Atterberg do solo estudado estão afetados pelos conteúdos de areia e argila principalmente, na medida em que menor o conteúdo de argila do solo, diminuem os valores do índice de plasticidade; dessa forma, quanto menor é a relação da superfície total das partículas de argila em relação ao seu volume, menor número de moléculas de água é capaz de absorver e, por conseguinte, serão mais baixos os valores dos limites de Atterberg (Garea et al. 1996).

Em solos de textura com predominância de frações mais grosseiras, como é o caso das amostras analisadas, deve ocorrer maior aeração e maior aquecimento o que pode favorecer a decomposição da matéria orgânica, o que justifica os baixos valores observados.

Verifica-se que as maiores concentrações de MO estão na camada superficial. Trindade et al. (2009) relatam que, geralmente são encontrados maiores teores de MO nas camadas mais superficiais dos solos devido ao equilíbrio existente entre a deposição de restos de vegetação e outros materiais orgânicos e ação microbiana na decomposição destes.

5.6 RELAÇÃO DO TIPO DE SOLO NA ÁREA INTERVIDA COM A COMUNIDADE

Há de se considerar que a área do solo intervindo apresenta ocupação humana, por vezes vinculada às necessidades de produção, de moradia, de consumo, de lazer, de circulação, entre outros, de maneira que a forma de ocupação de determinada parcela da cidade revela-se no uso do seu solo. Entretanto, ocupar uma parcela da cidade ou usar o seu solo para determinado fim implica reproduzir um ambiente, que nada mais é do que produção/reprodução espacial, através do trabalho social.

A produção espacial manifesta-se de várias maneiras, gerando uma heterogeneidade do espaço que se traduz nos diversos ambientes produzidos, nos seus usos e atividades. Cada ambiente, dentro da cidade, constitui uma parte diversificada desta totalidade, porém relacionada uma à outra, como por exemplo, a relação entre o centro e a periferia da cidade. A área/várzea ocupada perto do furo do Arrozal com afluentes do Rio Itaporanga, na margem de um pequeno igarapé na parte oeste de Barcarena é considerada periferia pelas suas determinações sociais em que a produção ambiental (que também é espacial) conduz a diferenciados níveis de transformação e também de degradação, como resultados das formas ou tipos de trabalho humano inerentes a essa produção espacial.

Em outras palavras, a produção diferenciada do ambiente da várzea reflete inclusive os graus de intervenção na natureza – que apresentam em diferentes formas de ocupação ou de uso do solo. As formas de ocupação materializaram-se pela retirada da cobertura vegetal principalmente pelo aterro fragmentado da várzea. Nesse processo houve transformação da várzea em espaço urbano em etapas, em momentos históricos diferentes de modo a influenciar na morfologia e paisagem.

A topografia transformou a área, e provavelmente seus tributários, em canais de escoamento dos rejeitos produzidos na área da bacia e na própria cidade, também alterou as cabeceiras e os leitos dos cursos fluviais através da densidade das construções urbanas, das retificações, da alteração da cobertura vegetal, do assoreamento, da impermeabilização do solo, do lançamento de rejeitos sólidos e líquidos.

As pessoas sentem os efeitos da qualidade de vida, o desconforto de morar num terreno aterrado com caroço de açaí, a insegurança por saber que, durante as chuvas, sua casa ficará total ou parcialmente sob as águas ou a angústia de quem não tem recursos para cuidar da proteção e da saúde dos seus familiares, vítimas da insalubridade produzida através do tipo de ocupação e/ou uso do espaço.

A impermeabilização do solo em função da construção de calçadas, residências e do asfaltamento seja nas áreas de cabeceiras e terraços, seja nos setores de várzea adjacentes aos igarapés, aumentam o escoamento superficial das águas pluviais e a vazão dos canais fluviais, intensificando o problema da drenagem. Os terrenos residenciais da área intervida possuem aterro e usualmente a população vizinha não dispõem de recursos suficientes, para preparar o terreno para as futuras construções.

Para a escolha de áreas para implantação de aterros com disposição de resíduos sólidos deve-se tomar determinados cuidados essenciais. Segundo Lee e Jones-Lee (1998), em aterros de resíduos sólidos convencionais, cuja restrição à entrada de umidade é a cobertura, a produção de percolato, mistura de líquido proveniente da degradação da matéria orgânica - chorume com a chuva, pode durar mil anos ou mais. Assim, os aterros devem se localizar em áreas onde existam fatores naturais favoráveis, para que no caso de falha ou desgaste do sistema de proteção, possam atenuar os efeitos nocivos ao meio ambiente (PFEIFFER, 2001).

Em Barcarena, a planície aluvial que margeia os rios de águas barrentas, ricas em material de suspensão, como aqueles que desembocam na baía do Guajará recebe regionalmente a denominação de várzea e está sujeita às inundações sazonais (LIMA, 2006). Sendo assim, o planejamento para atividades de construção civil permitiu que o conjunto de elementos estudados neste trabalho, embora limitados, envolvessem o reconhecimento do solo favorável à construção civil a partir da determinação mineralógica, química e testes físicos.

Machado et al (1996) ressaltam que, os solos de várzea encontrados nas planícies adjacentes aos rios e lagos apresentam composição granulométrica e mineralógica bem diversificada, com variação de características entre um local para outro e proporcionam modificações na paisagem. No caso do solo estudado, a paisagem foi modificada não somente pelos processos ecológicos estabelecidos entre o solo e o sistema aquático, também pela ocupação humana. Os processos fluviais de erosão, transporte e deposição compõem a dinâmica fluvial, principalmente, quando falamos do rio Pará em face à complexidade e periodicidade do regime hidrológico, que muitas vezes causa à população que ocupa essa área, transtornos sociais e econômicos. A erosão pode está associada a instabilidade do material arenoso que compõe os solos residenciais.

6. CONCLUSÕES

O solo estudado apresentou a predominância do mineral quartzo e caulinita associadas a anatásio, goethita e hematita em concentrações acessórias em sua composição mineralógica. Possui elevados teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 presentes em estruturas das fases não argilosas e argilo-minerais semelhante aos dos solos lateríticos da região de Barcarena, somada a presença de abundante matéria orgânica, como parte do caroço de açaí. Pode-se inferir que esse solo possui uma alta capacidade em adsorver a água e os íons sem que haja expansão do solo.

O solo estudado é semelhante aos solos do entorno da área, constituída também dos minerais acima citados, indicando sua equivalência com os solos da região do entorno. O solo não é espesso e possui textura franca a argilosa, com conteúdo de matéria orgânica e alta saturação em alumínio, baixo conteúdo de fósforo semelhante a Latossolo Amarelo Distrófico. A composição mineralógica demonstra que as camadas desses perfis de solos estudados correspondem aos sedimentos arenosos da Formação Barreiras.

Localizado em áreas de várzea, o solo analisado é abundante em quartzo e caulinita, sendo a argila um mineral não expansivo, o que não permite a retenção de água em todos os perfis analisados. As texturas do tipo franco argilosa siltosa, expressas por valores elevados, estabelecem riscos e índices de vulnerabilidade à erosão pela ação da água.

O perfil do solo superficial está constituído por pedregulho e areia em maior proporção que silte e argila, tornando-os permeáveis sem restringir a percolação de efluentes do material orgânico, ou seja, dos resíduos de açaí em camadas mais profundas. A presença de pedregulho e areia, com 65%, na área residencial estudada, mostra um importante registro qualificativo da classe textural, como solo com pedregulho ou areia argilosa.

O solo muito arenoso apresentou menor limite de liquidez devido a menores percentagens da fração argila no solo. Isso, inclusive, influenciou no método de determinação do limite de liquidez e, portanto, nos valores do IP. A granulometria do solo influi significativamente sobre os limites de consistência do solo da área estudada, sendo que quanto maior a porcentagem da fração areia, menor a plasticidade do solo.

Das amostras estudadas, a amostra A1 foi a que mais se adequa aos parâmetros normativos de solos futuras construções. De acordo com os parâmetros estudados, esse solo apresentará comportamento adequado caso seja utilizado em solos de nivelamento, porém

provavelmente não adsorverá os íons e água solubilizados nos líquidos resultantes dos processos degradativos dos solos com açai e se compactará gradativamente.

As áreas de várzea disponíveis para construção foram afetadas pela urbanização, crescimento da população e da deposição de resíduos de açai decorrente da necessidade de a população require maiores áreas, entretanto, sem considerar os aspectos ambientais.

REFERÊNCIAS

- AASHTO - American Association for State Highway and transportation officials. Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing. Specifications, part 1 and tests, part 2, Washington, 1978.
- ASTM - ASTM Natural building stones; soil and rocks. Annual book of ASTM standards, part 19, Philadelphia, 1980
- ABEH, O. G; MBAGWU, J. S. C.; Prediction Of Engineering Properties Of Tropical Soils Using Intrinsic Pedological Parameters. **Soil Science**. Vol, 163, Issue 2, p 93-102, February 1998.
- ACSELRAD, H. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, nº 01, Mai./1999.
- ALMEIDA, A. V. C, *et al.*,. Revalorização do caroço de açaí em uma beneficiadora de polpas do município de Ananindeua/PA: proposta de estruturação de um canal reverso orientado pela PNRS e logística reversa. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 12, nº 3, jul-set/2017, p. 59-83.
- ALVES, S.B. **Os Impactos ambientais causados pela ocupação irregular urbana de áreas de várzea em Belém-PA**. 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologia, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2017
- ANDRADE, R.S. *et al.* Geologia das folhas SB.22 Araguaia e parte de SC.22 Tocantins, Projeto RADAM-BRASIL, geologia, geomorfologia, solos e uso potencial da terra, Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, 1974.
- ARAÚJO, F.S. **Entre portais do espetáculo e portas do cotidiano sobre as águas do Guamá: Cartografando processos construtivos de subjetivação no jurunas, Belém-PA**. 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e Solos**. Rio de Janeiro, 1995.
- _____. **NBR 3406: Solo – Ensaio de Penetração do Cone *in situ* (CPT)**, 1991.
- _____. **NBR 5734: Peneiras para ensaios**, 1989.
- _____. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**, 2010.
- _____. **NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 1986. Atualizada em 2016.

_____. **NBR 6459:** Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984. Atualizada em 2016.

_____. **NBR 6484:** Solo – Sondagens de simples reconhecimentos com SPT – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 6491:** Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia, 1985.

_____. **NBR 6497:** Levantamento geotécnico, 1983.

_____. **NBR 6508:** Grãos que passam na peneira de 4,8mm, determinação da massa específica, 1984.

_____. **NBR 7180:** Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984. Atualizada em 2016.

_____. **NBR 7181:** Solo - Análise granulométrica, 1968.

_____. **NBR 7182:** Solo - Ensaio de compactação, 2016.

_____. **NBR 7183:** Solo - Determinação do limite e relação de contração, 1982.

_____. **NBR 7250:** Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos, 1982.

_____. **NBR 8036:** Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios, 1983.

_____. **NBR 9603:** Sondagem à trado, 2015.

_____. **NBR 9604:** Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo com retirada de amostras deformadas e indeformadas, 2016.

_____. **NBR 9820:** Coleta de amostras indeformadas de solo em furos de sondagem, 1997.

_____. **NBR 9941:** Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório, 1987.

_____. **NBR 10838:** Solo - Determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas, com o emprego de balança hidrostática, 1988.

_____. **NBR 10905:** Solo –ensaio de palheta *in situ*, 1989.

_____. **NBR 12004:** Solo - Determinação do e_{max} de solo não coesivo, 1990.

_____. **NBR 12051:** Solo - Determinação do e_{min} de solo não coesivo, 1991.

BALASTREIRE, L.A.; VASARHELYI, A. e MARQUES, R.T. Estudo comparativo de dosadores de sementes de disco horizontal e inclinado, In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Universidade de São Paulo/ Departamento de Engenharia Rural, 1990 pp. 969-979,

BARREIRA, R. M. **Caracterização Físico-Química do Endocarpo do Açaí (Euterpe Oleracea Mart.) para Aplicação em Síntese de Poliuretana.** 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Materiais e Processo de Fabricação, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2009.

BRAGA, R.M.Q.L. **A utilização de uma camada de solo compactado como revestimento impermeabilizante de fundo de bacias de disposição de lama vermelha produzida em Barcarena-PA.** 2010. 172f. Tese (Doutorado na área de Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

BRASIL. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca do Estado do Pará: Panorama Agrícola do Pará 2010/2017 – Açaí, Pará, 2018.

BRENDA, F. **Favorabilidade de Áreas para Implantação de Aterros Controlados no Município de Campos dos Goytacazes/RJ Utilizando Sistemas de Informação Geográfica.** 2008. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Geotécnica, Universidade Estadual do Norte do Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2008.

CANEVAROLO Jr., S.V. **Técnicas de caracterização de polímeros.** São Paulo: Artliber Editora, 2004. 445p.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A, 1981. 241p.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações: fundamentos. Rio de Janeiro: LTC, 2012. rev. ampli. ed. 6, v. 1. p. 52-55.

CARDOSO, Ana Cláudia. **O Espaço Alternativo: vida e forma urbana nas baixadas de Belém.** Belém: EDUFPA, 2007.

CARDOSO, E. L.; FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A. **Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 5 p.

CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. **Solos Agrícolas.** Campina Grande: EDUFPG, 2006.178p.

CRUZ, D.L.S.; *et al.*,. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@ambiente On-line.** Boa Vista – RR, vol. 5, nº 2, p. 158-165, Mai./Ago. 2011.

COHEN, K.O.; *et al.*,. Caracterização físico-química e funcional da polpa extraída de frutos da Cultivar de açaizeiro BRS Pará. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009.

COSTA M. L. **ASPECTOS GEOLÓGICOS DOS LATERITOS DA AMAZÔNIA.** Revista Brasileira de Geociências 21(2): 146-160, junho de 1991

COSTA, S.M.F., *et al.*,. Crescimento urbano e ocupação de várzea em pequenas cidades da Amazônia: uma discussão premente. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Rio Grande do Sul, Vol. 20, n.1, p. 114-129, jan./abr. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **PRO 002**: Coletas de amostras indeformadas de solos. 1994.

_____. **ME 80**: Solos – Análise granulométrica por peneiramento. 1994.

_____. **ME 202**: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. 1994.

_____. **ME 41**: Solos – Preparação de amostras para ensaios de caracterização. 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **DNIT 108 – ES**: Terraplanagem – Aterros – Especificação de serviços. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **DNIT 164 – ME**: Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 2009.

DIAS, M. B. **Urbanismo e ambiente urbano no Distrito Administrativo de Icoaraci, Belém – PA**. 2007. 314f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Disponível em <<https://www.embrapa.br>> Acesso em 20 de abril de 2018.

FAJARDO, J.D.V.; SOUZA, L.A.G; ALFAIA, S.S. Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios baixo Solimões e médio Amazonas. **Revista Acta Amazônica**. Vol. 39, nº 4, p.731-740, 2009.

A. Garea, MT Ortiz, J.R. Viguri, M.J. Renedo, J. Fernandez, J.A. Irabien. Desulfurization yield of calcium hydroxide/fly-ash mixtures. Thermogravimetric determination. **Thermochimica Acta**. Vol. 286, pp. 173-185, set.1996.

Google Imagens. Disponível em < <https://www.google.com/imghp?hl=pt-pt>>. Acesso em 20 de Novembro de 2018.

Google Maps. Disponível em < <https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em 20 de Novembro de 2018.

GONÇALVES, R.; *et al.*,. Crescimento desordenado, segregação social nas cidades médias brasileiras: O caso da cidade de Juazeiro/ Bahia/ Brasil. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 2013, Lima. **Anais ...** Lima, 2013.

HOMMA, A; NASCIMENTO, C. **Amazônia: Meio Ambiente e Tecnologia agrícola**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM, 1974.

HOMMA, A. K.;TAVARES, G. S. O. Comercialização do Açaí no Estado Do Pará: Alguns Comentários. **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana**, Set. 2015.

HORBE, A. M. C. ; COSTA, M. L. **Relações Genéticas Entre Latossolos E Crostas Lateríticas Aluminosas E Alumino-Ferruginosas Na Região De Paragominas, Pará.** Revista Brasileira de Geociências. 29(4):497-504, dezembro de 1999

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2017.** Rio de Janeiro, 2017, vol. 32.

Instituto Federal ingressa com pedido de patente de lenha ecológica em Novo Paraíso. Disponível em <www.folhabv.com.br>. Acesso em 20 de Abril de 2018.

ISSLER, R. *et al.*. Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAM: Belém, geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1974.

LEÃO, M.B.M.S. **Paisagem ribeirinha nas baixadas de Belém/PA: usos e apropriações na bacia da Estrada Nova.** In: XVII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 2017, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 2017.

LEÃO, M.B.M.S. **Projeto Portal Da Amazônia: Contradições Na Orla De Belém/Pa.** Belém. 2013. In: XV Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 2013, Recife. **Anais...**Recife, 2013.

MACHADO, V.A.; MUGGLER, C.C.; PINTO SOBRINHO, F.A. *et al.* **Educação Em Solos: Princípios, Teoria e Métodos.** In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2006, Recife. **Anais...**Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006.

MARCELLI, M.. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras.** São Paulo: Pini, 2007.

MARTINS, M.A; MATTOSO, L.H.C.; *et al.*,. Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras de mesocarpo e caroço do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura.** Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1150-1157, Dez. 2009.

MOREIRA, E. **Belém e sua expressão geográfica.** In: Obras reunidas de Eidorfe Moreira, v.1. Belém: CEJUP, 1989.

MOTE, C.R.; SEWELL, J.I. Liquid-Limit Determination For Indicating Effectiveness Of Chemicals In Pond Sealing. **Transações da ASAE**, vol. 12, nº 5, pp. 611-613, 1969.

MUGGLER, C. *et al.* Educação Em Solos: Princípios, teoria e métodos. **Revista Brasileira de Ciência e Solo**, v. 30, n. 4, p. 733-740, 2006.

NASCIMENTO, C.; HOMMA, A. **Amazônia: Meio Ambiente e Tecnologia agrícola.** EMBRAPA-CPATU,1984

NOGUEIRA, O.L.; FIGUEIRÊDO, F.J.C.; MÜLLER, A.A. **Açaí**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

OLIVEIRA, J. A. As cidades da natureza, a natureza das cidades e o controle do território. In: XIII Colóquio Internacional de Geocrítica, 2014, **Anais...** Barcelona. El control del espacio y los espacios de control. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2014.

PEIXOTO, N.B. O rio, a inundação e a cidade A várzea do Tietê como situação crítica. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 31, nº 91, Dez. /2017

PENTEADO, A.R. **Belém – Estudo de Geografia Urbana**. 1º Ed. Belém: Universidade Federal do Pará, 1968.

Pesquisadores da Uepa buscam aproveitamento do caroço de açaí. Disponível em <G1.globo.com> Acesso em: 30/12/2018

PULROLNIK, Karina; *et al.*,. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, vol. 33, nº 5, pp. 1125-1136, Jul./Ago. 2009.

RAFUL, L.Z.L.; SOUZA, C.M.A.; VIEIRA, L.B. Determinação Do Limite De Liquidez Em Dois Tipos De Solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, vol. 4, nº 3, pp. 460-464, Set./Dez. 2000.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18p

RODRIGUES, R. M.; *et al.*,. **APP's urbanas e intervenções públicas em áreas de Baixadas em Belém (PA): implicações das intervenções públicas nas margens de cursos d água**. In: II Seminário Nacional sobre Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano - APPurbana 2012, Natal. *Anais...* Natal, 2012.

ROSSETTI, D. E; TRUCKENBRODT, W.; GOÉS, A. M. **Estudo Paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e pós-barreiras na Região Bragantina, nordeste do Estado do Pará**. Belém: Emílio Goeldi, 1989.

Safra de açaí foi de 1,1 milhão de toneladas em 2016. Disponível em <agenciadenoticias.ibge.gov.br>. Acesso em 20 de dezembro de 2018.

SANCHES, S.I.D.P. **Reforço de solos moles de fundação de aterro em Deep Soil Mixing: Modelação de caso de estudo**. 2012. 212f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Geotecnia)- Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2012.

SCHAUSS, A. G.; *et al.*,. Phytochemical and Nutrient Composition of the Freeze-Dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe oleracea* Mart. (Acai). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 22, n. 54, p.8598-8603, 2006.

SECRETARIA DE PORTOS – SEP. Companhia Docas do Pará. **Diagnóstico do Porto de Vila de Conde**. Relatório. 2016.

SEWELL, J.I.; MOTE, C.R. Liquid-Limit Determination For Indicating Effectiveness Of Chemicals In Pond Sealing. **Transações da ASAE**, v.12, n.5, p.611-613, 1969.

SOUZA, C. *et al.* Determinação Do Limite De Liquidez Em Dois Tipos De Solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.460-464, 2000.

TAVARES, G. S.; HOMMA, A. K. O. Comercialização do Açaí no Estado Do Pará: Alguns Comentários. **Observatorio de La Economía Latinoamericana**, Set./2015. Acesso em: 17 julho. 2017.

TINOCO, A.C. Açaí amazônico: novas perspectivas de negócio. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 1 CD-ROM. Trabalho apresentado no Workshop Regional do Açaizeiro: pesquisa, produção e comercialização, Belém, PA, 2005.

TRINDADE, R. S.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Leaf area of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 115-124, 2010.