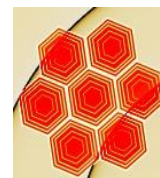




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA – PPGGEO
MESTRADO EM GEOGRAFIA**



LÉYA JÉSSYKA RODRIGUES SILVA CABRAL

**LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO DA PLANÍCIE DO DELTA
DO PARNAÍBA, PI**

Teresina - PI
Maio - 2018

LÉYA JÉSSYKA RODRIGUES SILVA CABRAL

**LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO DA PLANÍCIE DO DELTA
DO PARNAÍBA, PI**

Versão final da dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGGEO, da Universidade Federal do Piauí como requisito para a aquisição do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Estudos Regionais e Geoambientais.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Gustavo Souza Valladares

Teresina- PI
Maio – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas e Letras
Serviço de Processamento Técnico

C117L Cabral, Léya Jéssyka Rodrigues Silva.
Levantamento pedológico da planície do delta do
Parnaíba, PI / Léya Jéssyka Rodrigues Silva Cabral. –
2018.
70 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade
Federal do Piauí, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Gustavo Souza Valladares.

1. Piauí - Geografia Física. 2. Classificação dos Solos.
3. Litoral do Piauí. 4. Processos Pedogenéticos. I. Título.

CDD 918.122

LÉYA JÉSSYKA RODRIGUES SILVA CABRAL

“LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO DA PLANÍCIE DO DELTA DO
PARNAÍBA, PI”

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de mestre, pelo
Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Piauí – UFPI.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Souza
Valladares.

Aprovado em 21 / 05 / 2018.

BANCA EXAMINADORA

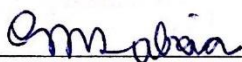
Prof.º Dr.º



[Orientador - Presidente]

GUSTAVO SOUZA VALLADARES

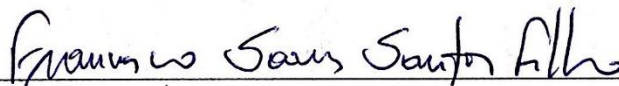
Prof.º. Dr.º



[Examinadora Interna ao Programa – PPGGEO - UFPI]

CLAUDIA MARIA SABOIA DE AQUINO


Prof.º. Dr.º



[Examinador Externo à Instituição – UESPI]

FRANCISCO SOARES SANTOS FILHO

Prof.º. Dr.º



[Examinadora Externa à Instituição – IFPI]

BRUNA DE FREITAS IWATA

À Deus
À Minha Mãe Regina e Mãe Arlinda.
Ao meu amor Brendon Júnior.
À Iandra Marta.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua eterna sabedoria, por me fazer levantar a cada tropeço, por me dar forças pra conseguir superar todos os obstáculos, pois “Tudo posso naquele que me fortalece”.

À minha mãe Regina que me deu o dom da vida, e me ensinou a lutar e a vencer todos os dias, com suas palavras de amor, afeto, paciência, a você devo a minha vida, e se luto e venço todos os dias, é por você. Amo-te por toda a eternidade.

À minha Mãe Linda, por me ensinar a ter força, a querer sempre mais, por ter batalhado todos os dias pra me proporcionar sempre o melhor e me tornar a mulher que sou. Hoje vozinha, por você estou aqui e todas as vitórias sempre serão por você.

Ao meu amor Brendon Júnior, que faz a vida ser mais bela a cada momento. Obrigado pelo companheirismo, amizade, pelo amor, por toda a paciência, por me ajudar a vencer todas as batalhas diárias. Meu bem, obrigado por não me deixar desistir, nos momentos que fraquejei, nos momentos em que quis desistir, por segurar a minha mão em cada dor insuportável, obrigado por me suportar. Obrigado por compartilhar sua vida ao meu lado. Você me fez descobrir o melhor de mim.

Agradecer a minha avó Edite (*in memoriam*), por me amar em todos os dias da sua vida. Sei que onde estiver, estará sempre me abençoando.

Ao meu padastro Barbosa, pela firmeza e apoio nessa jornada.

À minha família Rodrigues Araújo, por todo amor, D. Edvânia, Sr. Raimundo, Vô Antônio, por me amarem como filha. A Ludmila e José Neto pelo carinho e irmandade.

Ao meu orientador e amigo Professor Doutor Gustavo Valladares, pela orientação desde a graduação, pela amizade e ensinamentos e por toda a paciência que sempre teve comigo. Obrigado por me ensinar a buscar, lutar, crescer e alcançar.

As minhas amigas: Ingrid, Brunna, Valleria, Thaiz e Karinne, pela amizade verdadeira.

Aos meus padrinhos, Ideilane e Frederico, por todo apoio, por cada palavra de superação, por nunca me deixarem desistir.

À minha Iandra Marta, por fazer minha vida tão especial, como eu a amo, minha princesa. Eu só tenho a agradecer a Deus por você ter surgido na minha vida, todo o esforço e dedicação agora também é por você. Dinda te ama.

À minha pequena Clarinha, por lutar todos os dias para ser feliz, obrigado por me fazer ver a vida de outro jeito, por ser a minha irmãzinha, por ser o tesouro dessa casa.

À minha equipe 177 e os meus companheiros de trabalho, obrigado pela paciência.

Aos meus companheiros de laboratório Andréa Maciel, João Victor, Myria, Jéssica Frota e Agenor, que ajudaram em muitas etapas desse trabalho.

Ao meu amigo Agnaldo Filho, pela ajuda nos momentos difíceis na criação desse trabalho.

À Universidade Federal do Piauí, por todo amparo acadêmico, em especial ao Laboratório de Geomática e o Laboratório de Solos e Sedimentos do CCHL, onde realizei muitas etapas conclusivas para a realização desta dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia e todo seu corpo docente. Em especial a Prof^a Dr^a Claudia Sabóia, por toda amizade, carinho, por me fazer entender que mesmo a vida sendo tão difícil, nunca podemos desistir. Eu sempre a levarei no meu coração.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto de pesquisa no qual minha dissertação faz parte.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em nome do Professor Doutor Marcos Gervásio, pelas análises de solos realizadas, e pelo apoio recebido na qualificação.

Ao Laboratório Interdisciplinar de Materiais Avançados (LIMAV), pelo apoio nas análises de solos. Ao Professor Doutor Cleânio por toda a paciência em nossas incansáveis manhãs de análises.

E com a mesma intensidade agradeço a todos os amigos e familiares que me ajudaram com palavras de apoio, carinho e solidariedade, sem vocês essa vitória teria sido muito mais difícil.

Obrigada por serem, cada um à sua maneira, especiais em minha vida!

*“É preciso amor pra poder pulsar,
É preciso paz para sorrir,
É preciso a chuva para florir”.*
(Almir Sater)

RESUMO

A diversidade natural dos solos reflete na paisagem a sua própria evolução, sendo estes resultados das interações entre os fatores de formação: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo. Tais fatores, adjuntos aos processos pedogenéticos na evolução dos solos, definirão suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, fundamentais para a caracterização dos solos e manejo. Nesse sentido, este estudo tem com o objetivo geral realizar um levantamento dos solos ao nível de reconhecimento de alta intensidade em uma escala de 1:100.000 na planície do Delta do Parnaíba, localizada na região do Norte Piauiense, microrregião do Litoral Piauiense, compreendendo os municípios de Ilha Grande e parte do município de Parnaíba, tendo como limite natural os rios Parnaíba e Igarapu e o oceano Atlântico. A área de estudo concentra-se nos limites da Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba. Na elaboração da base cartográfica, utilizou-se para delimitação da área de estudo, um recorte concentrado na folha topográfica da SUDENE/DSG, Parnaíba (SA 24 Y-A-IV), elaborada pela DSG. No desenvolvimento do trabalho foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT 8 OLI e imagens RAPIDEYE, através do catálogo de imagens do Ministério do Meio Ambiente, além de técnicas de sensoriamento remoto, através dos sistemas de informações geográficas (SIG). Para a identificação e caracterização dos perfis de solos, foram realizadas atividades de campo, a fim de descrever e coletar os solos mais representativos na área de estudo. Foram descritos e coletados quinze perfis de solo por meio de trincheiras e tradagens, com extensões profundamente suficientes para avaliação das características morfológicas, além de registros fotográficos, registro de pontos de observação e coleta de material, obedecendo aos critérios de uniformidade de cor, relevo e vegetação. Os critérios e procedimentos metodológicos seguiram a padronização adotada no Brasil. As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e a preparação das análises mineralógicas realizadas no laboratório de Solos e Sedimentos e enviadas para o Laboratório Interdisciplinar de Materiais Avançados ambos na Universidade Federal do Piauí. Através dos resultados analisados foi possível classificar os solos de acordo com os níveis categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação dos solos. As principais ordens de solos encontradas na área de estudo foram os Neossolos, Planossolos, Gleissolos, Espodossolos, Cambissolos e os Vertissolos. Novas classificações foram sugeridas, devido a características significativas encontradas nos perfis de solos não se enquadrarem com as do SiBCS. As unidades de mapeamento foram definidas através de um mapeamento de solos de reconhecimento de alta intensidade e posteriormente caracterizadas de acordo com as unidades litoestratigráficas. Sendo a unidade SNo, associação complexa de PLANOSSOLO NÁTRICO, NEOSSOLO FLÚVICO, CAMBISSOLO FLÚVICO, VERTISSOLO HÁPLICO e unidade GSo, complexo GLEISSOLO HÁPLICO, inseridas nos depósitos fluvioaluvionares, caracterizados por sedimentos aluvionares. A unidade GJ1, associação de GLEISSOLO TIOMÓRFICO e unidade GJ2, associação de Gleissolo Tiomórfico e Gleissolo Háplicos, presentes nos depósitos de pântanos e mangue. Nos depósitos eólicos litorâneos fixos (Qe), e depósitos arenosos (Qd) está inserida a unidade RQo1, sendo uma Associação de: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, NEOSSOLO QUARTZARÊNICO e ESPODOSSOLO HUMILÚVICO. Nos depósitos litorâneos de praias recentes (Q21p) e os depósitos eólicos litorâneos móveis (Q2e), está inserida a unidade RQo2 sendo esta uma associação de: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Palavras Chaves: Classificação dos solos; Litoral do Piauí; Processos pedogenéticos.

SUMMARY

The natural diversity of the soils reflects in the landscape its own evolution, being these results of the interactions between the factors of formation: material of origin, relief, climate, organisms and time. These factors, together with pedogenetic processes in soil evolution, will define their physical, chemical and mineralogical properties, fundamental for soil characterization and management. In this sense, this study has as general objective to survey the soils at the level of high intensity reconnaissance on a scale of 1: 100,000 in the Parnaíba Delta plain, located in the region of North Piauiense, a micro region of the Piauiense Litoral. municipalities of Ilha Grande and part of the municipality of Parnaíba, having as natural limit the rivers Parnaíba and Igarapu and the Atlantic ocean. The study area focuses on the limits of the Environmental Protection Area of the Parnaíba Delta. In the elaboration of the cartographic base, a cut concentrated in the topography sheet of SUDENE / DSG, Parnaíba (SA 24 Y-A-IV), elaborated by DSG, was used to delimit the study area. In the development of the work, images of LANDSAT 8 OLI satellite and RAPIDEYE images were used, through the image catalog of the Ministry of the Environment, as well as remote sensing techniques, through geographic information systems (GIS). For the identification and characterization of soil profiles, field activities were carried out in order to describe and collect the most representative soils in the study area. Fifteen soil profiles were described and collected through trenches and traditions, with extensions deep enough to evaluate the morphological characteristics, as well as photographic records, observation points recording and material collection, obeying the criteria of uniformity of color, relief and vegetation. The criteria and methodological procedures followed the standardization adopted in Brazil. Physical and chemical analyzes were carried out at the Genesis and Soil Classification Laboratory of the Federal Rural University of Rio de Janeiro and the preparation of the mineralogical analyzes carried out in the Soil and Sediment Laboratory and sent to the Interdisciplinary Laboratory of advanced materials both at the Federal University of Piauí. Through the analyzed results it was possible to classify the soils according to the categorical levels of the Brazilian Soil Classification System. The main orders of soils found in the study area were the Neosols, Planosols, Gleysols, Spodosols, Cambisols and Vertisols. New classifications have been suggested because of the significant characteristics found in soil profiles that do not fit SiBCS. The mapping units were defined through a mapping of soils of high intensity recognition and later characterized according to the lithostratigraphic units. The SNo unit is a complex association of PLANOSOLO NÁTRICO, NEOSSOLO FLÚVICO, FLÚVICO CAMBISSOLO, VERTISSOLO HÁPLICO and GSo unit, GLEISSOLO HÁPLICO complex, inserted in fluvial-aluvial deposits, characterized by alluvial sediments. The unit GJ1, association of GLEISSOLO TIOMÓRFICO and unit of GJ2, association of Gleissolo Tiomórfico and Gleissolo Háplicos, present in the swamp and mangrove deposits.

In fixed coastal Aeolian deposits (Qe), and sandy deposits (Qd) is inserted the unit RQo1, being an Association of: NEOSSOLO QUARTZARENIC, NEOSSOLO QUARTZARENICO and HUMILUCOUS SPODOSOLO. In the coastal deposits of recent beaches (Q21p) and the mobile coastal eolian deposits (Q2e), the unit RQo2 is inserted and this is an association of: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Key - words: Soil classification; Litoral do Piauí; Pedogenetic processes.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| LISTA DE FIGURAS | 13 |
| LISTA DE TABELAS | 15 |
| LISTA DE QUADROS | 17 |
| INTRODUÇÃO | 19 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 22 |
| 2.1 Histórico da Ciência do Solo e a sua importância para a sociedade | 22 |
| 2.2 Definição de Solo | 24 |
| 2.3 Fatores de formação do solo | 26 |
| 2.3.1 Material de Origem..... | 27 |
| 2.3.2 Relevo | 28 |
| 2.3.3 Clima..... | 30 |
| 2.3.4 Organismos | 30 |
| 2.3.5 Tempo..... | 31 |
| 2.4 Processos pedogenéticos múltiplos | 32 |
| 2.5 Processos pedogenéticos específicos | 33 |
| 2.5.1 Gleização ou Redoximorfismo | 33 |
| 2.5.2 Paludização | 34 |
| 2.5.3 Halomorfismo | 34 |
| 2.5.4 Hidromorfismo | 35 |
| 2.5.5 Vertização ou vertissolização | 35 |
| 2.5.6 Sulfidização e sulfurização ou tiomorfismo | 36 |
| 2.5.7 Podzolização | 36 |
| 2.5.8 Lessivagem | 36 |
| 2.6 Levantamento e mapeamento de solos | 36 |
| 3.0 METODOLOGIA | 40 |
| 3.1 Análises dos solos | 41 |
| 3.2 Análises físicas | 43 |
| 3.3 Análises químicas | 44 |
| 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 48 |
| 4.1 Localização da área de estudo | 48 |

| | |
|---|-----|
| 4.2 Condicionantes físicos da área de estudo | 50 |
| 4.2.1 Geologia..... | 50 |
| 4.2.2 Geomorfologia..... | 53 |
| 4.2.3 Hidrografia..... | 56 |
| 4.2.4 Condições Climáticas..... | 57 |
| 4.2.5 Vegetação..... | 59 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 62 |
| 5.1 Caracterização Morfológica | 62 |
| 5.2 Caracterização Química | 68 |
| 5.3 Difractometria de raio-X | 71 |
| 5.4 Classificação dos solos da planície do Delta do Parnaíba | 79 |
| 5.5 Unidades de mapeamento dos solos | 90 |
| CONCLUSÕES | 99 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 100 |
| ANEXO | 106 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Representação esquemática da formação dos solos | 27 |
| Figura 2: Variação dos solos de acordo com o material de origem..... | 28 |
| Figura 3: Relevo influenciando nas características dos solos. | 29 |
| Figura 4: Ciclo da movimentação dos nutrientes em um solo sob vegetação de floresta. | 31 |
| Figura 5: Estágios do desenvolvimento do solo a partir do fator tempo. | 32 |
| Figura 6: Mapa de localização da planície do Delta do Parnaíba, PI | 49 |
| Figura 7: Mapa litoestratigráfico da planície do Delta do Parnaíba. | 51 |
| Figura 8: Mapa geomorfológico da planície do Delta do Parnaíba. | 55 |
| Figura 9: Rede de Drenagem da planície do Delta do Parnaíba. | 57 |
| Figura 10: Difratoograma de raio-x da fração areia dos horizontes e perfis de solos formados na Planície do Delta do Parnaíba. Sendo(a) horizonte A do perfil PD02 (b) horizonte Cg do perfil PD06 e (c) horizonte Cg do perfil PD08. Onde Qz: Quartzo, Ru: Rutilo, Fd: Feldspato. | 71 |
| Figura 11: Difratoograma de raio-x da fração silte dos horizontes e perfis de solos formados na Planície do Delta do Parnaíba. Sendo (a) o horizonte Ap e (b) o C1 do perfil PD01; (c) o horizonte A do perfil PD02; (d) o horizonte A do perfil PD03; (e) horizontes Ag e (f) o Cg1 do perfil PD05; (g) o horizontes Ag do perfil PD06 e (h) o horizonte Cg do perfil PD08.Sendo Qz: Quartzo, Mi: Mica | 72 |
| Figura 12: Difratoograma de raio-x da fração argila dos horizontes e perfis de solos formados na Planície do Delta do Parnaíba. Sendo (a) o horizonte C1 do perfil PD01; (b) horizonte A do perfil PD02; (c) o horizonte C2 do perfil PD02;(d) o horizonte A do perfil PD03;(e) o horizonte Btv1 do perfil PD03 e (f) horizonte Btv2 do perfil PD03. Sendo; Qz: Quartzo, Mi: Mica, Gb: Gbbsita, Cl: Calcita, Gt: Goethita, Hm: Hematita, Fh: Ferrihidrita, Ct: Caulinita, Em: Esmectita, Hl: Halita, Tr:Trona. | 75 |
| Figura 13: Difratoograma de raio-x da fração argila de horizontes e perfis de solos formados na Planície do Delta do Parnaíba. Sendo (a) o horizonte A do perfil PD06; (b) horizonte A do perfil PD07; (c) o horizonte Btg do perfil PD07;(d) o horizonte Cgj do perfil PD07;(e) o horizonte Cg do perfil PD08; (f) horizonte A do perfil PD12 e (g) horizonte Bv do Perfil PD12. Sendo; Qz: Quartzo, Mi: Mica, Gt: Goethita, Hm: Hematita, Ct: Caulinita, Em: Esmectita, Hl: Halita, Tr: Trona, Th: thermonatrita, Tn: Thenardita, Cl: Calcita. | 76 |
| Figura 14: Mapa dos perfis de solos e pontos de observação de solo da planície do Delta do Parnaíba. | 81 |
| Figura 15: Solo caracterizado como Neossolo Flúvico. Sendo (A) Perfil de solo PD01 e (B) Paisagem do Perfil PD01..... | 82 |

| | |
|--|----|
| Figura 16: Solo caracterizado como Planossolo Nátrico. Sendo (A) Perfil de solo PD03 e (B) Paisagem do Perfil PD03..... | 83 |
| Figura 17: Solos caracterizados como Neossolo Quartzarênico. Sendo (A) Perfil de solo PD04; (B) Paisagem do perfil PD09 e (C) paisagem do perfil PD04..... | 84 |
| Figura 18: Solo caracterizado como Gleissolo Tiomórfico. Sendo (A) Paisagem do perfil PD07 e (B) representação do mosqueado do perfil PD07. | 85 |
| Figura 19: Solos caracterizados como Gleissolo Háptico. Sendo (A) Perfil de solo PD05; (B) e (C) Paisagem e vegetação de mangue do perfil PD05..... | 86 |
| Figura 20: Perfil de solo PD10 caracterizado como Espodossolo Humilúvico..... | 87 |
| Figura 21: Solo caracterizado como Espodossolo Humilúvico. Sendo (A) Perfil de solo PD11; (B) Paisagem do perfil PD11..... | 88 |
| Figura 22: Solo caracterizado como Vertissolo Háptico. Sendo (A) Perfil de solo PD12 e (B) Paisagem do Perfil PD12..... | 88 |
| Figura 23: Solos caracterizados como Cambissolo Flúvico. Sendo (A) características vérticas do perfil PD05; (B) e (C) Paisagem do perfil PD15..... | 89 |
| Figura 24: Paisagem representativa do Perfil PD01 inserido na unidade de mapeamento SNo | 90 |
| Figura 25: Mapa Pedológico da Planície do Delta do Parnaíba - PI. | 91 |
| Figura 26: Paisagem representativa do Perfil PD15, caracterizado como Planossolo inserido na unidade de mapeamento SNo | 92 |
| Figura 27: Paisagem representativa do Perfil PD12, caracterizado como Vertissolo Háptico inserido na unidade de mapeamento SNo..... | 93 |
| Figura 28: Paisagem representativa do Perfil PD15, caracterizado como Cambissolo, inserido na unidade de mapeamento SNo | 93 |
| Figura 29: Paisagem representativa do Perfil PD06 caracterizado como Gleissolo, inserido na unidade de mapeamento GSo | 94 |
| Figura 30: Paisagem representativa da unidade GJ1 | 95 |
| Figura 31: Paisagem representativa da unidade GJ2 | 96 |
| Figura 32: Paisagem representativa da unidade RQo1..... | 97 |
| Figura 33: Paisagem representativa dos Neossolos Quartzarênicos da unidade RQo2..... | 98 |

LISTADE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Análises granulométricos dos perfis de solos da Planície Delta do Parnaíba | 66 |
| Tabela 2: Características químicas dos solos da planície do Delta do Parnaíba | 69 |

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1: Comportamento da temperatura e da chuva ao longo de 30 anos em Ilha Grande .59

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1: Tipos de processos pedogenéticos múltiplos..... | 32 |
| Quadro 2: Representação da vegetação do Delta do Parnaíba. | 60 |
| Quadro 3: Características morfológicas de solos da planície do Delta do Parnaíba | 63 |
| Quadro 4: Classificação dos solos segundo SiBCS e proposta de classificação dos solos segundo os autores da planície do Delta do Parnaíba-PI | 80 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA- Área de Proteção Ambiental

CCMs- Complexos Convectivos de Mesoescala

COT- Carbono Orgânico Total

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CTC- Capacidade de troca de cátions

DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral

DSG- Diretoria de Serviço Geográfico do Exército

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INDE- Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LIMAV- Laboratório Interdisciplinar de Materiais Avançados

MEAN- Massa Equatorial do Atlântico Norte

OLI- Operacional Terra Imager

PLANAP - Plano de ação para o desenvolvimento integrado da bacia do Parnaíba

PST- Percentagem de sódio trocável

RADAM BRASIL- Projeto Radar da Amazônia

SiBCS- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SUDENE- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TFSA- Terra Fina Seca ao Ar

UTM - Universal Transversa de Mercator

WGS 84 - (World Geodetic System)

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

INTRODUÇÃO

É bastante conhecida e difundida a importância do solo para a humanidade. Defini-lo, entretanto, nem sempre é tarefa simples, tanto que não existe uma definição universalmente aceita para esse fim. A razão disso é, sem dúvida, a multiplicidade de interesses quanto à ampla possibilidade do uso dos solos, do ponto de vista agrícola (produção de alimentos, madeiras, fibras, medicamentos etc.) ou não (material para aterros, fabricação de tijolos, telhas, aquecimento de ambientes etc.) (SANTOS et al., 2005).

Obter um conhecimento e o entendimento dos tipos de solos de uma região é de fundamental importância para um planejamento racional dos recursos naturais em função da velocidade e do tipo de ocupação do espaço físico. Essa utilização racional garante a sustentabilidade produtiva pela adequação de uso desses recursos respeitando suas vocações naturais. Para isso, deve haver um gerenciamento da base dos recursos naturais e uma orientação técnica (MIGUEL, 2010).

A diversidade natural das classes de solo na paisagem é resultado de complexas interações entre os fatores de formação: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo (RESENDE et al., 2007). Esses fatores, adjuntos aos processos pedogenéticos na evolução dos solos, definirão suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas de cada classe de solo. Os estudos abrangendo a caracterização dos solos são fundamentais para explicar questões referentes ao seu comportamento físico, químico e morfológico.

É por essa razão que nota-se a importância da caracterização dos solos, pois permite entre outros aspectos: entender as relações e comportamento entre os homens; relembrar propriedades dos objetos classificados; identificar o melhor uso do solo em um determinado lugar para um determinado fim; estimar a produtividade de um talhão e prover temas para pesquisa. (OLIVEIRA, 2005).

No Brasil os trabalhos de levantamentos de solos em escalas maiores são escassos, principalmente ao se considerar as dimensões territoriais do país. Neste segmento temos como base primária de recurso de caracterização pedológica, o Projeto RADAMBRASIL, criado na década de 70 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), desta equipe fizeram partes pedólogos, cujas atribuições consistiram na execução de Levantamentos Exploratórios de Solos, no qual o trabalho constituía em folhas ao milionésimo, que abrangia a quase totalidade do território brasileiro.

O Estado do Piauí, tem como base o levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí, realizado com o apoio da Embrapa e Superintendência do Desenvolvimento

do Nordeste (SUDENE) em 1986, apresentando uma visão geral dos diversos solos existentes no estado. Jacomine et al. (1986) relatam que o trabalho objetiva um levantamento dos recursos relativos nos solos, como vista a confecção de um mapa de solos de todo o Brasil, em escala 1:1.000.000.

Estudos mais recentes retratam uma atualização dos solos, tendo como base os mapeamentos realizados pelo projeto RADAMBRASIL, seguindo a nova caracterização do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), através da Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. A pesquisa realizou levantamentos de solo com o nível de detalhamento de 1:250.000, através da base de dados espaciais da Empresa à Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e verificação no campo. Segundo a pesquisa os solos do Delta do Parnaíba estão classificados em apenas duas classes de solo, confirmando uma deficiência no nível de detalhamento dos solos da planície do Delta do Parnaíba.

No caso da planície do Delta do Parnaíba, há necessidade de maior detalhamento dos solos, os quais são primordiais no planejamento ambiental, na prevenção de degradação dos solos em áreas com ocupação desordenada, manejo e conservação do solo. Para Silva (2012) as planícies litorâneas e fluviais são ambientes com grande fragilidade, os solos nestes ambientes são formados através do acúmulo de sedimentos de origem aluvial, eólica e marinha de composição química e física variada.

Ao passo que a análise dos solos surge com alternativa para fornecer informações relativas da sua formação e distribuição, percebe-se a importância do levantamento pedológico. Isto porque poderão se constituir em subsídios para delineamento de pesquisas, ampliação de conhecimento sobre a distribuição das classes de solos, bem como a sua relação com as unidades litoestratigráficas, tendo em vista a sua importância para a sociedade, sua transformação, planejamento e conservação. A busca pela pesquisa está ligada a carência encontrada durante toda a graduação referente a pesquisas mais atuais sobre o a planície do Delta do Parnaíba.

O estudo justificou-se pela necessidade de ampliar os conhecimentos sobre os solos da planície do Delta do Parnaíba, já que os mesmos são elementos essenciais para o equilíbrio dos ecossistemas costeiros. Além de ser palco do desenvolvimento de diversas atividades humanas, tais como a ocupação urbana, a agricultura, a pesca, o turismo e a pesquisa científica.

Partindo dessas premissas e no sentido de contribuir para o conhecimento dos aspectos referentes às características dos solos, o presente trabalho tem como objetivo geral: realizar um levantamento dos solos presentes na planície do Delta do Parnaíba no estado do Piauí.

Como objetivos específicos foram delineados:

1. Efetuar a caracterização morfológica, química, física, e mineralógica de perfis de solos representativos da área de estudo;
2. Mapear os solos em nível de levantamento de reconhecimento de alta intensidade e numa escala de 1:100.000;
3. Relacionar os solos mapeados com as unidades litoestratigráficas da planície do Delta do Parnaíba.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da Ciência do Solo e a sua importância para a sociedade.

Historicamente, a natureza e as propriedades dos solos têm sido fatores decisivos no desenvolvimento cultural e econômico das civilizações (KÄMPF e CURI, 2012). O estudo sobre o solo pode ser entendido por dois estágios: primeiramente de forma empírica, com a necessidade de produção de pigmentos, usados em vasos de cerâmica e nas pinturas rudimentares encontradas em cavernas, além das práticas agrícolas encontradas na literatura de povos antigos. O segundo é processo relativamente recente na história, referente aos últimos séculos, onde passou-se a tirar algumas conclusões a respeito das funções do solo, fundamentados na experimentação e aplicação do método científico, o que permitiu o desenvolvimento da agricultura (LEPSCH, 2011).

Historicamente, o solo tem sido estudado e interpretado diferentemente à medida que os conhecimentos sobre a sua complexidade evoluíram. Nesse desenvolvimento a ciência do solo destacou-se em diferentes esferas, que contribuíram para o seu entendimento: **a) os solos como meio para o desenvolvimento das plantas**, através da capacidade de produção de alimentos, para sua sobrevivência; **b) o solo como produto e alterações das rochas**, quando os solos passaram a ser considerados como produtos das alterações das rochas, surgindo a classificação dos solos de acordo com as rochas que lhe deram origem; e **c) o solo como corpo natural organizado**, quando reconheceu-se que o solo é formado em função das interações dos fatores de formação. (GIASSON, 2004)

Desde os primórdios do estudo da ciência do solo, este foi considerado como uma entidade natural, parte integrante do ambiente e que expressa os efeitos das condições ambientais, que prevaleceram ou que ainda prevalecem na sua ambiência (GUERRA; CUNHA, 1996). Os solos funcionam como amortecedores de mudanças ambientais. A sua capacidade de absorção e armazenamento da água das chuvas previne inundações, como filtradores de produtos tóxicos, mantém a pureza das águas subterrâneas (KÄMPF; CURI, 2012).

Lepsch (2011), também ressalta que a espécie humana se constitui como é atualmente, por meio de sua tentativa constante de transformar a natureza ao seu redor, o que inclui o solo, já que este se desenvolve naturalmente em condições da superfície do planeta. Assim à medida que o homem evoluía, usava o solo, direta ou indiretamente, para satisfazer suas necessidades, adquirindo, assim, conhecimentos a respeito desse corpo natural, que muito influenciaria o próprio destino do homem como espécie e como ser social.

Ao longo do tempo, o homem também percebeu que os solos variavam bastante na paisagem e se comportavam de maneira muito diversa segundo o uso a que se destinavam. Isso o levou a agrupar os solos em classes semelhantes. Assim, empiricamente separava os solos secos dos solos úmidos, os solos pobres (fracos) dos solos ricos (terra fértil), os solos leves (arenosos) dos solos pesados (argilosos e esmectíticos) e para facilitar a transmissão de seu conhecimento, cunhou nomes de classes. (OLIVEIRA, 2016?)

Foi somente após a última era glacial (cerca de 10.000 A.P.), que boa parte dos humanos considerados nômades, passaram a se fixar em determinados territórios, escolhidos pela qualidade do solo, do clima e da água. Ao se estabelecer aprenderam a domesticar animais e iniciaram o cultivo de plantas para obter mais facilmente parte de seus alimentos. Eram essas técnicas que aumentavam o conhecimento sobre o solo, principalmente no sentido do desenvolvimento da agricultura (LEPSCH, 2011).

Os crescimentos das populações trouxeram consigo o aumento das necessidades humanas, contribuindo para o aumento da utilização do solo, tanto para o sustento das plantas que cultivava, como para sua moradia. A partir do advento da agricultura, o homem começa a se apropriar do espaço e a dominar cada vez mais a natureza, porém o esgotamento dos mesmos significava o desmonte da estrutura espacial vigente, desarticulando a sociedade do meio em que vivia, obrigando-a a migrar, tendo em vista que as técnicas de manejo eram ainda rudimentares. Além disso, as práticas agrícolas estavam estreitamente vinculadas à sazonalidade climática, o que tornava a atividade ainda mais vulnerável (PIMENTA et al., 2008).

As buscas para entendimento e estudo do solo passaram por diferentes civilizações, entre elas os mesopotâmicos, egípcios, indianos, astecas, incas. Na China, há 6.600 anos, o território foi subdividido em nove classes de solos para fins de cálculo do valor correspondente ao nosso imposto territorial, que era baseado na capacidade produtiva do solo. Com os árabes no primeiro milênio d.C., surgiram os tratados sobre manejo agrícola do solo, destacando os sistemas de irrigação (LEPSCH, 2011).

Foi somente na Rússia, através dos processos de investigação científica, que se destacou um naturalista de nome Vasily Vasilevich Dokuchaev (1846-1903), que em seus incessantes estudos sobre o solo, formulou a conceituação de solos como corpos naturais organizados, como distintas naturezas próprias e que evoluem através de estágios de gênese, maturidade e degradação. Essa concepção se formulava ao perceber que os solos eram mais do que simples camadas de rochas intemperizadas sobre a crosta terrestre, e sim, uma complexa interação de

inúmeros fatores, como a rocha originária, o clima, os organismos, a topografia e o tempo transcorrido sob a ação desses fatores (MONIZ, 1972).

O reconhecimento desta nova visão do solo trouxe o aperfeiçoamento de práticas agrícolas, utilizando técnicas experimentais de diversos ramos da ciência, tais como a química, geologia, e a teoria evolucionista de Darwin. Dokuchaev estabeleceu o primeiro conceito pedológico, sendo capaz de estabelecer a base da pedologia, a qual consiste no estudo do solo quanto a sua gênese, classificação e mapeamento. Suas contribuições foram palco de novas pesquisas e estudos, através de jovens colaboradores que seguiam sua corrente, dando continuidade aos seus trabalhos e ideais, sempre buscando definições mais concretas sobre essa ciência.

2.2 Definição de Solo

Lepsch (2011) afirma que na ciência do solo surgem ramificações assim como nas diferentes áreas. Entre elas a edafologia que é usada para se referir a finalidades práticas ligadas principalmente a agricultura. Já a pedologia tem sido usada como referência aos estudos de gênese, classificação e mapeamento dos solos. A pedologia destaca-se como refúgio do estudo do solo dentro do seu conceito total, básico e essencial.

Para alguns, solo vem a ser sinônimo de qualquer parte da superfície da Terra e mesmo de outros planetas. A ciência do solo refere-se ao solo como um recurso natural da superfície da Terra, considerando sua formação, classificação e mapeamento. Também estuda seus atributos físicos, químicos, biológicos, sua fertilidade, seu uso e manejo.

Santos et al. (2005) definem que o corpo tridimensional representando o solo é chamado de pedon. A face do pedon que vai da superfície ao material de origem, usada para fins de exame, descrição e coleta do solo é chamada de perfil (unidade básica de estudo do solo). O perfil é constituído por seções mais ou menos paralelas à superfície, que são denominadas de horizontes ou camadas, resultantes da ação dos processos de formação.

Mendonça (2006) afirma que o solo é:

Um sistema dinâmico constituído por componentes sólidos, líquidos e gasosos de natureza mineral e orgânica, que ocupa a maior parte das superfícies continentais do planeta Terra. É estruturado em camadas denominadas horizontes, sujeitas a constantes transformações entrópicas, através de processos de adição, remoção, translocação de natureza química, física e biológica. Em resumo, o solo é resultado das interações envolvendo a atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera.

Para a Embrapa (2013) solos são definidos como:

Uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e pode ser vegetado na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.

Entre as definições existentes, Guerra; Cunha (1996) afirmam que solo é um elemento fundamental que compõe o ecossistema terrestre, pois além de ser o principal substrato para as plantas é também regulador de infiltração e armazenador de nutrientes. Dentro deste ponto de vista, solo é uma parcela dinâmica e tridimensional da superfície, constituindo por um conjunto de características peculiares internas e externas, com limites definidos de expressão.

Santos et al. (2005) seguem como definição de solos, as normas empregadas por trabalhos de nível mundial, que define como corpos naturais independentes constituídos de materiais minerais e orgânicos, organizados em camadas e, ou, horizontes resultantes da ação de fatores de formação, com destaque para a ação biológica e climática sobre um determinado material de origem (rocha, sedimentos orgânicos etc.) e numa determinada condição de relevo, através do tempo.

Atualmente a definição de solo mais usada na Ciência do Solo integra os conceitos pedológicos (solo como corpo natural organizado) e edafológico (solo como meio para desenvolvimento das plantas) enfatizando a ação antrópica sobre o solo. Conforme Soil Survey Division Staff (1993) citado por (KÄMPF; CURI, 2012):

O solo é uma coleção de corpos naturais na superfície terrestre, em parte modificado ou mesmo construídos pela atividade humana a partir do material terrestre, que contém matéria viva e é capaz de sustentar plantas ao ar livre. Em sua parte superior, o solo limita-se com a atmosfera; lateralmente, limita-se com a rocha consolidada ou alterada e com corpos de água. O solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações do clima, organismos vivos, material originário e relevo ao longo do tempo.

O solo como componente intrínseco de geossistemas, constitui um sistema dinâmico, constantemente perturbado por forças internas e externas. Essa concepção hierárquica possibilita, com detalhe desejado, o estudo das transferências entre sistema e suas circunvizinhanças. Isto permite entender e quantificar os processos e as relações fundamentais dos solos como base para descrever o seu comportamento no contexto do sistema. Qualquer alteração no subsistema seja ela em qualquer nível, tende a alterar os sistemas em nível inferior ou superior. Desta maneira, qualquer mudança na biosfera que altere os ecossistemas também alterará os solos e o mesmo acontece no sentido inverso. Esta interação contínua entre sistemas, mostra o caráter holístico embutido na concepção do sistema (KÄMPF; CURI, 2012).

Para a elaboração de mapas de solos autênticos ou originais são indispensáveis a verificação dos solos na sua ambiência, análises laboratoriais e trabalhos de gabinete, os quais consistem na transformação dos dados em informações úteis para utilização dos mapas de solos. Após a aquisição dos materiais básicos necessários ao levantamento de solos, entre outros mapas topográficos, fotografias aéreas e imagens. A elaboração de um mapa de solos pode ser considerada como a arte de apresentar a distribuição espacial das unidades de solos, passíveis de serem representadas cartograficamente na escala que o trabalho será publicado (GUERRA; CUNHA, 1996).

SANTOS et al. (2005) afirmam que o exame no campo revela muitas feições que permitem interferências que nem sempre podem ser obtidas a partir de análises de laboratório. O motivo é simples: o solo é um corpo dinâmico e possuem características que variam com o tempo, às vezes em curto período (umidade, temperatura, população e atividade microbiana etc.) Partes integrantes do solo, como vegetação e suas raízes, a fauna e seu habitat, a organização estrutural, entre outros fatores, que não são preservadas na amostra.

2.3 Fatores de formação do solo

Os atributos encontrados em um determinado corpo de solo são representados principalmente pelos seus horizontes, podendo ser entendidos e interpretados como se fossem uma síntese de todos os acontecimentos daquele local específico. Dessa forma, um dos maiores desafios do pesquisador que estuda a pedogênese será interpretar a origem e o desenvolvimento de um solo a partir das muitas características dos horizontes que vê e descreve no campo e dos números dos resultados das análises de seus materiais em laboratório (LEPSCH, 2011).

Jenny (1941) retoma o conceito de solo emitido por Dokuchaev em 1883, estabelece um modelo matemático que relacionava a formação do solo com fatores independentes conforme a equação 1.

$$S = r(mo, r, cl, o, t)$$

(Equação 1)

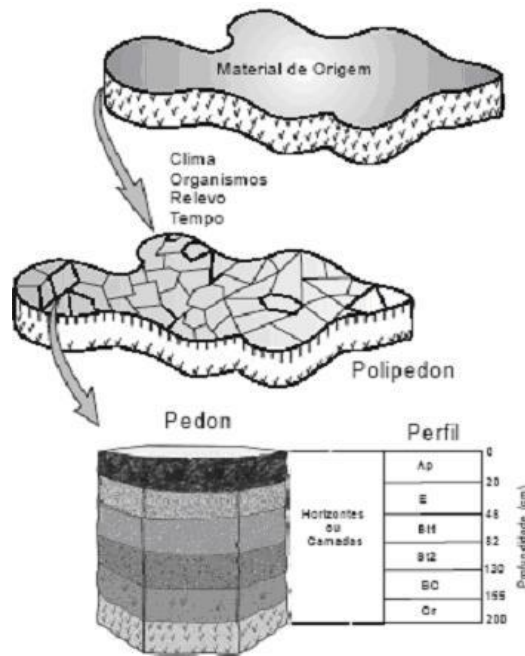
Onde o solo (S) é a função dos fatores (r): material de origem (mo), relevo (r), clima (cl), organismo (o) e tempo (t).

Segundo essa equação é possível verificar a ação de cada um dos fatores, desde que mantenham todos os demais constantes.

É importante entender que a superfície da Terra apresenta uma enorme quantidade de solos diferentes com relação à cor, espessura, textura, constituição química e mineralógica e comportamento. Porém cada um deles é resultante de um conjunto de ações a qual esteve

submetido determinado material de origem, o qual é definido como fator inicial da formação do solo, que com o tempo fica sujeito à ação de vários fatores de formação (clima, relevo e organismo) (figura 1). Esse conjunto atuará ao longo da sua história promovendo ou acentuando fenômenos físicos e químicos, resultando em diferentes solos que recobrirão a superfície da Terra (OLIVEIRA, 2005).

Figura 1: Representação esquemática da formação dos solos



Fonte: Embrapa, 2005

Os fatores de formação do solo condicionam a ação de um conjunto de processos, os quais, atuando ao longo do tempo, produzem mudanças nas propriedades do solo (KAMPF; CURI, 2012). Assim tendo os fatores de formação como maior influenciador no entendimento da formação dos solos, é importante destacá-los individualmente, ressaltando que são variáveis interdependentes.

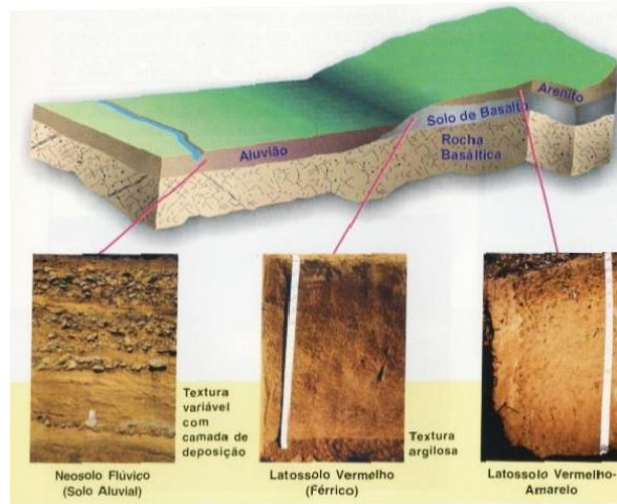
2.3.1 Material de Origem

A natureza do material de origem tem um efeito decisivo sobre as propriedades dos solos jovens, e pode exercer influência até mesmo em solos mais antigos. Quando o material de origem é derivado da formação de rocha consolidada, sua formação e a do solo podem ocorrer simultaneamente. As propriedades do material de origem que podem exercer uma forte influência no desenvolvimento do solo incluem a textura, a composição mineral, e o grau de estratificação. (JENNY, 1941).

O material de origem é definido por Jenny (1941), como estágio inicial do sistema do solo, evitando assim fazer referência ao substrato abaixo do solo, que pode ou não constituir seu material de origem. As rochas são normalmente consideradas como matéria bruta que origina a fração mineral do solo: quanto menos desenvolvido for o solo, mas ele se parecerá com a rocha, podendo também através das propriedades da rocha influenciar o grau de desenvolvimento do solo. (LEPSCH, 2011).

Na figura 2, é possível observar a variação dos solos de acordo com o material de origem, a exemplo podemos citar os Neossolos Flúvicos, oriundos de sedimentos recentes, formado por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais. Os Latossolos Vermelhos (férricos) de origem basáltica apresentam cores avermelhadas devido aos teores elevados dos óxidos de ferro presentes no material de origem, em solos bem drenados. Os Latossolos Vermelho-Amarelos oriundos de rochas areníticas são solos com teores de ferro medianos, solos profundos, com altos teores de acidez.

Figura 2: Variação dos solos de acordo com o material de origem



Fonte: Lepsch, 2002.

2.3.2 Relevo

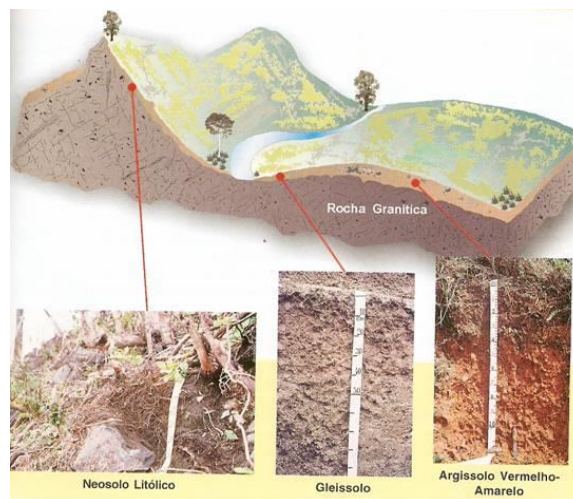
O relevo refere-se às formas do terreno que compõem a paisagem. Sua ação reflete-se principalmente sobre a dinâmica da água, em seu sentido vertical (infiltração) e lateral (escoamentos superficiais e subsuperficiais), além da ação do clima através da incidência diferenciada da radiação solar (Hoppe et al., 1999). Ele é o principal indicador das diferenças no solo, dada à variação da sua cor, diferenças que podem ocorrer a distâncias relativamente pequenas, quando comparadas àquelas resultantes unicamente da ação de climas diversos (Lepsch, 2011).

A topografia talvez seja o principal elemento do relevo que influencia na formação do solo, pois ela tem ação direta sobre a quantidade de água que penetra no solo ou escorre na superfície, atuando decisivamente no condicionamento dos importantes fenômenos de modelagem da paisagem: rejuvenescimento, transporte e acumulação. Ele regula o movimento da água ao longo da vertente, tanto na superfície como no interior do solo (OLIVEIRA, 2005).

Os elementos que constituem o relevo são: interflúvio, escarpa, encosta, pedimento e planície aluvial. A escarpa e a encosta são superfícies tipicamente erosivas, enquanto que o pedimento e a planície aluvial são superfícies de deposição. Nos interflúvios, as águas das chuvas tendem a se infiltrar mais do que escorrer, o que favorece a formação de solos mais profundos, bem intemperizados. (PIMENTA et al., 2008).

Na figura 3, segue o exemplo da relação do relevo com o solo, solos fortemente ondulados, são caracterizados por Neossolos Litólicos, devido ao baixo grau de desenvolvimento sofrem com problemas de erosão laminar. Os Gleissolos ocorrem em áreas planas, geralmente em planícies aluvionais, em áreas de deposição, são solos mal drenados e com um grande acúmulo de matéria orgânica. A ocorrência dos Argissolos está relacionada a paisagens de relevos mais acidentados e dissecados, sendo estes suscetíveis a processos erosivos.

Figura 3: Relevo influenciando nas características dos solos.



Fonte: Lepsch, 2002

2.3.3 Clima

O fator clima é posto em evidência sobre todos os outros, pela sua forma ativa e diferencial de atuação. Ganha destaque em nosso país, principalmente pela ação direta na formação e constituição dos solos, através dos elementos: temperatura e precipitação (OLIVEIRA, 2005). São esses elementos que regulam o tipo e a intensidade tanto do crescimento dos organismos como do intemperismo das rochas e as características dos horizontes pedogenéticos (LEPSCH, 2011).

O clima é o fator que mais influência no teor de matéria orgânica, Nitrogênio, na reação (pH) e na saturação por base do solo, tem efeito significativo na profundidade e na textura, além de ser um dos fatores que altera o tipo de argilomineral formado (KAMPF; CURI, 2012).

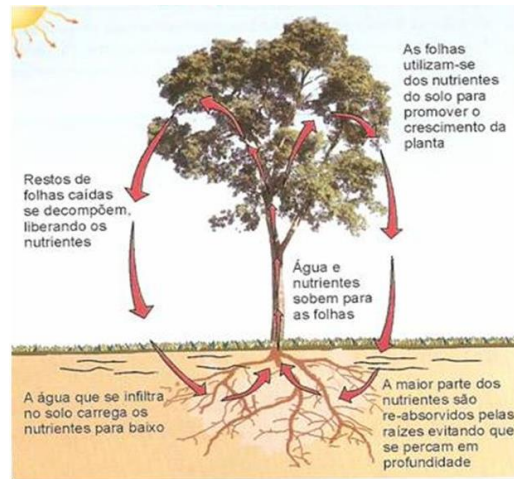
O clima controla o tipo de vegetação e os processos geomorfológicos que operam na paisagem e que podem resultar em erosões e deposições. Desta forma, quanto mais quente e úmido for o clima, mais rápida e intensa será a decomposição das rochas, originando solos bastante espessos. Diferente de solos que se desenvolvem em clima árido ou muito frio, pois contêm mais minerais primários e são pouco espessos, pois pouco sofre com o intemperismo.

2.3.4 Organismos

Os organismos (microflora, microfauna, macrofauna e macroflora) atuam como agentes diretos na formação do solo através das suas manifestações na superfície ou no interior dos solos. O homem também faz parte desse contexto, pois, pela sua atuação, pode modificar intensamente as condições originais do solo. (OLIVEIRA, 2005).

A vegetação atua direta e indiretamente na formação do solo, a ação direta consiste principalmente na penetração do sistema radicular em fendas das rochas, onde tanto com a pressão exercida pelo crescimento, como pelas excreções orgânicas, irão acelerar o intemperismo (figura 4) (Lepsch, 2011). Tanto as plantas dependem do solo como este dela, pois têm papéis fundamentais como o relacionado à erosão, tanto em condições naturais como as provocadas pelo homem. (LEPSCH, 2002).

Figura 4: Ciclo da movimentação dos nutrientes em um solo sob vegetação de floresta.



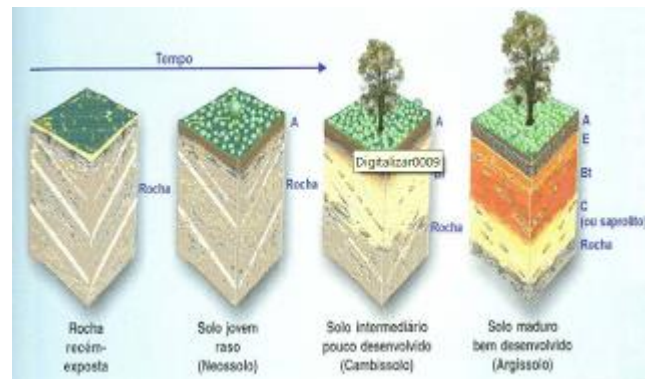
Fonte: Lepsch, 2002.

2.3.5 Tempo

Dentre os fatores de formação o tempo é considerado o mais passivo: não adiciona, não exporta material, nem gera energia que possa acelerar os fenômenos de intemperismo físico e químico. Entretanto, o tempo é um fator muito importante na formação do solo, pois não basta à ocorrência dos demais fatores de formação, é necessário que exista um tempo suficiente para que estes fatores possam interagir de modo a formar o solo. (PIMENTA et al., 2008).

A Figura 5 retrata que quanto mais longo o período ocorrido a partir de determinado momento, mais tempo o material de origem ficará sujeito à ação conjunta dos fatores e processos pedogenéticos. Horizontes bem definidos, são denominados de zonais e quando no início de sua formação são delgados e sem horizontes bem definidos, são chamados de azonais, pouco desenvolvidos ou jovens.

Figura 5: Estágios do desenvolvimento do solo a partir do fator tempo.



Fonte: Lepsch, 2002.

2.4 Processos pedogenéticos múltiplos

Na formação dos solos ocorrem reações físicas químicas e biológicas que determinam os diferentes horizontes com suas características peculiares. A interação dos fatores de formação do solo desencadeia processos formadores do solo, cujas ações estão ligadas às feições morfológicas e a composição do solo (KAMPF; CURI, 2012). Dentre os processos pedogenéticos múltiplos podemos citar (Quadro 1):

Quadro 1: Tipos de processos pedogenéticos múltiplos.

| PROCESSO | CARACTERIZAÇÃO | EXEMPLOS |
|----------------------|--|--|
| Adição | Tudo que entra em um corpo de solo vindo do seu exterior. | Incorporação de matéria orgânica ao solo; Sedimentação ligeira |
| Transformação | Transformação sofrida pelos minerais constituintes do material de origem, dando origem aos minerais secundários. | Gênese dos minerais de argila; Decomposição da matéria orgânica. |
| Translocação | Deslocamento, selecionamento e mescla dentro ou sobre o solo, resultando em maior ou menor diferenciação dos horizontes. | Eluviação de matéria orgânica, argila silicatada e óxidos do horizonte A para o B. |
| Remoção | Tudo o que sai do corpo do solo, seja pela erosão ou pelas queimadas, seja pela lixiviação | Lixiviação de elementos para o lençol freático; Erosão. |

Fonte: Adaptado de Resende et al. (2007).

Os processos pedogenéticos fornecem modelos úteis para o entendimento dos perfis do solo, em determinadas situações, o desenvolvimento continuado das propriedades de um

horizonte pode modificar os processos em andamento e promover a destruição de outros horizontes. Os horizontes sofrem um processo de auto-organização, promovendo mudanças espontâneas no solo. (KAMPF; CURI, 2012).

A atuação diferenciada dos processos pedogenéticos ao serem inter-relacionadas às condições climáticas, material de origem e a própria paisagem, ao longo do tempo tornam-se feições pedológicas peculiares. Essas feições são reconhecidas como diferenciais dos processos pedogenéticos múltiplos, sendo designadas como processos pedogenéticos específicos (RESENDE et al., 2007).

2.5 Processos pedogenéticos específicos

Os processos pedogenéticos específicos provêm da interpretação das características expressas pelos diferentes tipos de solos, considerando serem elas o resultado de um ou mais processos ou reações específicas condicionadas pelos fatores ambientais (KAMPF; CURI, 2012).

A conceituação dos processos pedogenéticos ajuda no entendimento das feições do perfil de solo, bem como para a sua identificação no campo e classificação dos solos. Dentre os diversos processos pedogenéticos específicos existentes, destacaremos os atuantes na planície do Delta do Parnaíba:

2.5.1 Gleização ou Redoximorfismo

O processo de gleização constitui na redução e remoção dos óxidos de Fe por ação microbiana em ambiente anaeróbico. Nesse processo de formação os solos apresentam-se sob condições de drenagem imperfeita ou alagamento completo, formando o fenômeno *glei*, ocorrendo tanto no sentido ascendente, pela presença de água subterrânea ou pela ascensão do lençol freático, ou sentido descendente, através da ação da chuva ou irrigação (KAMPF; CURI, 2012).

A gleização na planície do Delta do Parnaíba ocorre devido a ascensão do lençol freático, mesmo em condições de baixa precipitação, favorecendo a formação de solos de cores azuladas ou cinza esverdeadas que correspondem ao Fe ferroso, isto é, na forma reduzida. Ela é oriunda dos processos de remoção, transformação e translocação. No período chuvoso também pode ocorrer gleização devido ao acúmulo de águas das chuvas nos ambientes de drenagem impedida.

O processo de redoximorfismo pode ser distinguido em três condições de pedoambiente: a) solo com prolongada ou permanente saturação por água (regime áquico ou peráquico); b) solo saturado submetido à drenagem; c) solo temporariamente saturado nos horizontes superficiais (lençol freático suspenso) (KAMPF; CURI, 2012).

2.5.2 Paludização

A paludização é um processo pedogenético que origina as turfeiras, horizontes hísticos ou até os solos orgânicos, quando a acumulação de material orgânico alcança grandes espessuras, representados no SiBCS pela classe dos Organossolos, oriundo dos processos de adição e transformação do solo (EMBRAPA, 2013).

Ela ocorre em locais saturados de água e consiste na acumulação de material orgânico em ambiente redutor ou anaeróbico desfavorável a biodegradação. A formação ocorre com a acumulação de plantas e sedimentos finos, com a diminuição da profundidade da água estabelecem plantas tolerantes ao excesso d'água. Os teores elevados de carbono orgânico total (COT), encontrados principalmente nos horizontes hísticos ou nos Organossolos, são característicos deste processo, que determina a baixa taxa de decomposição da matéria orgânica e consequente acúmulo no solo (EBELING et al, 2013).

2.5.3 Halomorfismo

Os solos halomórficos estão em depressões onde ocorre excesso de sais e acúmulo de água, temporariamente, nas porções mais deprimidas da paisagem. Os sais são trazidos das elevações circunvizinhas por enxurrada ou pelo lençol freático. Na área de estudo o local é rico em sais devido a depósitos marinhos, trazendo características peculiares ao solo, este é oriundo do processo de translocação do solo (RESENDE et al., 2007).

Serrat et al. (2002) afirma que esses solos estão associados à planície, onde a drenagem é deficiente e a precipitação pluviométrica é menor do que a evapotranspiração e através deles são reconhecidos seus atributos de caráter sódico, solódico, salino e o caráter sálico.

Em áreas litorâneas e em ambientes áridos e semiáridos podem ocorrer sais com alta solubilidade em água, que são originários do intemperismo de minerais primários, mas, na maioria de solos salinos, os sais provêm de depósitos geológicos subsuperficiais. A **salinização** ocorre quando a evaporação ou a evapotranspiração excede ou iguala a precipitação efetiva, com a acumulação de sais solúveis no solo ocorre um aumento da condutividade elétrica (CE),

sendo este um fator comumente utilizado para a classificação de solos salinos (KAMPF; CURI, 2012).

A **sodificação** nos solos ocorre através da acumulação de sais de sódio (Na), quando é fornecido ao solo NaCl dissolvido ou Na através da água subterrânea, produzindo um aumento de Na trocável e a dessorção dos outros cátions do complexo sortivo. Com a diminuição no teor de sais, um decréscimo na condutividade elétrica (CE) ($< \text{dSm}^{-1}$), a acumulação de Na gera um aumento na razão Na^+ : cátions divalentes na solução e no complexo sortivo (percentagem de sódio trocável (PST) $\geq 15\%$), podendo ser acompanhado por um alto teor do pH, apresentando solos sódicos (KAMPF; CURI, 2012).

A **solodização** ocorre em solos com um horizonte superficial ácido com pouca argila, sobrejacente a um horizonte B textural nátrico (Btn) ou plânico. Seu caráter solódico é usado para distinguir horizontes ou camadas que apresentem saturação por sódio variando de 6% a $<15\%$ em alguma parte da seção de controle que defina a classe (EMBRAPA, 2013).

2.5.4 Hidromorfismo

Resende et al. (2007) definem que os solos hidromórficos estão na parte mais baixa do terreno, e que quando são drenados natural ou artificialmente podem apresentar deficiência de ferro (Fe) e Manganês (Mn).

Alguns horizontes do solo estão sujeitos à submersão contínua ou durante a maior parte do tempo, fazendo como que o excesso de água produza características peculiares ao solo. Os processos que mais se destacam são a transformação de minerais passíveis de redução, e a adição de matéria orgânica, que se acumula devido à menor taxa de decomposição (SERRAT et al., 2002).

2.5.5 Vertização ou vertissolização

A vertização é oriunda dos processos de transformação e translocação dos solos. Trata-se de solos com características vérticas em sua formação, presente em solos com predomínio de argilominerais esmectíticos. As características vérticas são as combinações de: a) fendas profundas em solos quando secos, que dependendo do conteúdo de esmectita e da duração da estação seca podem alcançar profundidades de 0,5 a 2m de profundidade, b) slickensides no subsolo; c) agregados cuneiformes no subsolo; d) estrutura forte em grumos no horizonte superficial. (KAMPF; CURI, 2012).

2.5.6 Sulfidização e sulfurização ou tiomorfismo

O processo de sulfidização resulta na acumulação de sulfetos (materiais sulfídricos) em solos e sedimentos costeiros submersos (área de mangue) em contato com a água do mar, contendo sulfatos. Seu processo ocorre quando materiais que contêm sulfetos são expostos a condições oxidantes, tal como na drenagem de sedimentos e solos em áreas de mangue, na drenagem de solos originados de sedimentos marinhos, na exposição de sedimentos piritosos por mineração ou por dragagem e na incorporação de rejeitos com sulfetos ao solo (KAMPF; CURI, 2012).

O processo de sulfurização ocorre quando os materiais que contêm sulfetos são expostos a condições oxidantes, tal como drenagem de sedimentos e solos em área de mangue, na drenagem de solos com sedimentos marinhos, na exposição de sedimentos piritosos por mineração ou por dragagem e na incorporação de rejeitos com sulfetos ao solo (KAMPF; CURI, 2012).

2.5.7 Podzolização

O processo de podzolização consiste na translocação do material orgânico dos horizontes superiores (A ou E), acumulando-se no horizonte B, ocorrendo tanto em condições hidromórficas, quanto em condições de drenagem livre (RESENDE et al., 2007). O processo de translocação e acumulação de Fe e alumínio (Al) complexados está associado com condições específicas de clima e vegetação (KAMPF; CURI, 2012).

2.5.8 Lessivagem

O processo de lessivagem consiste na translocação da argila. É designado através do movimento em suspensão de partículas da fração argila, principalmente argila fina (<0,002 mm), óxidos e compostos orgânicos, no interior do solo. Como consequência, os horizontes superficiais são empobrecidos (eluviados), enquanto os horizontes subsuperficiais são enriquecidos em argila (iluviados) (KAMPF; CURI, 2012).

2.6 Levantamento e mapeamento de solos

Para Embrapa (1995), um levantamento pedológico é um prognóstico da distribuição geográfica dos solos como corpos naturais, determinados por um conjunto de relações e propriedades observáveis na natureza. O levantamento identifica solos que passam a ser

reconhecidos como unidades naturais, preveem, e delinea suas áreas nos mapas, em termos de classes definidas de solos.

Para a realização de um levantamento de solos é necessário pesquisas de gabinete, campo e laboratório, compreendendo o registro de observações, análises e interpretações de aspectos do meio físico e de características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas, visando à sua caracterização, classificação e cartografia (IBGE, 2007).

O elo entre classificação de solos e o levantamento estabelecem-se no momento em que solos semelhantes são agrupados em classes, que, por sua vez, combinados com informações e relações do meio ambiente, constituem a base fundamental para composição de unidades de mapeamento, cuja distribuição espacial, extensão e limites são mostrados no mapa. (IBGE, 2007; EMBRAPA, 1995).

Um levantamento pedológico tem como objetivo subdividir áreas heterogêneas em parcelas mais homogêneas, com a menor variabilidade possível em função dos parâmetros de classificação e das características utilizadas para distinção dos solos (IBGE, 2007). Para serem efetuados, os profissionais responsáveis percorrem as principais estradas e trilhas, com solos mais representativos, fazendo paradas ocasionais para anotar os diferentes tipos de paisagens existentes, as feições do relevo, e descrição morfológica. Com as amostras analisadas e os solos classificados, um inventário cartográfico que pode ser gerado em diferentes escalas de interpretação, de acordo com sua finalidade é elaborado (LEPSCH, 2011).

Os tipos de levantamento de solos seguem o propósito para o qual se destina o estudo, e quanto à extensão das áreas abrangidas por eles. A cada tipo de levantamento corresponde a um tipo de mapa de solos, que é designado pelo mesmo nome do levantamento correspondente, sendo eles: exploratório, reconhecimento (de baixa, média e alta intensidade), semidetalhado, detalhado e ultradetalhado (IBGE, 2007).

Outros tipos de mapas ou cartas são classificados como esquemáticos ou genéricos elaborados a partir de uma compilação de dados. Tratam-se como mapas, pois quase sempre contemplam áreas ou regiões de interesses político-administrativos. Os mapas esquemáticos de solos têm por finalidade fornecer informações generalizadas sobre a distribuição geográfica e a natureza dos solos de grandes extensões territoriais (EMBRAPA, 1995).

Os levantamentos exploratórios são usados quando há necessidade de informações de natureza qualitativa de recurso de solo, tendo finalidade de identificar áreas de maior ou menor potencial, prioritárias para o desenvolvimento. As legendas neste tipo de levantamento pedológico contêm informações generalizadas de solos e do meio ambiente. As classes de solos reconhecidas neste tipo de levantamento são definidas em função de características

diagnósticas, que determinam a classificação dos solos em nível taxonômico elevado, correspondentes a subdivisões de "ordem," em sistemas hierárquicos de classificação de solos, sendo apresentados em escalas entre 1:750.000 a 1:2.500.000, (IBGE, 2007).

Os levantamentos de reconhecimento possuem objetivos bastante amplos, sendo executados para fins de avaliação qualitativa e semiquantitativa de solos, visam uma avaliação generalizada do potencial de uso agrícola e não agrícola de uma região. Os níveis de reconhecimento diferenciam-se quanto aos objetivos, métodos de prospecção, tipos de unidades de mapeamento, área mínima mapeável, material cartográfico e sensores remotos básicos e escala de publicação. Este tipo de levantamento é subdividido em três níveis de execução: reconhecimento de baixa, média e alta intensidade (IBGE, 2007; BAZAGLIA FILHO, 2012).

Os levantamentos de reconhecimento de baixa intensidade restringem-se a fornecer dados para avaliação de recursos potenciais de solos, mediante a identificação de áreas de baixo e alto potencial. Tais dados são adequados como bases para zoneamentos pedoclimáticos e identificação de áreas homogêneas para indicação ou introdução de espécies vegetais cultiváveis. A escala varia de 1:250.00 a 1:750.000, com legendas compostas de unidades de mapeamento simples ou associações de até quatro componentes no nível de grandes grupos (IBGE, 2007).

Os levantamentos de reconhecimento de média intensidade têm como objetivo obter informações de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo, visando à elaboração de projetos de uso e planejamento, inclusive seleção de áreas para colonização, construção de rodovias e ferrovias, zoneamentos agroecológicos e seleção de áreas para levantamentos mais detalhados. São usados em áreas menores, como municípios, bacias hidrográficas, possibilitando a tomada de decisões corretivas e/ou preventivas com relação à preservação ambiental. A escala varia de 1:100.000 a 1:250.000, contendo unidades de mapeamento simples ou associações de até quatro componentes no nível de grandes grupos de solo (IBGE, 2007; BAZAGLIA FILHO, 2012).

Levantamentos de reconhecimento de alta intensidade têm como objetivo obter informações de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo, em áreas prioritárias para desenvolvimento de projetos agrícolas, pastoris e florestais, instalação de núcleos de colonização e localização de estações experimentais, fornece informações básicas razoavelmente precisas para planejamento geral de programas de conservação e manejo dos solos. Este nível de reconhecimento pode substituir levantamentos semidetalhados em áreas que requerem estudos preliminares para planejamento regional de uso e conservação dos solos. A faixa preferencial de escalas de publicação é de 1:50.000 a 1:100.000, compreendidas por

unidades de mapeamento simples ou por associações de até três componentes de subgrupos de solos (IBGE, 2007).

Levantamentos semidetalhados atendem objetivos mais bem definidos, com informações básicas para a implantação de projetos de colonização, planejamento local de uso e conservação de solos em áreas agrícolas. A escala de publicação é de 1:50.000 a 1:20.000, compostas por unidades de mapeamento simples, complexos e associações, definidas ao nível de família. As informações geradas se aproximam das de levantamentos detalhados, podendo satisfazer as necessidades de informações básicas para projetos de uso do solo menos intensivos em alguns casos (BAZAGLIA FILHO, 2012).

Nos levantamentos detalhados são fornecidas informações sobre os solos de áreas relativamente pequenas, para decisões precisas, onde está previsto o uso intensivo do solo. Atende apoio para planos de conservação, caracterizar os solos de áreas de estações experimentais agrícolas, e para apoiar projetos de irrigação, drenagem e de agricultura de precisão. A escala final de publicação é de 1:20.000 a 1:5.000, com unidades de mapeamento simples e homogêneas em composição, correspondendo ao nível de série (IBGE, 2007).

Levantamentos ultradetalhados são utilizados para resolução de problemas específicos em áreas muito pequenas, tais como áreas experimentais, residenciais ou industriais. Diferencia-se por ter maior pormenorização cartográfica. Os estudos são desenvolvidos em escalas grandes (1:5.000, 1:2.000, 1:1.000 e 1:500), com unidades de mapeamento correspondente ao nível de série, podendo ser subdivididas o quanto for necessário (IBGE, 2007; BAZAGLIA FILHO, 2012).

3.0 METODOLOGIA

Para a caracterização dos solos da planície do Delta do Parnaíba, a metodologia abrangeu as seguintes etapas: levantamento de dados; a pesquisa de campo através da observação e coleta de dados; elaboração de mapas temáticos e análises desenvolvidas no laboratório de solos e sedimentos da UFPI e UFRRJ.

Os procedimentos metodológicos iniciais tiveram como escopo a delimitação da área em que se efetuará o estudo, a partir desse critério, a delimitação da área partiu de um recorte concentrado na folha topográfica da SUDENE/DSG, Parnaíba (SA 24 Y-A-IV), escala 1:100.000, projeção UTM, Datum Córrego Alegre- Minas Gerais, fuso 24 Sul, elaborada pela Divisão de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG), com um recorte natural dos rios Parnaíba e Igaracu, sendo estes inseridos no município de Ilha Grande e parte do município de Parnaíba.

A etapa seguinte foi fundamentada em análises das condições naturais da planície do Delta do Parnaíba, destacando as suas características físicas (geologia, clima, vegetação, relevo e hidrografia), assim como no estabelecimento e caracterização dos solos encontrados na área. Para essas análises foram utilizados sites de pesquisas com IBGE, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Plano de ação para o desenvolvimento integrado da bacia do Parnaíba - PLANAP, (BRASIL, 2006), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), INMET, Projeto Radar da Amazônia (RADAM Brasil).

No desenvolvimento do trabalho foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT 8 OLI, pancromática com resolução espacial de 15 metros, Projeção UTM, Datum World Geodetic System (WGS 84), para a utilização da imagem foi feita uma composição falsa cor com as bandas 6, 5 e 4, utilização de imagens Rapideye, através do catálogo de imagens de satélite RAPIDEYE (2012) do Ministério do Meio Ambiente disponível no sítio (geocatalogo.mma.gov.br) disponíveis para órgãos federais, estaduais, municipais e universidades públicas sendo estes cadastrados.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto, através dos sistemas de informações geográficas (SIG), foram realizadas através do software ArcGIS 10.2, disponível sob licença no Laboratório de Geomática da UFPI, que permitiu a compilação de dados pré-existent das características físicas da área de estudo, assim como a elaboração do mapa de solos.

3.1 Análises dos solos

Para o estudo dos solos da planície do Delta do Parnaíba, fez-se necessário, trabalhos de campo. As expedições foram realizadas nos meses de dezembro de 2015, fevereiro e dezembro de 2016, a fim de identificar, reconhecer e amostrar os mais representativos solos da região.

SANTOS et al., (2005) afirmam que a escolha do local onde se examina e descreve um perfil de solos varia de acordo com as finalidades. Para o levantamento de solos, onde o objetivo principal é a representação das unidades de mapeamento, deve-se haver um cuidado em escolher locais representativos e que permitam a caracterização adequada da referida unidade. Por isso a seleção do local deve ser feita após reconhecimento da área.

Para a identificação e caracterização dos perfis de solos, foram descritos e coletados quinze perfis por meio de trincheiras e de tradagens, com extensões profundamente suficientes para avaliação das características morfológicas, registros fotográficos e coleta de material, obedecendo aos critérios de uniformidade de cor, relevo e vegetação, além da descrição de pontos de observação.

Os demais passos metodológicos que compõem a proposta desta dissertação seguem a ordem abaixo descrita:

1. Descrição morfológica dos perfis de solo de acordo com a metodologia descrita em Santos et al. (2005);
2. Coleta de amostras para análises químicas, físicas e mineralógicas;
3. Interpretação e discussão das análises laboratoriais;
4. Caracterização dos solos seguindo os padrões do SiBCS (EMBRAPA, 2013).
5. Levantamento dos solos a partir do Manual de Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos (EMBRAPA, 1995).

O material coletado foi descrito em fichas com as propriedades morfológicas, além das informações gerais como: coordenadas geográficas, localização, formações geológicas e material de origem, relevo local e regional, declividade, vegetação, uso do solo, drenagem, erosão, pedregosidade e rochiosidade, que são diferenciados basicamente pela variação perceptível das características morfológicas através de uma avaliação conjunta.

A morfologia do solo consiste no estudo da sua aparência no ambiente natural, segundo características visíveis a olho nu, ou prontamente perceptíveis. A morfologia corresponde, portanto, à “anatomia do solo”. O conjunto de características morfológicas constitui a base fundamental para identificação do solo, que deverá ser completada com as análises de

laboratório (LEPSCH, 2002). A descrição morfológica segue o Manual de descrição e coleta de solo no campo, através das análises de cor, textura, estrutura e consistência.

O exame de campo revela muitas feições que permitem inferências, das quais nem sempre podem ser obtidas a partir de análises de laboratório. O motivo que se dá é devido à dinamicidade do solo, além de possuir características físicas que variam com o tempo, às vezes em curto período (umidade, temperatura, população e atividade microbiana etc.). Partes integrantes do solo - como a vegetação e suas raízes, a fauna e seu habitat, a organização estrutural, entre outros fatores – não são preservadas na amostra. (SANTOS, 2005).

As análises físicas e químicas seguiram os procedimentos propostos pela EMBAPA (1997), EMBRAPA (2009) e CAMARGO et al. (2009), conforme expostos nos tópicos seguintes. As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e as análises mineralógicas foram preparadas no laboratório de Solos e Sedimentos e realizadas pelo Laboratório Interdisciplinar de materiais avançados ambos na Universidade Federal do Piauí.

A elaboração de levantamentos pedológicos segue o Manual de Procedimentos Normativos e levantamentos pedológicos (EMBRAPA, 1995), ressaltando a necessidade de um planejamento prévio e considerações em torno de conceitos básicos e critérios essenciais, compreendendo um conjunto de decisões sobre escalas cartográficas de trabalho de campo e apresentação final ou publicação dos mapas produzidos, em função do nível de detalhe ou generalização necessárias para atender aos objetivos específicos de cada tipo de levantamento.

Para levantamentos mais detalhados acumulam-se um grande número de características para individualização das classes de solos em níveis categóricos mais baixos. O SiBCS é a base de execução para identificação, nomenclatura e definição de limites entre unidades taxonômicas.

As unidades de mapeamento são estabelecidas e definidas para possibilitar a representação cartográfica e mostrar a distribuição espacial de unidades taxonômicas. Uma unidade de mapeamento pode ser designada pelo nome de uma única unidade taxonômica (unidade simples) ou por várias unidades taxonômica (unidade combinada).

Para finalizar foi criada uma legenda com a classificação dos solos, através das unidades de mapeamento e seus respectivos símbolos. As legendas refletem as relações entre os solos e as feições da paisagem. Nela consta também a fase, que serve para subdividir unidades de mapeamento, com características relacionadas ao uso do solo, como pedregosidade, rochosidade, erosão, drenagem, relevo, declividade, vegetação ou qualquer outra característica importante para os objetivos do levantamento.

3.2 Análises físicas

Utilizações de análise física do solo visam ampliar conhecimentos das leis que conduzem a natureza física do solo, originando técnicas e métodos que transformam o solo como componente do ambiente. Desta forma tornou-se necessária as análises dos perfis de solos, seguindo os padrões do Manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 1997).

Densidade do solo: Utilizou-se o método do anel volumétrico, onde a coleta de amostras de solo com estrutura indeformada é realizada através de um anel de aço (Kopeck) de bordas cortantes e volume interno de 50 cm³. Nesta análise determina-se o volume do anel que contém a amostra. As amostras foram pesadas em um cadinho numerado e com peso conhecido. A amostra é colocada na estufa por 105°, e após 24 horas é pesada. O valor da densidade (D) é medido por g/cm³, sendo: a= peso da amostra seca a 105°C (g) e b= volume do anel (114,51cm³), através da equação:

$$D = \frac{a}{b} \quad (\text{Equação 2})$$

Frações areia, silte, argila: Houve a pesagem de 20 g de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, agitada em alta rotação (12.000 rpm), durante 15 minutos. As frações areia grossa (diâmetro 0,2-2,0 mm) e areia fina (diâmetro 0,5-0,2 mm) foram separadas em peneiras com malhas de 0,250 e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila (diâmetro < 0,002 mm) foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte (diâmetro 0,002-0,5 mm) calculada por diferença.

Relação Silte/Argila: A aquisição é realizada após determinação do conteúdo das frações areia, silte e argila no material do solo analisado, indicativo do grau de intemperismo do solo e avaliação da movimentação de argila no perfil. O cálculo é feito dividindo-se o teor de silte pelo teor de argila total.

Separação de argila e silte para análises de difratometria de raio- X- Esta análise é realizada através da velocidade de queda de partículas em meio viscoso sob ação da gravidade a uma dada densidade, onde as partículas grosseiras (areias) são separadas por peneiração, enquanto argila e silte por tempo de sedimentação. O procedimento é realizado com 50g de solo, 300 ml de água e 20 ml de solução de NaOH N. A solução é agitada em alta rotação por 5 minutos e depois deixada em repouso por uma noite, passado o repouso a solução é agitada novamente por 10 minutos e passado na peneira com malha de 0,053mm, para a separação da areia.

O restante do material retido foi inserido na proveta até o traço de aferimento, agitado a suspensão durante 20 segundos com um bastão, tendo na sua extremidade inferior um disco de acrílico de 5 cm de diâmetro, contendo vários orifícios. Após 24 horas a argila foi sifonada a uma profundidade fixa de 20 cm, para uma cápsula de porcelana. No restante da operação foi realizada a purificação do silte retido na proveta, lavada com água após 45 minutos, até que, num intervalo de 20 minutos, todo o silte decantasse e não permanecesse nenhum vestígio de argila na proveta.

3.3 Análises químicas

Estas análises são indicadores de fertilidade e nutrição do solo, sendo estas realizadas seguindo os procedimentos do Manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 1997). Podendo destacar as seguintes análises:

pH em H₂O- Mede o potencial eletronicamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo-solução (1:2,5) com repouso de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura do pH.

Cálcio e Magnésio trocáveis- são extraídos com Cloreto de potássio (KCl) 1 mol/L, na proporção 1:20 e dosados por absorção atômica;

Potássio e Sódio trocáveis- extraídos com solução Melich 1, na proporção 1:10 e dosados por fotometria de chama;

Alumínio trocável- extraído com KCl 1 mol/L, na proporção 1:20 e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/L;

Acidez extraível (H⁺ + Al³⁺)- extraída com solução de acetato de cálcio a pH 7,0, na proporção 1:15 e verificada por titulação com NaOH 0,0606 mol/L;

Cálculo do Valor S- Realizado através da soma das bases trocáveis (S), calculada e cmol_c dm⁻³ de TFSA de acordo com a equação:

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+} \quad (\text{Equação 3})$$

Cálculo do Valor T ou CTC (pH 7,0) - A capacidade de troca de cátions (CTC), corresponde à soma das bases trocáveis mais acidez potencial, calculada em cmol_c dm⁻³ de TFSA de acordo com o cálculo:

$$T = S + H + Al^{3+} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

T= Capacidade de troca de cátions

S= Soma das bases trocáveis

Cálculo do valor V- representa o índice de saturação por base, calculada em percentagem de acordo com a expressão:

$$V = \frac{100 \times S}{T} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

V= Saturação por base

S= Soma das bases trocáveis

T= Capacidade de troca de cátions

Cálculo do valor m- representa o índice de saturação por alumínio trocável ou % Al^{3+} , calculada em percentagem de acordo com a expressão:

$$m = \frac{100 \times Al^{3+}}{S + Al^{3+}} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

m= Índice de saturação por alumínio trocável

S= Soma das bases trocáveis

T= Capacidade de troca de cátions

Cálculo do PST- representa o índice de saturação por sódio trocável, calculada em percentagem de acordo com a expressão:

$$PST = \frac{100 \times Na^+}{T} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que:

PST= Saturação por sódio trocável

T= capacidade de troca de cátions

Determinação do teor de Carbono Orgânico Total (COT) - baseia-se no método descrito por EMBRAPA (1997). O procedimento consiste em colocar 0,5 g de amostra de TFSA trituradas em *erlenmeyer* de 250 ml, juntamente com 10 ml solução de $K_2Cr_2O_7$ 0,4 N em meio ácido.

A solução é aquecida por cinco minutos, retirada e deixada esfriar em repouso. Depois foram adicionados 80 ml de água destilada e 2 ml de ácido ortofosfórico. A titulação foi feita com solução 0,1 N de sulfato ferroso amoniacal, usando difenilamina como indicador. Para solos com teores de carbono > que 2%, foram pipetadas quantidades crescentes de dicromato, até que a solução permanecesse amarela. Em casos de solos salinos foram adicionados uma pitada de sulfato de prata após a adição do dicromato de potássio. O teor de carbono foi calculado através da seguinte equação:

$$C \left(\frac{g}{kg} \right) = (40) - (\text{volumegastoxf}) \times 0,6 \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

C= carbono

f = 40 / volume sulfato ferroso gasto na prova em branco

Fósforo assimilável- baseia-se na constituição de complexo fósforo-molibdico de cor azul obtido após redução do molibdato com ácido ascórbico e determinação por EAM, através do cálculo:

$$P \left(\frac{mg}{kg} \right) = L \times F_p \times 10 \quad (\text{Equação 9})$$

Em que:

P= fósforo assimilável

L= leitura da amostra

Fp= coeficiente angular da reta

Condutividade elétrica do extrato aquoso- A análise de condutividade elétrica segue os padrões de CAMARGO et al. (2009), onde relata que a condutividade é aproximadamente proporcional à quantidade de sal da solução, dando uma indicação da concentração de constituintes ionizados. O objetivo desta análise foi estimar a salinidade do solo, o princípio para determinar a condutividade elétrica foi colocar a solução entre dois eletrodos de geometria constante, separados por uma distância conhecida. Pois quando um potencial elétrico é aplicado, a

quantidade de corrente varia diretamente com a concentração total de sais dissolvidos. Para a análise pesou-se 100 g de TFSA de cada amostra, e adicionada 100 ml de água destilada, agitou-se por trinta segundos, a cada meia hora, cinco vezes, durante duas horas, após agitação, a solução foi filtrada e procedido à leitura no condutivímetro.

Difração de Raio-X – A análise foi realizada no laboratório Interdisciplinar de Materiais Avançados (LIMAV), na Universidade Federal do Piauí. As amostras foram separadas por fração em pó. As análises foram realizadas através do equipamento SHIMADZU XRD-6000 com radiação Cu-K α , com os parâmetros de análise de varredura de 3-75°, voltagem padrão de 40KV/ 30mA e o passo de 1°/ min. Os dados foram gerados em arquivo (.txt), a identificação e quantificação dos minerais constituintes das amostras foram realizadas por meio do software Match! (Cristal Impact).

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização da área de estudo

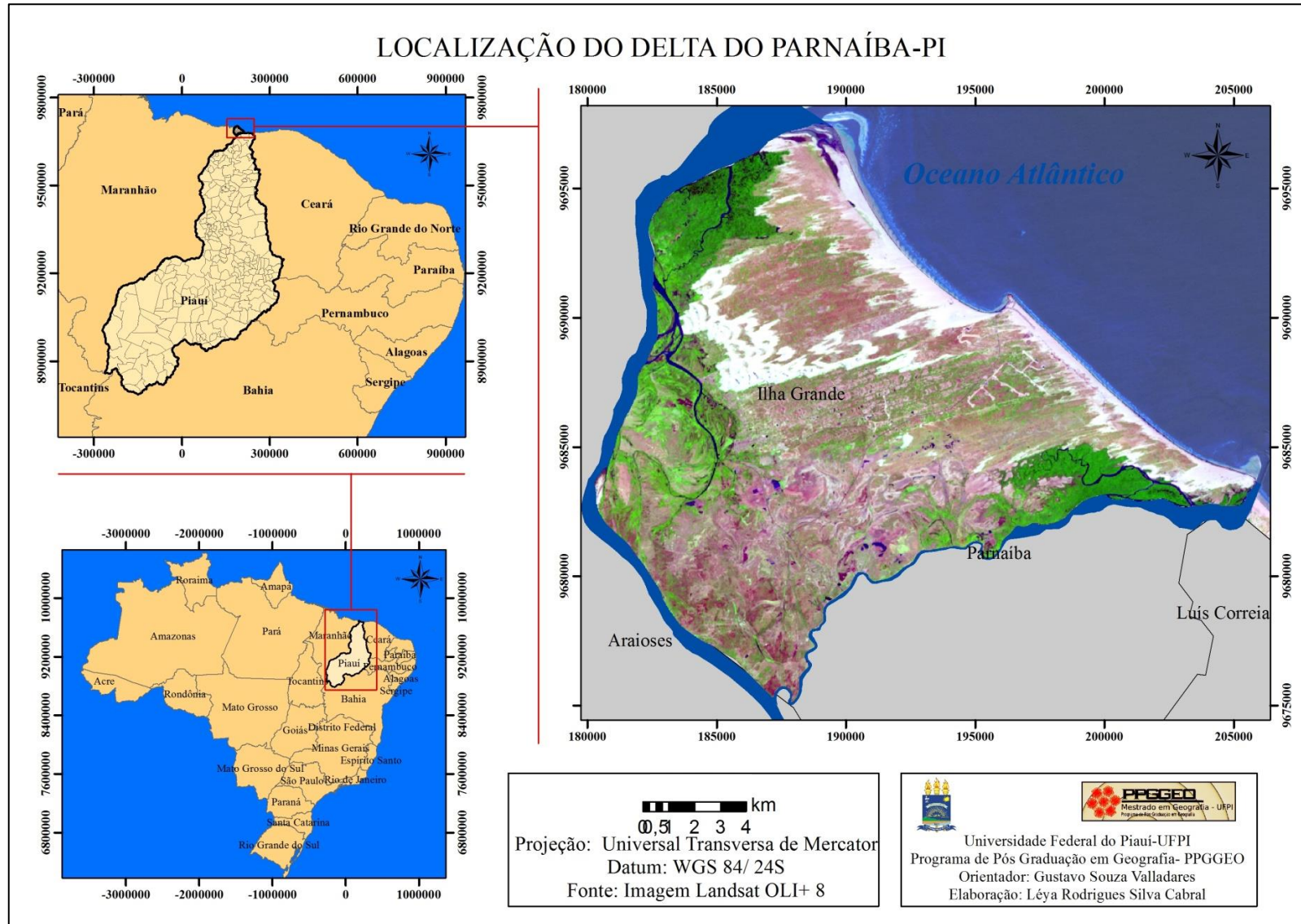
O Delta do rio Parnaíba está localizado na planície costeira do estado do Piauí, situada na porção norte do litoral piauiense e no nordeste setentrional do Brasil. Fica a nordeste da costa brasileira, no limite dos estados do Piauí e Maranhão. A partir daí subdivide-se em vários braços e igarapés que se intercalam com as diversas ilhas baixas e arenosas onde se destaca, dentre as ilhas piauienses, Ilha Grande de Santa Isabel. Esta ilha localiza-se entre a barra das Canárias e a barra do Igaráçu, apresentando uma forma assimétrica com base voltada para o oceano, com uma área de aproximadamente 240 km² (figura 6).

Os ambientes costeiros formaram-se através da dinâmica global, influenciada por fatores amplos como o movimento de placas e alterações climáticas globais, decorrentes de diversos fatores múltiplos e a dinâmica costeira, através dos processos alternantes de deposição e erosão de areias, resultado da ação de fatores como ondas, ventos, correntes litorâneas, marés e ressacas (SANTOS-FILHO, 2009).

O foco para o desenvolvimento da pesquisa consiste na Área de Proteção Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba, inserida nos limites do estado do Piauí, delimitada pelos rios Parnaíba ao oeste e o rio Igaráçu para o sudeste, abrangendo os municípios de Ilha Grande e parte do município de Parnaíba. A planície do Delta do Parnaíba possui praias de até 200 m de largura e ilhas que abrange as florestas de mangue e uma margem ativa de migração dos campos de dunas.

O Delta do Parnaíba adquiriu importância econômica e ambiental, tendo em vista a diversidade de ambientes e sistemas naturais que ali se encontram, subsídio de atividades econômicas, através do turismo, pesca e carcinicultura.

Figura 6: Mapa de localização da planície do Delta do Parnaíba, PI



4.2 Condicionantes físicos da área de estudo

4.2.1 Geologia

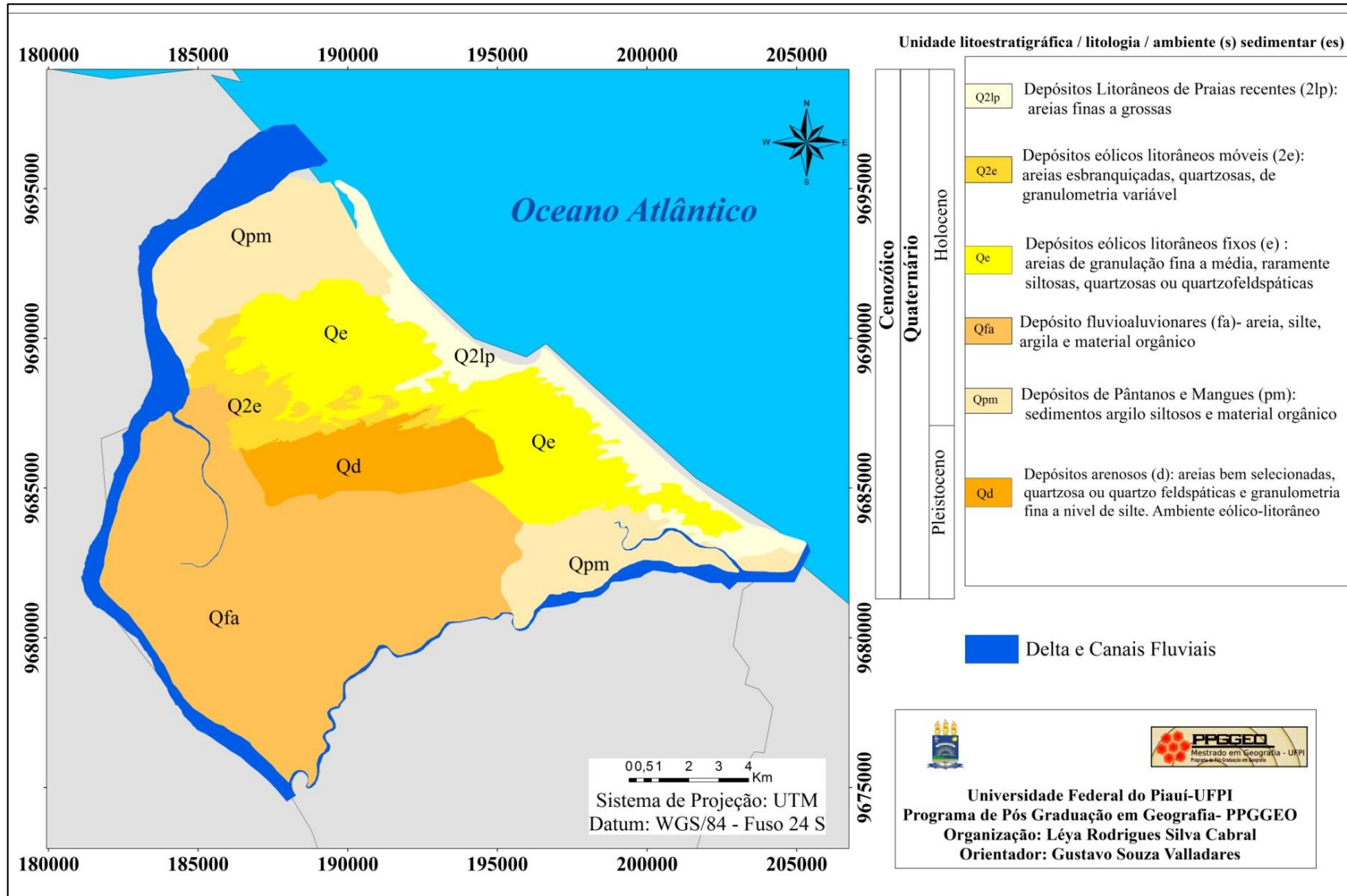
Santos-Filho et al. (2010) descrevem a geologia da planície do Delta do Parnaíba em depósitos de areias do Quaternário, onde esses depósitos de areias quartzosas são resultantes do recuo do mar em épocas pretéritas. Neste trecho podem ser observadas particularidades predominantes como uma área praiana com algumas formações rochosas (*beach-rocks*) na localidade denominada Pedra do Sal, município de Parnaíba (PI).

Pfaltzgraff et al. (2010) destacam que os terrenos cenozoicos da planície do Delta do Parnaíba estão contidos nos domínios da Província Costeira, correspondendo basicamente a sedimentos Quaternários (depósitos de origens flúvio aluvionar, fluviomarina, marinha e eólica), constituindo as feições geológico-geomorfológicas que compõem o Delta do Parnaíba.

Para estudos mais detalhados sobre os aspectos geológicos do Delta do Parnaíba, considerou-se necessária uma adaptação do Mapa Geológico do Piauí, CPRM (2006) e o mapeamento geológico de Sousa (2015). Através das adaptações realizadas foi possível identificar seis classes de unidades litoestratigráficas (figura 7), utilizando como base de caracterização os trabalhos de Pfaltzgraff et al. (2010) e Sousa (2015), e a utilização do mapa da CPRM (2006).

- **Depósitos Litorâneos de Praias recentes (Q21p)**- Formações geológicas do Quaternário com acumulações de areias de granulação fina a grossa, ocasionalmente cascalhos, moderadamente selecionadas, contendo restos de conchas, matéria orgânicas e minerais pesados. Formam um alongado depósito contínuo, por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. Nesta formação incluem-se os *beach-rocks* na praia da Pedra do Sal.
- **Depósitos eólicos litorâneos móveis (Q2e)**- originados por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, formados por areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscas e arredondados. Muitas vezes encerram níveis de minerais pesados, principalmente ilmenita além de estratificações cruzadas de médio a grande porte e marcas ondulares eólicas. São caracterizadas pela ausência de vegetação e ocorrem mais próximas à linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa.

Figura 7: Mapa litoestratigráfico da planície do Delta do Parnaíba.



Fonte: CPRM (2004)

- **Depósitos eólicos litorâneos fixos (Qe)**- originados por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, formados por areias de granulação fina a média, raramente siltosas, quartzosas ou quartzo feldspáticas, ocorrem à retaguarda ou entremeadas com as dunas móveis e apresentam incipiente desenvolvimento de processos pedogenéticos, resultando na fixação de um revestimento vegetal pioneiro ou de pequeno porte que impede ou atenua a mobilização eólica. Esses depósitos provavelmente representam uma geração de idade intermediária entre as paleodunas e as dunas móveis ou atuais.
- **Depósito fluvioaluvionares (Qfa)**- Os maiores depósitos aluvionares ocorrem ao longo das planícies fluviais dos rios Parnaíba e Igarapé, e em menores proporções, nos outros rios da região, são resultante da acumulação fluvial, sujeito a inundações periódicas. Formados, essencialmente, por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica.
- **Depósito de Pântanos e Mangues (Qpm)**- são ambientes transicionais ou mistos, formados pela sedimentação de origem continental e marinha. O contato de água doce com água salgada proporciona, pelas diferenças de pH entre os dois meios, a floculação ou precipitação de argilas em suspensão, resultando na deposição de material escuro e lamacento, rico em matéria orgânica, que aumenta a cada período de maré cheia, até formar o ambiente propício à instalação dos manguezais, com o desenvolvimento de vegetação típica de tais ambientes. Esses depósitos estuarinos são acumulados nas desembocaduras fluviais, penetrando no continente até onde se faz sentir a influência das marés. Na área do Delta, as principais planícies fluvio marinhas são aquelas associadas aos rios Parnaíba e Igarapé. O entrelaçado labiríntico dos canais distributários que formam o Delta isola um grande número de ilhas (mais de 70), muitas delas contendo importantes formações de manguezais.
- **Depósitos arenosos (Qd)**- As acumulações são constituídas por areias inconsolidadas, de coloração acastanhada, acinzentada e/ou esbranquiçada, de granulação média a fina, bem selecionadas, de composição quartzosa/quartzofeldspática, com grãos de quartzo foscos e arredondados e granulação fina em nível de silte. A estabilização é mantida pela cobertura vegetal. Corresponde à primeira geração de dunas da área, formadas provavelmente em um episódio de nível relativo do mar mais elevado que o atual ocorrido durante o Pleistoceno, este movimento regressivo propiciou a geração de um terraço marinho, que foi, em parte, retrabalhado eolicamente, fornecendo material para a construção das paleodunas.

4.2.2 Geomorfologia

Lima (1987) propõe uma classificação do relevo Piauiense, com base em aspectos litoestruturais, sendo a área de estudo inserida na **Planície Costeira**: unidade que correspondente aos terrenos Quaternários do Piauí. Esta faixa paralela à costa é formada pelo Delta do Parnaíba, por dunas móveis e fixas e planícies flúvio-marinhas, que resultam do trabalho combinado dos agentes fluvial, marinho e eólico.

Destacam-se as formações praias entre o Delta do Parnaíba e a Ponta de Anel na região de dunas móveis e restingas, e a partir daí até os limites com o estado do Ceará, apresenta-se em condições alagadiças onde se encontram algumas rias (BRASIL, 1973) e mangues de pequena expressão, que encontram condições favoráveis de desenvolvimento nas embocaduras das planícies flúvio-marinhas. Merece destaque a presença de afloramentos graníticos na praia da Pedra do Sal.

Na presente pesquisa foi considerado o mapeamento geomorfológico elaborado por Sousa et al. (2014); Sousa (2015), que identificam e caracterizam as seguintes unidades:

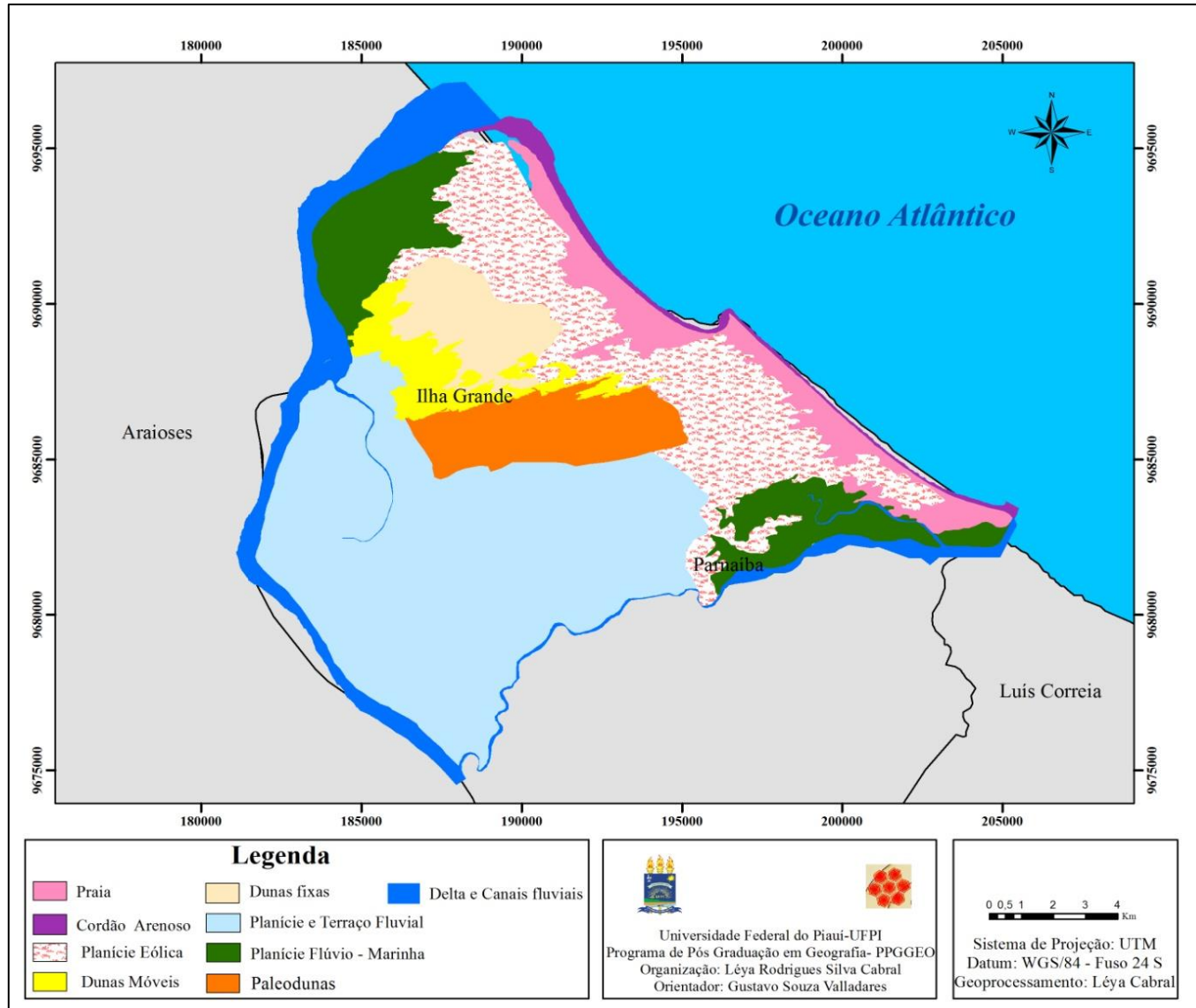
- **Cordão arenoso**- correspondendo a uma área plana resultante de acumulação marinha, dentre eles, praias, canais de maré, cristas de praia, restingas, ilhas barreira. Ocorre nas baixadas litorâneas sob a influência dos processos de agradação marinhos.
- **Planície eólica**- área aplainada entre as dunas constituídas de sedimentos eólicos em laminações lisas, bem como estratificações cruzadas truncadas entre as dunas ativas. A extensão das interdunas varia em função do suprimento sedimentar e da presença de água no sistema (lençol freático).
- **Dunas móveis**- esta unidade de paisagem corresponde a depósitos arenosos paralelos à linha de costa, produzida pelo transporte e deposição de partículas pelo vento, sua assimetria é justificada pela inclinação maior no lado sotavento que no lado barlavento. Cavalcanti (2004) descreve que esse tipo de feição geomorfológica não apresenta cobertura vegetal ou ocorrem em sua superfície somente espécies pioneiras e de pequeno porte, sendo instáveis e migratórias.
- **Dunas fixas**- Cavalcanti (2004) caracteriza esse tipo de feição geomorfológica, como dunas em processo de estabilização, sendo estas, parcialmente recobertas por vegetação pioneira devido o maior teor de matéria orgânica e a ocorrência de um estrato superficial em processo de edafização, propiciando a presença do caráter eutrófico que favorece o desenvolvimento de espécies vegetais.

- **Paleodunas-** corresponde às dunas antigas que estão recobertas por uma vegetação herbácea ou arbustiva, estando, portanto, imobilizado e bioestabilizadas. Por serem mais antigas, favorecem a estabilização do relevo, que ocasionam melhoria das condições edáficas, contribuindo para uma maior estruturação das camadas superficiais, através de suportes de matéria orgânica.
- **Planície flúvio-marinha-** representa a área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha sujeita a inundações periódicas, podendo comportar canais fluviais, manguezais, cordões arenosos e Deltas, ocorrendo nas baixadas litorâneas, próximo às embocaduras fluviais, e está localizada em áreas onde há influência das oscilações das marés.
- **Planície e terraço-fluvial-** corresponde a áreas planas resultantes de acumulação fluvial, periodicamente alagada, com meandros abandonados e cordões arenosos. Ocorrem nos vales com preenchimento aluvial, contendo material fino a grosseiro, pleistocênico e holocênico.

O mapeamento sofreu uma adaptação através de Frota (2017), caracterizado praia como mais uma unidade geomorfológica (figura 8).

- **Praia-** são depósito de areias acumuladas pelos agentes de transportes fluviais ou marinhos. As praias representam cintas anfíbias de grãos de quartzo, apresentando uma largura maior ou menor, em função da maré. Algumas vezes podem ser totalmente encobertas por ocasião das marés de sizígia. Quanto ao material que compõe as praias, há um domínio quase absoluto dos grãos de quartzo, isto é, as areias (GUERRA; GUERRA, 2011).

Figura 8: Mapa geomorfológico da planície do Delta do Parnaíba.



Fonte: Frota, 2017

4.2.3 Hidrografia

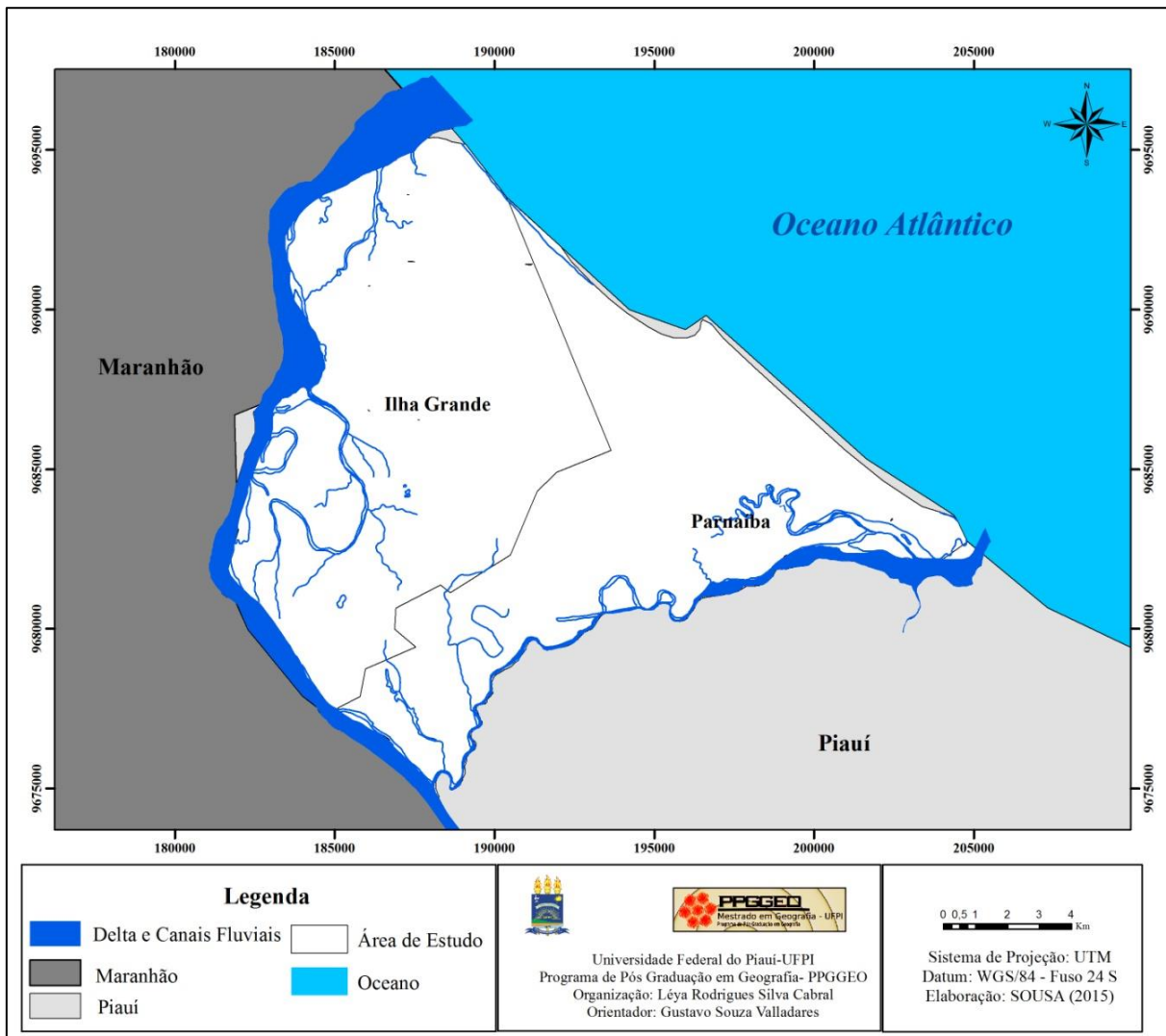
A hidrografia da planície do Delta do Parnaíba está formada principalmente pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba e seu principal afluente o rio Igarçu, com uma rede de drenagem perene, que próximos à costa dividem-se em vários canais, formando igarapés, rios riachos, áreas de inundação e lagoas. A baixa energia desses cursos de água favorece os processos deposicionais, propiciando a ocorrência de formações sedimentares. (CAVALCANTI, 2000; SOUSA, 2015).

A área apresenta extensas planícies fluviomarinhas cortadas por uma rede de canais distributários, formadores das ilhas apresentando canais fluviais do tipo meandantes, anastomosados e canais abandonados. O resultado de processos de acumulação fluviomarinha, e características próprias do ambiente, desenvolvem-se extensas áreas de manguezais (RIVAS, 1996).

As dunas que constituem aquíferos livres, com areias de alta permoporosidade e os aluviões que ocupam as áreas das planícies fluviais ambos possuem um razoável potencial hidrogeológico. O sistema lacustre da planície litorânea é composto por inúmeras lagoas, que têm alimentação pluvial, fluvial ou mesmo freática (ARARIPE et al., 1999).

A figura 9 apresenta as principais redes de drenagens presentes na planície do Delta do Parnaíba:

Figura 9: Rede de Drenagem da planície do Delta do Parnaíba.



4.2.4 Condições Climáticas

A Planície do Delta do Parnaíba piauiense apresenta uma tipologia climática quente e úmida, no qual os rigores da latitude são amenizados pela proximidade do oceano, com fortes ventanias no decorrer do ano e um alto índice pluviométrico nos primeiros meses do ano. Estas características climáticas são decorrentes da atuação dos seguintes sistemas atmosféricos caracterizados de acordo com FERREIRA; MELLO (2005):

- A Massa de ar Equatorial Atlântico norte (MEAN)- massa de ar quente e úmido formada no anticiclone dos Açores, atraídas para o continente devido às diferenças de pressão entre as superfícies continental e oceânica.
- A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)- definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo, formada pela confluência dos ventos alísios do

hemisfério norte com ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis, fazendo com que o ar quente e úmido ascenda e provoque formações das nuvens, baixa pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação.

- Linhas de instabilidade- são bandas de nuvens do tipo cumulus, causadoras de chuvas, organizadas em forma de linha. É formada devido à grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região, atingindo um número maior à tarde e início da noite, com convecção máxima, ocasionando as chuvas.
- Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs)- são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis, como temperatura, relevo, pressão, provocando chuvas fortes e de curta duração, acompanhadas com rajadas de vento.
- Brisa Marítima e Brisa terrestre- resultante do aquecimento e resfriamento diferencial que se estabelecem entre a terra e a água. Na brisa marítima, o continente se aquece mais rapidamente que o oceano durante o dia, fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que no oceano. Na brisa terrestre, o continente perde calor mais rapidamente do que o oceano durante a noite, fazendo com que esse fique com temperaturas mais elevadas se comparadas às do continente, assim a pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopra do litoral para o oceano.

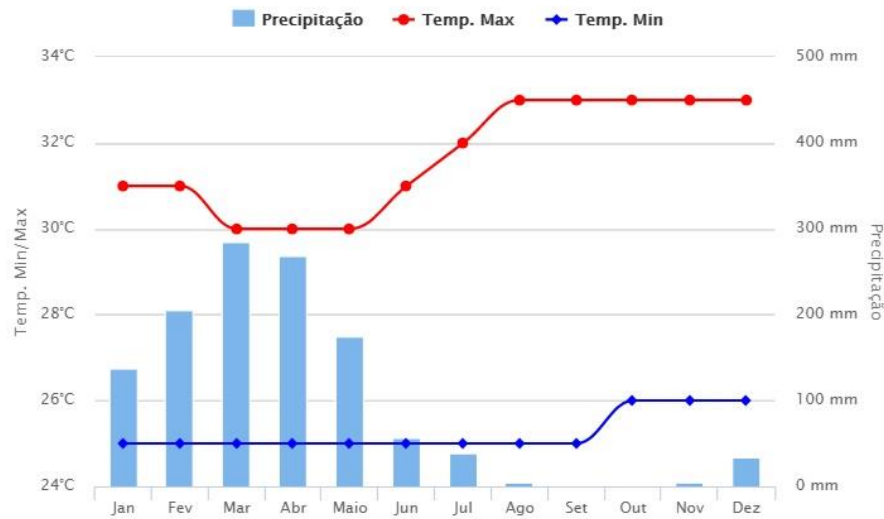
Utilizando a abordagem climática de Mendonça; Danni-Oliveira (2009), a planície do Delta do Parnaíba enquadra-se no macrotipo climático do clima tropical equatorial, considerado um domínio climático quente, sendo a sazonalidade térmica e a pluviometria principais caracterizadores dos subtipos climáticos, onde encontram-se variações úmidas e semiúmidas. Seu subtipo climático é representado com seis meses secos (2b), podendo se prolongar a sete ou oito meses.

O município de Ilha Grande (PI) apresenta clima quente o ano todo, com expressiva regularidade térmica anual. Quanto à pluviosidade, o município é marcado por dois períodos: a concentração de chuva nos meses de janeiro a maio, sendo abril o mês mais chuvoso com máximas de 268 mm e muito pouco presentes de julho a novembro, com mínimas de 2 mm em setembro e outubro. Aguiar (2004) afirma que a precipitação pluviométrica média anual é definida no Regime Equatorial Marítimo, com isoietas anuais entre 800 a 1.600 mm, cerca de 5 a 6 meses como os mais chuvosos e período restante do ano de estação seca.

As médias climatológicas apresentadas no gráfico 1, extraídas através do site aberto do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) permite compreender o comportamento da

temperatura e precipitação dos municípios que abrangem a área em estudo, sendo estes valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados.

Gráfico 1: Comportamento da temperatura e da chuva ao longo de 30 anos em Ilha Grande



Fonte: INMET/CFS/Interpolação

Da Silva (2015) observou em um período de 45 anos, a média da precipitação acumulada anual foi de 1210 mm / ano no Delta do rio Parnaíba. Onde valores extremos foram observados em 1974 (3127mm) e 1983 (523mm). Somente em 1974 e 1985, a precipitação cumulativa anual foi superior a 2000 mm; portanto, chuvas excepcionalmente altas são raras nessa região. Entre 1965 e 2009, 36,91% dos meses foram classificados como meses úmidos, enquanto 63,09% foram considerados secos. Anualmente, o período seco começa em junho e se estende até dezembro e o período úmido vai de janeiro a maio.

4.2.5 Vegetação

A vegetação da planície do Delta do Parnaíba está associada à integração do seu fator climático, relevo e solo, revelando um conjunto florístico bastante diversificado. No quadro 2, são apresentados os tipos de vegetação da planície de acordo com Araripe et al. (1999).

Quadro 2: Representação da vegetação do Delta do Parnaíba.

| VEGETAÇÃO | CARACTERÍSTICAS |
|--|--|
| Vegetação Pioneira Psamófila | Constituídas de restingas. Desenvolve-se em ambientes de pós-praia, sobre dunas de formação mais recente e em algumas depressões interdunares. Adaptáveis às condições impostas por ambientes arenosos, a intensidade e a direção dos ventos, além da distribuição pluvial, são determinantes para o desenvolvimento. É utilizada como pastagem na pecuária extensiva, além de ter um papel ecológico no processo inicial de fixação de dunas móveis. |
| Vegetação Subperenifolia de Dunas | Constituída por espécies arbóreas e arbustivas. Tem função de bioestabilização do campo dunar, diminuindo o processo geomorfogênico de avanço das dunas pelo efeito do agente eólico. |
| Manguezal | Constituídas por espécies como aninga, vegetação de mangue. A flora do manguezal está presente no litoral limoso das ilhas e nas embocaduras dos rios. A parte do Delta do rio Parnaíba, que corresponde ao território piauiense constitui a maior superfície de manguezais do estado, uma delas ao longo da margem direita do rio Parnaíba e a outra ao longo do baixo curso do rio Igarauçu. Sua importância está ligada na estabilização do relevo, protegendo as margens das planícies flúvio-marinhas e conservando a linha de costa. Diminui também o avanço dos sedimentos eólicos sobre o leito dos cursos de água estuarinos. Atua ainda no processo de pedogênese, contribuindo na estrutura dos solos através do aporte de matéria orgânica. Exerce ação de fertilização das águas superficiais, beneficiando a cadeia trófica do manguezal, e dos ecossistemas circunvizinhos. Propicia também abrigo e subsistência para diferentes grupos faunísticos e contribui para a manutenção do potencial biológico do Delta. |
| Vegetação de Várzea | Situadas nas planícies fluviais e áreas de inundação flúvio-lacustres. Vinculam-se à presença desta cobertura vegetal a solos aluviais, de gênese deposicional e hidromórfica, que são comuns nos ambientes lacustres e fluviais, principalmente em suas faixas periféricas inundáveis durante o período chuvoso. A espécie vegetal de maior ocorrência é a <i>Copernicia prunifera</i> (carnaúba), em função das condições edáficas, onde a constituição predominante é de solos aluviais, com altas concentrações de argila e matéria orgânica, há também um acúmulo hídrico no substrato, constantes afloramentos do lençol freático e deposição de águas superficiais. |

Fonte: Araripe et al. (1999).

Em estudos sobre uso e cobertura das terras através da classificação supervisionada, Sousa (2015) conseguiu caracterizar quatro grupos vegetacionais presentes na planície do Delta do Parnaíba: Vegetação de mangue; Vegetação arbóreo-arbustiva; Vegetação mista; Vegetação de Várzea associado a carnaúbas.

Sousa (2015) destaca a perda de parte da vegetação de mangue dos anos de 1999 a 2013, sendo este substituído pela vegetação do tipo aninga, utilizadas para impedir a erosão das margens, devido ao desmatamento ocorrido para o cultivo de arroz (rizicultura). Atualmente

esse tipo de atividade tem diminuído consideravelmente devido ao aumento da fiscalização na região da APA.

Santos-Filho (2010) em seus estudos realizados na planície do Delta do Parnaíba, relatou que no município de Ilha Grande Santa Isabel, considerada a maior ilha flúvio-marinha do Delta do Parnaíba, apresentou fisionomias de restinga frutícetos inundáveis e não inundáveis nucleados por espécies arbóreas, sendo estas demarcadas por áreas de depressão, resultante da atividade eólica sobre as dunas, inundáveis, no período chuvoso, bem como formações de campos e carnaubais. Destacou também a presença de 60% de cobertura herbácea.

O autor ainda explana que embora semelhantes com relação à fisionomia predominante, as áreas de Ilha Grande e Parnaíba exibiram diferenças no padrão de distribuição de espécies. Seu estudo revelou que 11,4% das espécies são exclusivas e abundantes das restingas piauienses, quando comparadas com as floras de outras restingas nordestinas (SANTOS-FILHO et al., 2010); (SANTOS-FILHO et al., 2015); (SANTOS-FILHO et al., 2017).

Frota (2017), relata que as espécies vegetais de maior ocorrência na vegetação de mangue são o mangue vermelho, o mangue negro e o mangue branco, destacando-se também outras espécies edáficas como o Jiquiriti (*Abrus precatorius*). Observando que a conservação da vegetação de várzea próximo ao leito do rio Parnaíba e que parte da vegetação de mangue vem sendo substituída pela vegetação de aninga evitando assim a erosão das margens.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização Morfológica

De maneira geral, os perfis descritos e coletados nas áreas da planície do Delta do Parnaíba apresentaram características morfológicas distintas entre si, no que se refere à profundidade e espessuras dos horizontes. No quadro 3 encontra-se uma síntese das descrições morfológicas dos quinze perfis de solos estudados.

A distinção entre os solos é característica dos diversos processos formadores, bem como das condições do ambiente e do material presente, interferindo principalmente na coloração dos solos. Nos perfis houveram predomínio do matiz 2,5Y, 5YR, 7,5YR, 10YR, com valor variando de 2,5 a 7, croma de 1 a 8. Alguns horizontes apresentaram mosqueados e variegados, comuns em ambientes com más condições de drenagem, presentes nos perfis PD01, PD02, PD05, PD06, PD07, PD08, PD09, PD11, PD12, PD13, PD14, com tamanhos que variaram de pequeno a grande, com contraste proeminente e quantidades que variaram entre comum a abundante.

A estruturação do solo revela a influência de um solo no desenvolvimento e crescimento das plantas, na retenção de nutrientes, água e ar, na atividade microbiana e resistência à erosão. Devido à diversidade de solos encontrados, foi possível analisar que estes apresentam um grau de desenvolvimento que variam de grãos simples à maciça (sem estruturação), comum em Neossolos, Espodossolos, e os Gleissolos; e de fraco à forte (com estrutura), tamanhos de pequenos à grande, sobre formas de blocos angulares e subangulares, cuneiformes e prismáticos.

A consistência do solo revela resultados diretos em seu manejo. As consistências apresentadas nos solos da planície do Delta variaram de macia a muito duro quando secos; solta a firme quando úmidos; não plástica a muito plástica e não pegajosa a muito pegajosa ambos quando úmidos. Sendo que a consistência variou de acordo com a textura, mineralogia, teor de matéria orgânica e da agregação do solo. Desta forma os solos do tipo argilomineral 2:1 expansivos, com o caráter vértico, são caracterizados por serem muito plásticos e muito pegajosos quando úmidos e apresentarem uma maior agregação do solo quando seco (LEPSCH,2011). Importante frisar que muitos perfis foram descritos apenas na consistência molhada, devido à área com solos mal drenados.

Quadro 3: Características morfológicas de solos da planície do Delta do Parnaíba

| Horiz | Prof.(cm) | Cor(úmida) | Mosqueado | Estrutura | Textura | Consistência | Transição |
|----------------------|-----------|-----------------|--------------------|----------------------------|---------|---------------------|------------------|
| Perfil - PD01 | | | | | | | |
| Ap ₁ | 0-20 | 10YR 4/4 | - | Fc, P e Bl ang. | AF | Mc, Mfr, Lpl/Lpg | plana e gradual |
| Ap ₂ | 20-40 | 10YR 4/4 | - | Fc, P e Bl ang. | FA | Mc, Mfr, Lpl/Lpg | plana e gradual |
| C ₁ | 40-70 | 10YR 4/4 | - | Maciça | AF | Mc, Mfr, Lpl/Lpg | plana e gradual |
| C ₂ | 70-135+ | 7,5 Yr 3/4 | 5YR 5/8 | Maciça | FS | Ldr, Fr, Lpl/Lpg | - |
| Perfil - PD02 | | | | | | | |
| A | 0-25 | 7,5YR 3/4 | | Mod, P, Pr. | FS | Mc,Ldr, Pg/Pl | plana e abrupta |
| C ₁ | 25-55 | 5YR 4/4 | 2,5YR 3/6 | Maciça | FS | Ldr, Pg/Pl | plana e abrupta |
| C ₂ | 55-64 | 10YR 5/8 | | Grão Simples | A | Slt, Npg/Npl | plana e abrupta |
| C ₃ | 64-110 | 7,5YR 4/4 | 7,5YR 5/8 | Maciça | FS | Ldr, Pg/Pl | - |
| Perfil - PD03 | | | | | | | |
| A | 0-26 | 10YR 3/4 | - | Fc, G, Pr | F | Dr, Fm | plana e clara |
| Btv ₁ | 26-60 | 7,5YR 3/1 | - | Mod /G, S.C, Cun/ Pr | GS | Dr, Fm | plana e gradual |
| Btv ₂ | 60-100+ | 7,5YR 3/1 | - | Mod /G, S.C/SK, Cun/ Pr | GS | Dr, Fm | - |
| Perfil - PD04 | | | | | | | |
| A | 0 – 25 | 10YR 3/3 | - | Grão Simples | A | Slt, Npg/Npl | plana e clara |
| AC | 25 – 45 | 10YR 5/3 | - | Grão Simples | AF | Slt, Npg/Npl | plana e gradual |
| C | 45 – 100+ | 10YR 7/4 | - | Grão Simples | A | Slt, Npg/Npl | - |
| Perfil - PD05 | | | | | | | |
| Ag | 0 – 60 | 5YR 5/3 | - | Maciça | FS | Mpl/Mpg | plana |
| Cg ₁ | 60 – 100 | 10YR 4/2 | - | Maciça | FGS | Mpl/Mpg | gradual e difusa |
| Cg ₂ | 100 – 150 | 10YR 4/1 | - | Maciça | FGS | Mpl/Mpg | - |
| Perfil - PD06 | | | | | | | |
| Ag | 0 – 10 | 10YR 3/1 | 5YR 4/3 | Maciça | FGS | Mpl/Mpg | clara |
| CA | 10 – 50 | 10YR 4/1 | 10YR 5/6 | Maciça | F | Mpl/Mpg | gradual |
| Cg | 50 – 100 | 10YR 3/1 | - | Maciça | FGS | Mpl/Mpg | - |
| Perfil - PD07 | | | | | | | |
| A | 0 – 25 | 5YR 4/3 | - | Maciça | FS | Mpl/Mpg | clara |
| Btg | 25 – 57 | 5YR 4/1 | 5R 2,5/3 | - | FGS | Mpl/Mpg | gradual |
| Cgj | 57 – 100 | 7,5 YR 2,5/1 | - | Maciça | GS | Mpl/Mpg | - |
| Perfil - PD08 | | | | | | | |
| Ag | 0 – 40 | 7,5YR 4/1 | Var. 7,5YR 4/6 | Maciça | F | Mpl/Mpg | clara |
| AC | 40 – 90 | 5YR 4/1 | Var. 2,5 YR 4/6 | Maciça | FS | Mpl/Mpg | clara |
| Cgj | 90 – 130 | 10YR 3/1 | - | Maciça | FGS | Mpl/Mpg | - |
| Perfil - PD09 | | | | | | | |
| A | 0 – 20 | 2,5Y 6/3 | 5YR 5/8 | Maciça | A | Npl/Npg | clara |
| C1 | 20 – 60 | 2,5Y 6/3 | - | Maciça | A | Npl/Npg | clara |
| C2 | 60 – 100+ | 2,5Y 6/2 | - | Maciça | A | Npl/Npg | - |
| Perfil - PD10 | | | | | | | |
| A | 0 – 20 | - | - | Grão Simples | A | Slt, Npl/Npg | plana e clara |
| EA | 20 – 35 | 10YR 5/4 | - | Grão Simples | A | Slt, Npl/Npg | plana e gradual |
| E | 35 – 93 | 5YR 6/1 | - | Grão Simples | A | Slt, Npl/Npg | plana e abrupta |
| Bh | 93 – 140 | 10YR 3/1 | - | Maciça | A | Dr, S, Npl/Npg | - |

Cont. quadro 3:

| Perfil - PD11 | | | | | | | |
|----------------------|------------|-------------|-----------|-----------------|----|------------------|-----------------|
| A | 0 – 10 | - | 7,5YR 5/8 | Fc, P, Gr | A | S, Npl/Npg | clara |
| E1 | 10 – 60 | 10YR 6/4 | - | Grão Simples | A | S, Npl/Npg | difusa |
| E2 | 60 – 100 | 2,5YR 7/2 | - | Grão Simples | A | S, Npl/Npg | clara |
| Bh | 100 – 110 | 7,5YR 2,5/1 | - | Maciça | A | S, Npl/Npg | abrupta |
| Hdob | 110 – 125 | N2,5 | - | Maciça | AF | Fr, Pl/Lpg | clara |
| Cgb | 125 – 160 | 2,5Y 3/1 | 5G 3/2 | Maciça | FA | Mpl/Mpg | - |
| Perfil - PD12 | | | | | | | |
| A | 0 – 15 | 7,5YR 3/4 | - | Mod, P e Cun | GS | Fm, Mpg | clara |
| Bv | 15 – 60 | 7,5YR 3/4 | - | Fo, G, Cun | GS | Fm, Pl/Pg | clara |
| Cg | - 60 – 100 | 2,5Y 4/1 | - | - | FS | Pg/Pl | - |
| Perfil - PD13 | | | | | | | |
| A | 0 – 20 | 10YR 5/4 | - | Grão Simples | A | S/S, Npl/Npg | plana e abrupta |
| Cg1 | 20 – 40 | 10YR 5/4 | - | Grão Simples | A | S/S, Npl/Npg | - |
| Cg2 | 40-60 | 10YR 5/4 | - | Grão Simples | A | S/S, Npl/Npg | - |
| Perfil - PD14 | | | | | | | |
| A | 0 – 20 | 10YR 2/1 | - | Maciça | FA | Pl/Pg | - |
| Cg1 | 20 – 35 | 10YR 4/2 | - | Maciça | AF | Lpl/Lpg | - |
| Cg2 | 35 – 100+ | 10YR 4/1 | - | Grão Simples | A | Npl/Npg | - |
| Perfil - PD15 | | | | | | | |
| A | 0-15 | 7,5YR 6/3 | | Mod, G, Bl ang. | G | Mdr, Fm, Mpl/Mpg | Plana e gradual |
| Bv | 15-45 | 7,5YR 3/1 | | F, G, Cun | FS | Mdr, Fm, Mpl/Mpg | - |

A- areia; AF: areia franca; FA: franco arenosa; FS: franco siltosa; FGS: franco argilo-siltosa; GS: argilo siltosa; F: franca; G: argilosa F: forte; Mod: moderado; Fc: fraca; P: pequena; G: grande; Dst: distinto; Pr: prismática; Bl ang: blocos angulares; Gr: granular; Cun: cuneiformes; S.C: Superfície de compressão; SK: Slickensides; Ldr: ligeiramente dura; Dr: dura; Mdr Slt: solta; Mc: macia; Mfr: muito friável; Fr: friável; Fm: firme; Npl: não plástica; Lpl: ligeiramente plástica; Pl: plástica; Mpl: muito plástica; Npg: não pegajosa; Lpg: ligeiramente pegajosa; Pg: pegajosa; Mpg: muito pegajosa.

Sobre a textura é possível descrever a distinção presente entre os perfis e horizontes, sendo encontrados solos com as seguintes classes texturais: argilosa; argilo siltosa; franco-argilo-siltosa; franca; franco siltosa; franco arenosa; areia franca e areia. As classificações foram realizadas através das análises granulométricas, de areia, silte e argila. A presença de silte foi bem significativa, em diversos horizontes de solo. Os solos mais próximos à costa marinha foram caracterizados com classe textural arenosa, características semelhantes ao trabalho de Silva (2012), em solos de sedimentos holocênicos, resultante de processos de acumulação predominantemente marinha.

A expansividade é evidenciada no perfil PD12, classificado como Vertissolo, em todos os horizontes, através das superfícies de compressão e de fricção (“slickensides”) entre os agregados adjacentes, com colorações variegadas, variando de bruno a vermelho-amarelada, estrutura de moderada a forte e cuneiforme, com material muito plástico e muito pegajoso, característicos de solos argilosos.

O mesmo foi identificado nos horizontes (Btv1 e Btv2) do perfil PD03, classificado como Planossolo com características vérticas. O fendilhamento e presença de superfícies de fricção são formados nos ciclos de umedecimento e secagem, favorecendo a expansão e contração do solo, estes associados à presença de argila expansiva do tipo 2:1. Essas características permitiram classificar o solo com caráter vértico, enquadrando o solo na ordem dos Vertissolos.

Na tabela 1 encontram-se os resultados das análises granulométricas dos perfis estudados, mostrando grandes variações, tanto entre os perfis, quanto nos horizontes, atribuições dadas à deposição de diferentes materiais e sedimentos dos quais estes solos são formados, e podendo ser também resultado de processos pedogenéticos.

O perfil PD01 apresenta argila com valores inferiores a 11%, a areia é predominante, o silte é presente em quantidade significativa em todo o perfil, exceto no horizonte C2, apresentando uma classe textura franco siltosa. O perfil PD2 descrito também como Neossolo, possui em sua composição granulométrica valores de silte maiores que o de areia, havendo uma descontinuidade litológica no horizonte C2, apresentando um alto valor de areia em sua composição.

No perfil PD03 foram identificados dois horizontes B texturais, caracterizados pelo incremento dos teores de argila nos horizontes Btv1 e Btv2. Esta característica, associada às cores com o matiz 10YR e 7,5YR, com croma 4, bem como estrutura prismática e cuneiforme, com drenagem imperfeita, permitiram diagnosticar o horizonte B plânico, classificando o perfil como Planossolo.

Tabela 1: Análises granulométricos dos perfis de solos da Planície Delta do Parnaíba

| Horiz | A Grossa | A Fina | Silte | Argila | Silte/Argila |
|--------------------------------|----------|--------|-------|--------|--------------|
| ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | | |
| Perfil - PD 01 | | | | | |
| Ap1 | 11 | 713 | 243 | 33 | 7,4 |
| Ap2 | 2 | 503 | 450 | 45 | 10 |
| C1 | 5 | 728 | 235 | 32 | 7,3 |
| C2 | 5 | 359 | 522 | 114 | 4,6 |
| Perfil - PD 02 | | | | | |
| A | 19 | 268 | 543 | 170 | 3,2 |
| C1 | 42 | 223 | 604 | 131 | 4,6 |
| C2 | 414 | 530 | 12 | 44 | 0,3 |
| C3 | 20 | 152 | 703 | 125 | 5,6 |
| Perfil - PD 03 | | | | | |
| A | 20 | 406 | 361 | 213 | 1,7 |
| Btv1 | 4 | 47 | 401 | 548 | 0,7 |
| Btv2 | 4 | 33 | 454 | 509 | 0,9 |
| Perfil - PD 04 | | | | | |
| A | 753 | 133 | 100 | 14 | 7,1 |
| AC | 729 | 51 | 193 | 27 | 7,1 |
| C | 864 | 23 | 99 | 14 | 7,1 |
| Perfil - PD 05 | | | | | |
| Ag | 10 | 28 | 719 | 243 | 3,0 |
| Cg1 | 12 | 15 | 698 | 275 | 2,5 |
| Cg2 | 17 | 38 | 612 | 333 | 1,8 |
| Perfil - PD 06 | | | | | |
| Ag | 12 | 130 | 576 | 282 | 2,0 |
| CA | 8 | 410 | 410 | 172 | 2,4 |
| Cg | 13 | 56 | 565 | 366 | 1,5 |
| Perfil - PD 07 | | | | | |
| A | 11 | 173 | 761 | 55 | 13,8 |
| Btg | 25 | 21 | 658 | 296 | 2,2 |
| Cgj | 21 | 47 | 518 | 414 | 1,3 |
| Perfil - PD 08 | | | | | |
| Ag | 10 | 243 | 494 | 253 | 2,0 |
| AC | 7 | 185 | 548 | 260 | 2,1 |
| Cgj | 16 | 142 | 496 | 346 | 1,4 |
| Perfil - PD 09 | | | | | |
| A | 240 | 737 | 20 | 3 | 6,7 |
| C1 | 169 | 816 | 6 | 9 | 0,7 |
| C2 | 144 | 838 | 8 | 10 | 0,8 |
| Perfil - PD 10 | | | | | |
| A | 739 | 156 | 80 | 25 | 3,2 |
| EA | 758 | 143 | 81 | 18 | 4,5 |
| E | 800 | 119 | 67 | 14 | 4,8 |
| Bh | 325 | 581 | 52 | 42 | 1,2 |
| Perfil - PD 11 | | | | | |
| A | 677 | 266 | 48 | 9 | 5,3 |
| E1 | 688 | 246 | 55 | 11 | 5,0 |
| E2 | 675 | 238 | 77 | 10 | 7,7 |
| Bh | 661 | 242 | 71 | 26 | 2,7 |
| Hdob | 65 | 723 | 130 | 82 | 1,6 |
| Cgb | 273 | 490 | 147 | 90 | 1,6 |
| Perfil - PD 12 | | | | | |
| A | 19 | 63 | 435 | 483 | 0,9 |
| Bv | 49 | 90 | 448 | 413 | 1,1 |
| Cg | 62 | 138 | 613 | 187 | 3,3 |
| Perfil - PD 13 | | | | | |
| A | 286 | 670 | 22 | 22 | 1,0 |
| Cg1 | 487 | 497 | 5 | 11 | 0,5 |
| Cg2 | 292 | 666 | 35 | 7 | 5,0 |
| Perfil - PD 14 | | | | | |
| A | 307 | 413 | 132 | 148 | 0,9 |
| Cg1 | 415 | 423 | 73 | 89 | 0,8 |
| Cg2 | 333 | 551 | 86 | 30 | 2,9 |
| Perfil - PD 15 | | | | | |
| A | 9 | 46 | 350 | 595 | 0,6 |
| Bv | 11 | 36 | 797 | 157 | 5,1 |

Nos perfis PD04 e PD09 os solos formados apresentaram textura arenosa, houve diferenças da fração areia nas camadas amostradas, com predomínio de areia grossa no PD04 e areia fina no PD09 e baixos teores de argila e silte. Pressupõe-se que estas áreas foram formadas por sedimentos marinhos em épocas pretéritas de transgressão. A variação no tamanho de partículas nestes solos está associada de forma direta ao transporte de sedimentos.

Os perfis PD05, PD06, PD08, PD13 e PD14 mesmo sendo caracterizados iguais no primeiro nível categórico como Gleissolos, estes mostraram características granulométricas diferentes, sendo que os três primeiros apresentam predomínio da fração silte em seus horizontes, diferente dos últimos que possuem textura arenosa, são solos de área de mangue, próximo à foz do Delta, no rio Igarapé.

O perfil PD07 apresenta teores elevados de silte e argila, o último horizonte do perfil foi denominado de C_{gj}, por apresentar uma gleização intensa, com cor preta, estrutura maciça, argilo siltosa, com presença de mosqueados amarelados, indicando ser jarosita.

Os perfis PD10 e PD11, possuem textura arenosa, o perfil PD10 apresenta um horizonte Bh, característico de um horizonte B espódico, com cor escura, caracterizado pelo acúmulo iluvial de complexos de matéria orgânica, o perfil PD11 apresentou dois horizontes (Bh, H_{dob}), com cores que variavam de escuras a pretas, sendo o Bh um horizonte espódico e o H_{dob} indicando ser o horizonte superficial de um solo soterrado, todos com estrutura maciça, a transição para estes horizontes são abruptas e com distribuição granulométrica irregular, reforçando a descontinuidade litológica e o soterramento.

O Perfil PD12 apresentou textura argilo siltosa até 60 cm de profundidade, passando a haver predomínio da fração silte. Nos horizontes A e B foram observados fendilhamento e presença de superfícies de fricção. O perfil apresentou uma transição clara entre os horizontes, apresentando características vérticas.

A relação silte/argila indica o estágio de desenvolvimento dos solos, sendo um atributo diagnóstico usado para determinar o grau de intemperismo dos solos (EMBRAPA, 2013). Os resultados encontrados indicaram baixo grau de intemperismo para a maioria dos horizontes, exceto no horizonte C₂ do perfil PD02 com valor de 0,3 e o horizonte C_{g1} do perfil PD13 com valor de 0,5.

5.2 Caracterização Química

As características químicas dos perfis de solos da planície do Delta do Parnaíba são apresentadas na Tabela 2. Os valores de pH em H₂O apresentam-se ácidos nos perfis PD01 ao PD08; PD12 e PD15. O perfil PD10 apresentou pH praticamente neutro de 6,9 nos horizontes A e Bh e valores de 6,1 e 6,5 nos horizontes EA e E, respectivamente, confirmando uma acidez mais fraca. O perfil PD11 demonstrou um pH com acidez mais fraca nos horizontes superficiais A e E1(6,8 e 6,6 respectivamente) aumentando sua acidez em profundidade, chegando a 3,7 no horizonte Bh. Nos horizontes ambos Cgj dos perfis PD07 e PD08, os valores de pH (2,8 e 2,9 respectivamente) são menores que 3,5 indicativos de um horizonte sulfúrico.

Os perfis PD13 e PD14 com valores de pH alcalinos, que variam de 7,7 a 8,9. Os valores de pH em H₂O encontrados na área de estudo variam de 2,8 a 8,9 estes valores se assemelham aos encontrados nos trabalhos de Valladares (2009); Gomes (2002); Silva (2012).

Santos-Filho et al. (2013) fizeram análises química do solo em 25 amostras de solo com profundidade de 0-20cm, em diferentes áreas do litoral piauiense, entre eles Parnaíba e Ilha Grande. A análise química do solo revelou que as áreas de restinga da costa do Piauí apresentaram solos arenosos com pH variando de ácido (5,62) a alcalino (8,34), sendo que 16 das 25 amostras se mostrou-se com pH ácido.

Os teores de carbono orgânico encontrados são variáveis com valores de 0,1 a 110,7 g kg⁻¹. No perfil de solo PD11 o horizonte Hbod apresentou um teor elevado de 110,7 g kg⁻¹, devido à alta concentração de matéria orgânica, em um horizonte enterrado sob condições excessivas de água por todo o ano, estas características são critérios para a caracterização de um horizonte hístico, sendo o solo em questão caracterizado como Espodossolo.

O caráter flúvico do solo é atribuído pela distribuição irregular do conteúdo de carbono orgânico em profundidade, indicativo de sua natureza aluvionar, pela deposição de diferentes camadas de sedimentos. Nos perfis de Neossolo Flúvico PDO1 essa distribuição irregular é perceptível do horizonte C1 (0,1 g kg⁻¹) para C2 (4,92 g kg⁻¹), e PD02 do horizonte C2 (0,1 g kg⁻¹) para C3 (8,16 g kg⁻¹).

Os valores de CTC (valor T) do solo nos perfis de solos apresentaram valores máximos de 95,80 e mínimos de 1,71. Os perfis que apresentaram valores elevados devem-se aos teores de carbono orgânico observado nestes solos, além da presença de argilominerais expansíveis de alta atividade, analisadas pela difração de raio-X. Em destaque dos valores de baixa CTC podemos destacar o perfil PD04 e PD10, com textura arenosa com predomínio do mineral quartzo.

Tabela 2: Características químicas dos solos da planície do Delta do Parnaíba

| Horiz. | pH | COT | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | Valor V | m | P. assim. | PST | CE |
|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|------------------|----------------|-----------------|---------|------------------|-------|---------|---------|-------|---------------------|------|-------------------|
| | H ₂ O | g kg ⁻¹ | cmolc kg ⁻¹ | | | | | | | | | % | mg kg ⁻¹ | % | dSm ⁻¹ |
| Perfil - PD 01 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap1 | 6,3 | 2,32 | 5,00 | 2,70 | 0,35 | 0,30 | 8,35 | 0,00 | 2,10 | 10,45 | 80 | 0 | 17 | 2,9 | - |
| Ap2 | 5,8 | 1,92 | 5,90 | 3,30 | 0,23 | 0,32 | 9,74 | 0,00 | 2,10 | 11,84 | 82 | 0 | 9 | 2,7 | - |
| C1 | 5,8 | 0,10 | 3,90 | 2,90 | 0,21 | 0,32 | 7,33 | 0,00 | 1,93 | 9,26 | 79 | 0 | 9 | 3,4 | - |
| C2 | 5,9 | 4,94 | 8,40 | 5,30 | 0,22 | 0,44 | 14,36 | 0,00 | 2,59 | 16,95 | 85 | 0 | 6 | 2,6 | - |
| Perfil - PD 02 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 4,1 | 10,38 | 7,20 | 8,50 | 0,19 | 12,35 | 28,24 | 0,70 | 5,23 | 33,47 | 84 | 2,09 | 69 | 36,9 | 14,95 |
| C1 | 4,1 | 11,19 | 6,00 | 10 | 0,19 | 12,83 | 29,02 | 1,00 | 5,23 | 34,25 | 85 | 2,9 | 7 | 37,4 | 14,35 |
| C2 | 4,3 | 0,10 | 0,80 | 1,40 | 0,20 | 1,30 | 3,70 | 0,30 | 0,94 | 4,64 | 80 | 6,5 | 6 | 28,1 | 1,7 |
| C3 | 4,1 | 8,16 | 2,70 | 5,30 | 0,20 | 5,33 | 13,53 | 3,30 | 7,05 | 20,57 | 66 | 16,0 | 14 | 25,9 | 5,71 |
| Perfil - PD 03 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 4,8 | 14,62 | 4,30 | 8,70 | 0,43 | 3,93 | 17,36 | 0,20 | 3,58 | 20,94 | 83 | 0,96 | 3 | 18,8 | 15,08 |
| Btv1 | 4,1 | 15,62 | 10,00 | 20,80 | 0,20 | 15,43 | 46,43 | 0,80 | 5,89 | 52,32 | 89 | 1,53 | 1 | 29,5 | 15,57 |
| Btv2 | 4,0 | 4,94 | 13,00 | 20,20 | 0,20 | 15,52 | 48,92 | 0,60 | 4,90 | 53,82 | 91 | 1,11 | 1 | 28,8 | 18,35 |
| Perfil - PD 04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 5,7 | ,554 | 0,10 | 0,90 | 0,21 | 0,35 | 1,56 | 0,10 | 1,60 | 3,16 | 49 | 3,16 | 4 | 11,1 | 0,12 |
| AC | 5,3 | 3,12 | 0,10 | 0,60 | 0,21 | 0,35 | 1,26 | 0,20 | 0,45 | 1,71 | 74 | 11,73 | 1 | 20,7 | 0,07 |
| C | 5,8 | 0,10 | 0,10 | 0,80 | 0,19 | 0,29 | 1,38 | 0,20 | 0,45 | 1,82 | 76 | 10,96 | 1 | 15,7 | 0,07 |
| Perfil - PD 05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ag | 6,1 | 14,41 | 10,80 | 10,00 | 0,31 | 1,03 | 22,13 | 0,00 | 2,92 | 25,05 | 88 | 0,0 | 1 | 4,1 | 0,88 |
| Cg1 | 4,9 | 8,97 | 9,00 | 10,30 | 0,31 | 1,18 | 20,79 | 0,80 | 5,89 | 26,68 | 78 | 3,0 | 1 | 4,4 | 0,74 |
| Cg2 | 4,3 | 21,17 | 7,60 | 9,40 | 0,32 | 1,10 | 18,42 | 2,50 | 11,67 | 30,09 | 61 | 8,3 | 2 | 3,7 | 1,24 |
| Perfil - PD 06 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ag | 5,1 | 17,74 | 6,1 | 6,8 | 0,26 | 0,78 | 13,94 | 0,40 | 8,37 | 22,31 | 62 | 1,8 | 9 | 3,5 | 0,77 |
| CA | 5,0 | 8,57 | 5,9 | 5,7 | 0,25 | 0,70 | 12,54 | 0,60 | 6,22 | 18,76 | 67 | 3,2 | 6 | 3,7 | 0,41 |
| Cg | 4,3 | 22,18 | 7,0 | 7,7 | 0,28 | 0,74 | 15,73 | 3,00 | 13,98 | 29,70 | 53 | 10,1 | 10 | 2,5 | 0,71 |
| Perfil - PD 07 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 5,5 | 9,58 | 3,40 | 11,2 | 0,38 | 4,13 | 19,12 | 0,10 | 3,58 | 22,70 | 84 | 0,4 | 2 | 18,2 | 1,67 |
| Btg | 4,2 | 18,04 | 5,40 | 12,8 | 0,44 | 4,37 | 23,01 | 1,20 | 8,70 | 31,70 | 73 | 3,8 | 3 | 13,8 | 3,38 |
| Cgj | 2,8 | 25,60 | 15,8 | 45,0 | 0,21 | 1,01 | 62,02 | 9,00 | 33,78 | 95,80 | 65 | 9,4 | 1 | 1,1 | 10,4 |
| Perfil - PD 08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ag | 5,3 | 15,62 | 4,10 | 11,90 | 0,78 | 3,53 | 20,32 | 0,10 | 3,91 | 24,23 | 84 | 0,4 | 106 | 14,6 | 3,37 |
| AC | 3,6 | 13,61 | 5,20 | 12,80 | 0,27 | 11,80 | 30,07 | 1,60 | 3,91 | 33,98 | 88 | 4,7 | 10 | 34,7 | 10,37 |
| Cgj | 2,9 | 31,65 | 6,80 | 21,30 | 0,21 | 15,00 | 43,31 | 8,70 | 10,68 | 53,98 | 80 | 16,1 | 16 | 27,8 | 9,91 |
| Perfil - PD 09 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 8,6 | 6,96 | 2,60 | 3,20 | 0,24 | 9,78 | 15,82 | 0,00 | 22,89 | 38,71 | 41 | 0,0 | 8 | 25,3 | 12,47 |
| C1 | 8,5 | 1,71 | 1,50 | 3,00 | 0,33 | 10,70 | 15,53 | 0,00 | 0,28 | 15,81 | 98 | 0,0 | 8 | 67,7 | 7,59 |
| C2 | 8,5 | 2,32 | 2,50 | 2,90 | 0,47 | 4,03 | 9,90 | 0,00 | 0,12 | 10,01 | 99 | 0,0 | 10 | 40,2 | 9,39 |
| Perfil - PD 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 6,9 | 3,0 | 1,40 | 0,50 | 0,35 | 0,62 | 2,87 | 0,00 | 0,12 | 2,99 | 96 | 0,0 | 5 | 20,8 | 0,41 |
| EA | 6,1 | 1,0 | 0,50 | 0,50 | 0,34 | 0,57 | 1,91 | 0,00 | 0,45 | 2,36 | 81 | 0,0 | 1 | 24,3 | 0,10 |
| E | 6,5 | 0,4 | 0,20 | 0,50 | 0,33 | 0,56 | 1,58 | 0,00 | 0,45 | 2,03 | 78 | 0,0 | 1 | 27,4 | 0,12 |
| Bh | 6,9 | 0,9 | 0,60 | 0,90 | 0,33 | 0,58 | 2,41 | 0,00 | 0,28 | 2,69 | 90 | 0,0 | 1 | 21,6 | 0,16 |
| Perfil - PD 11 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 6,8 | 2,5 | 1,80 | 2,40 | 0,35 | 6,11 | 10,66 | 0,0 | 0,12 | 10,78 | 99 | 0,0 | 6 | 56,7 | 1,72 |
| E1 | 6,6 | 7,5 | 0,40 | 0,80 | 0,34 | 0,70 | 2,25 | 0,0 | 0,28 | 2,53 | 89 | 0,0 | 3 | 27,9 | 0,36 |
| E2 | 5,4 | 0,1 | 0,50 | 0,50 | 0,34 | 0,66 | 2,00 | 0,1 | 0,12 | 2,12 | 95 | 4,7 | 4 | 31,2 | 0,31 |
| Bh | 3,7 | 3,1 | 0,80 | 0,90 | 0,33 | 0,76 | 2,79 | 0,5 | 0,28 | 3,07 | 91 | 16,3 | 4 | 24,8 | 0,97 |
| Hdob | 4,4 | 110,7 | 4,80 | 4,00 | 0,41 | 1,17 | 10,38 | 0,5 | 1,93 | 12,31 | 84 | 4,1 | 1 | 9,5 | 0,21 |
| Cgb | 4,5 | 5,5 | 1,80 | 2,30 | 0,41 | 0,85 | 5,36 | 0,5 | 14,80 | 20,16 | 27 | 2,5 | 1 | 4,2 | 0,83 |
| Perfil - PD 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 4,8 | 7,76 | 3,80 | 11,50 | 0,50 | 4,11 | 19,91 | 0,20 | 5,89 | 25,80 | 77 | 0,8 | 3 | 15,9 | 1,17 |
| Bv | 4,5 | 4,54 | 2,00 | 5,80 | 0,35 | 1,17 | 9,32 | 1,70 | 5,40 | 14,71 | 63 | 11,6 | 2 | 7,9 | 1,62 |
| Cg | 4,7 | 8,97 | 1,40 | 5,50 | 0,44 | 3,73 | 11,06 | 1,40 | 6,72 | 17,78 | 62 | 7,9 | 1 | 21,0 | 1,39 |

Cont. tabela 2:

| Horiz. | pH | COT | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | Valor V | m | P. assim. | PST | CE |
|-----------------------|-----|-------|------------------|------------------|----------------|-----------------|---------|------------------|------|---------|---------|-----|-----------|------|-----|
| Perfil - PD 13 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 8,6 | 5,34 | 1,80 | 1,80 | 0,43 | 1,28 | 5,32 | 0,00 | 6,22 | 11,54 | 46 | 0,0 | 8 | 11,1 | - |
| Cg1 | 8,9 | 0,10 | 1,80 | 1,40 | 0,64 | 2,83 | 6,67 | 0,00 | 0,12 | 6,79 | 98 | 0,0 | 7 | 41,7 | - |
| Cg2 | 8,8 | 1,51 | 1,80 | 1,50 | 0,47 | 7,39 | 11,16 | 0,00 | 0,12 | 11,28 | 99 | 0,0 | 8 | 65,5 | - |
| Perfil - PD 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 7,7 | 14,62 | 11,90 | 10,10 | 0,48 | 1,94 | 24,42 | 0,00 | 0,12 | 24,54 | 100 | 0,0 | 17 | 7,9 | - |
| Cg1 | 8,2 | 1,51 | 5,10 | 5,50 | 0,47 | 7,72 | 18,79 | 0,00 | 0,12 | 18,90 | 99 | 0,0 | 12 | 40,8 | - |
| Cg2 | 8,5 | 1,92 | 2,40 | 2,30 | 0,46 | 6,48 | 11,64 | 0,00 | 0,12 | 11,76 | 99 | 0,0 | 9 | 55,1 | - |
| Perfil - PD 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 4,4 | 20,2 | 8,7 | 11,5 | 1,3 | 8,2 | 29,8 | 0,1 | 7,8 | 37,6 | 79 | 3 | 12 | 21,8 | 4,5 |
| 2Bvi | 4,5 | 10,4 | 5,7 | 12,7 | 0,4 | 13,6 | 32,4 | 1,6 | 6,6 | 39,0 | 83 | 5 | 6 | 34,8 | - |

Para a distinção entre as classes de solos considera-se a saturação por bases (V%) nos horizontes diagnósticos subsuperficiais (Embrapa, 2013). Nos solos da planície do Delta do Parnaíba o V% é considerado alto, por apresentarem valores iguais ou superiores a 50%, com valores entre 51% a 99%, sendo estes classificados como eutróficos, exceto no horizonte Cgb do perfil PD11 que apresentou um valor de 27%, caracterizando um horizonte distrófico.

Os teores de alumínio foram baixos, e em alguns perfis ausentes (PD01, PD09, PD10, PD13 e PD14). O Perfil PD11 apresentou teores de Al ausentes no horizonte superficial A e no horizonte E1, enquanto que no perfil PD02, PD04, PD05, PD06, PD07, PD08, PD012, os valores foram ligeiramente mais altos e oscilaram em profundidade, com teor de Al máximo igual a 9,0 no horizonte Cgj do perfil PD07, o mesmo aconteceu com os valores de saturação por alumínio (m%). É comum em valores de pH mais elevados os teores de Al serem próximos a zero (VALLADARES, 2009).

O sódio apresentou valores altos, principalmente nos perfis PD02, PD03, PD04, PD07(exceto no horizonte Cgj), PD08, PD09, PD08, PD09, PD10, PD12(exceto no horizonte Bv), PD13, PD14 e PD15 onde o acúmulo de sais contribuiu para que o valor do percentual de saturação por sódio (PST) fosse maior que 15%, atingindo valor máximo de 65,5%, atribuindo a estes solos o caráter sódico. Os perfis PD01, PD05, PD06, apresentaram valores baixos de sódio, atribuindo a estes perfis o caráter solódico. Silva (2012) relata que a influência flúvio-marinha e a alta taxa de evapotranspiração, associada com a interferência do lençol freático, favorece o acúmulo e aumento de sais que contém principalmente Na e Mg nas camadas e horizontes de solo pela ascensão capilar de águas subterrâneas.

A condutividade elétrica do extrato de saturação, assim como os sais solúveis revelaram teores de sais levados. O perfil PD03 apresentou os maiores valores de condutividade com valores de 15,03 dSm⁻¹ horizonte superficial, chegando a 18,35 dSm⁻¹ nos 60 cm do horizonte Btv2 associado a elevados teores de Na do extrato salino. Estes valores se assemelham aos

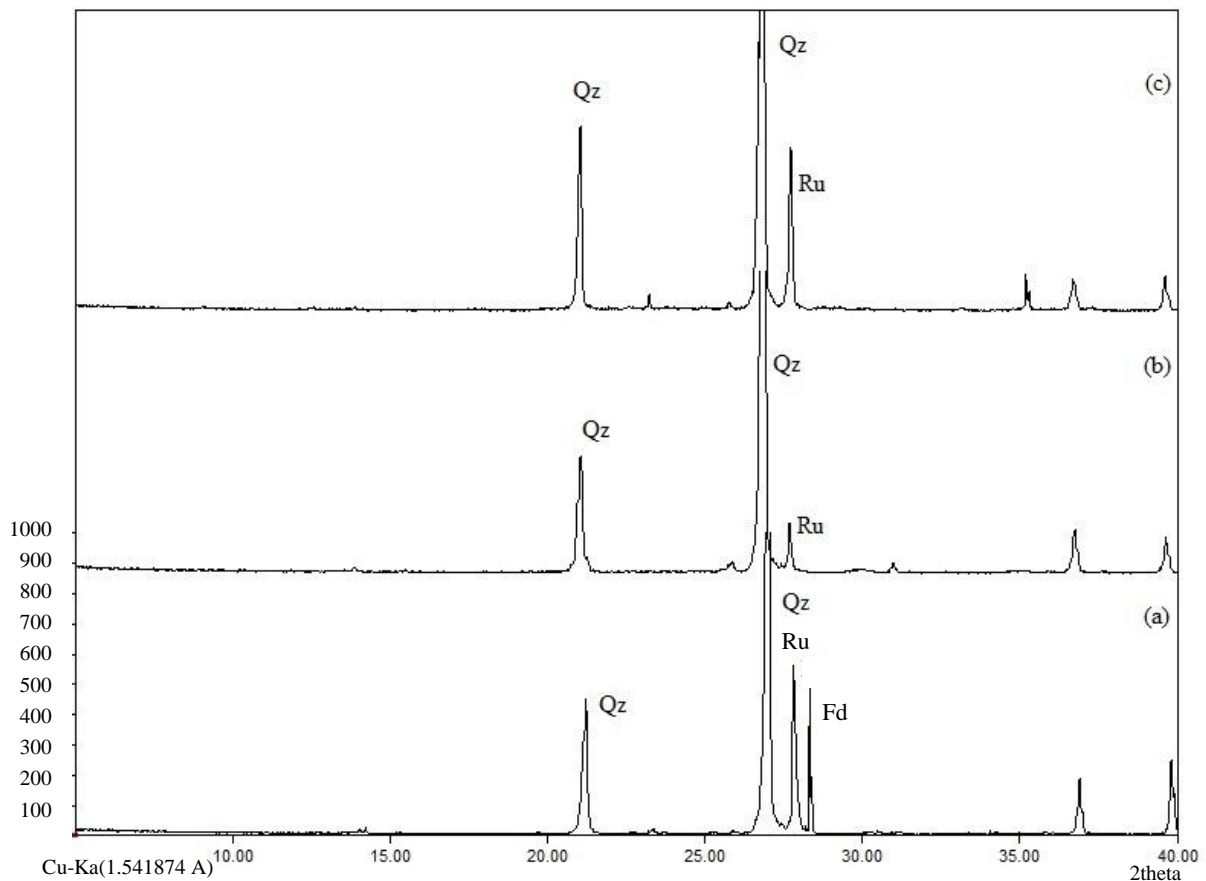
encontrados em Silva (2012), Amaral (2000), Nascimento et al. (2013), caracterizando solos com caráter sálico. O perfil PD15 apresentou valor de $4,5 \text{ dSm}^{-1}$ no horizonte A característico de solos com caráter salino.

5.3 Difratomia de raio-X

Para as análises de difratometria de raio-X (DRX), foram selecionados os horizontes diagnósticos subsuperficiais e horizontes superficiais dos solos mais representativos da planície do Delta do Parnaíba. As análises das frações areia apresentaram uniformidade, compostos predominantemente pelo mineral quartzo, característicos do material de origem ocorrentes de transgressões marinhas, em função da proximidade a costa, através do transporte de sedimentos.

Nos difratogramas de raio-X da fração areia, associados ao mineral quartzo, observou-se discretas presenças do mineral rutilo, no horizonte A do perfil PD02; horizonte Cg do perfil PD06; horizonte Cg do perfil PD08 e Feldspato no horizonte A do perfil PD02 (figura 10). Nas demais amostras apenas concentrações de quartzo.

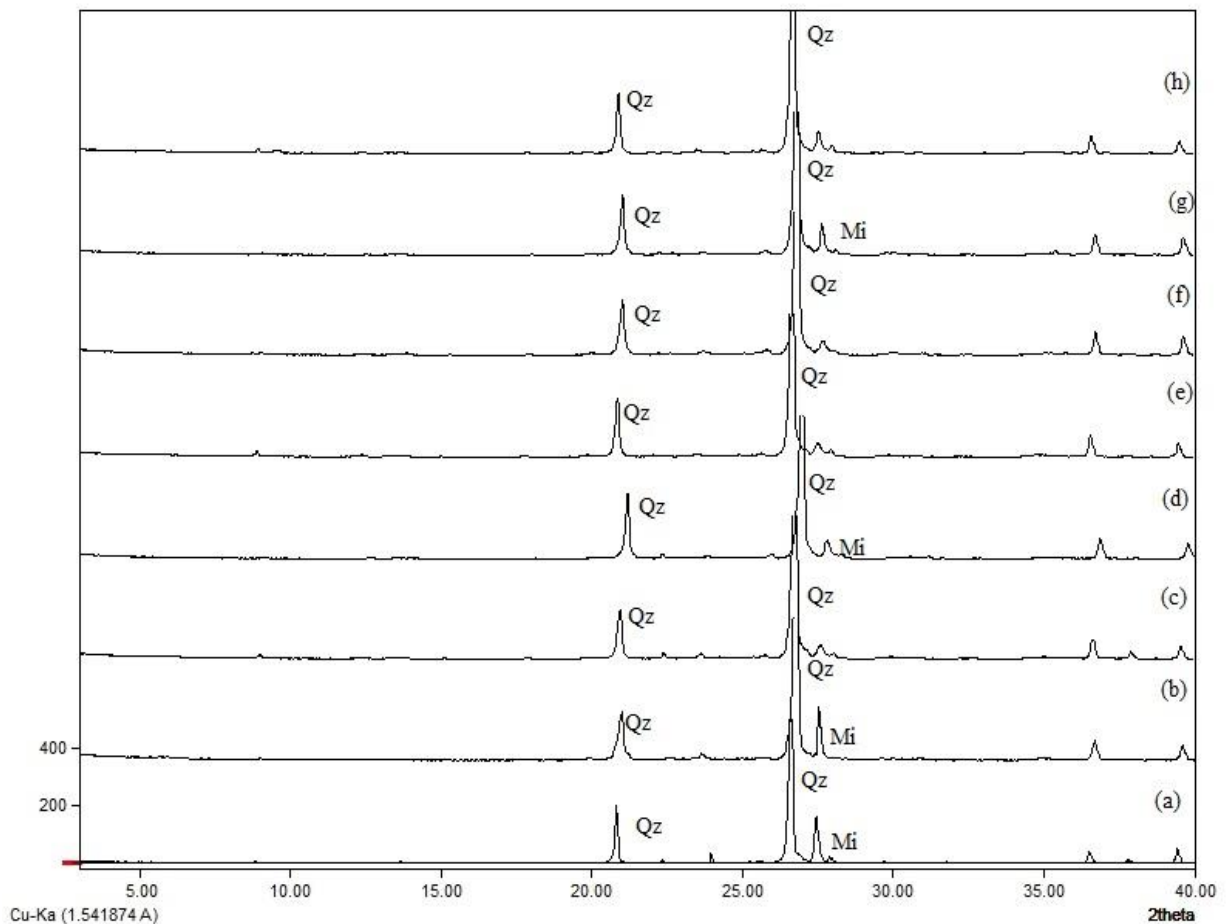
Figura 10: Difrátograma de raio-x da fração areia dos horizontes e perfis de solos formados na Planície do Delta do Parnaíba. Sendo(a) horizonte A do perfil PD02 (b) horizonte Cg do perfil PD06 e (c) horizonte Cg do perfil PD08. Onde Qz: Quartzo, Ru: Rutilo, Fd: Feldspato.



As semelhanças mineralógicas na fração areia também foram citados por Melo et al. (2002) através de amostras de sedimentos do Grupo Barreiras no município de Aracruz- ES; Duarte et al. (2000) em estudos dos solos dos tabuleiros costeiros do Estado do Espírito Santo; Silva (2012), com estudos dos solos de várzea do baixo Acaraú-CE e Diniz (2010), nos diferentes solos da região norte do Ceará, entre eles os Neossolos, Vertissolos e Planossolos.

A mineralogia da fração silte nos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos se assemelham aos encontrados na fração areia. Nas análises de DRX o quartzo revelou maior predominância nas amostras, por serem minerais mais resistentes ao intemperismo. Picos de mica são identificados nos horizontes Ap e C1 do perfil PD01; horizonte A do perfil PD02; horizonte A do perfil PD03; horizontes Ag e Cg1 do perfil PD05; horizontes Ag e Cg do perfil PD06 e horizonte Cg do perfil PD08 (figura 11).

Figura 11: Difratoograma de raio-x da fração silte dos horizontes e perfis de solos formados na Planície do Delta do Parnaíba. Sendo (a) o horizonte Ap e (b) o C1 do perfil PD01; (c) o horizonte A do perfil PD02; (d) o horizonte A do perfil PD03; (e) horizontes Ag e (f) o Cg1 do perfil PD05; (g) o horizontes Ag do perfil PD06 e (h) o horizonte Cg do perfil PD08. Sendo Qz: Quartzo, Mi: Mica



Corrêa et al. (2003) nos Neossolo Flúvico e Vertissolo em solos da região das Várzeas de Sousa - PB, encontraram quartzo na fração silte dos solos e observou ainda a presença de picos de mica, sendo estes minerais algumas das principais fontes de K^+ , Na^+ e Ca^{2+} . Gomes (2015), em Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos na Ilha do Cardoso - SP sob vegetação de restinga, observou a presença de quartzo em todas as amostras estudadas e mica em apenas dois perfis. Em Ilhéus-BA, Gomes (2002), também em Espodossolos sob vegetação de restinga, e Gleissolos sob vegetação de mangue encontrou predominantemente o mineral quartzo, picos de mica, caulinita, feldspato e anatásio.

A mineralogia da fração argila (figuras 12 e 13) nos horizontes analisados apresentaram características bastante diversificadas, com minerais semelhantes entre alguns perfis. Estas características podem ser interpretadas como condição herdada do material de origem, bem como da deposição de épocas pretéritas, nas transgressões marinhas, e o transporte de sedimentos trazido pelo fluxo dos rios para o oceano ou vice-versa. Ou no caso das argilas 2:1 expansíveis, o ambiente de planície com acúmulo de bases e sílica favorece a sua formação (CORRÊA, et al., 2003; FERREIRA et al., 2016).

Resende et al. (2005), conceituam que as esmectitas na categoria de argilominerais expansivos, são mais comuns nos solos brasileiros. A sua origem baseia-se nas alterações de micas, decomposição de rochas básicas em estágios pouco acentuado de intemperismo, deposições de sedimentos ricos em bases, além de aporte suficiente em Si^{4+} e Al^{3+} para formação de sua estrutura, restrições de drenagem que impediriam ou retardariam a saída de bases ou sílica do sistema. De forma geral é necessário que haja disponibilidade de sílica e bases (Ca e Mg) em solução para sua formação. No Nordeste do Brasil, a ocorrência e persistência da esmectitas nos solos está associada a um clima seco e a um suprimento limitado de água, o que previne a dessilicação.

As esmectitas foram encontradas na fração argila, com textura franco arenosa ou mais fina, em todos os horizontes dos perfis estudados, tendo picos mais acentuados no horizonte Ag, Btv1 e Btv2 do perfil PD03, horizonte Ag e Cg do perfil PD06, horizonte A e Btg do perfil PD07 e horizontes A e Bv do perfil PD12. Dados semelhantes foram detectados em trabalhos de Ferreira et al. (2016), em Cambissolos, Neossolos e Luvisolos da Chapada do Apodi. A esmectita no solo é herdada do material original ou derivada da descontinuidade litológica, isto é, variações nos sedimentos (SILVA, 2012).

Souza Júnior et al. (2007), em estudos sobre solos e ambientes de sedimentação em manguezais do Estado de São Paulo, onde a mineralogia da fração argila dos solos é formada

por esmectita, mica, caulinita, gibbsita, goethita, quartzo e feldspato. manguezais distribuídos ao longo do litoral do estado.

Dentre os horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais estudados, foi possível identificar os minerais filossilicatos como a esmectita (Em,) comum em solos tropicais, favorecidos em terrenos planos, como nos terraços fluviais da planície Deltaica, estes minerais em grandes teores provocam no solo comportamentos de plasticidade e pegajosidade elevados, principalmente nos minerais 2:1, com caráter expansível (KAMPF et al., 2012 RESENDE et al., 2005).

A caulinita (Ct) está presente em todos os horizontes dos perfis estudados. É o argilomineral mais comum e abundante nos solos brasileiros, sua frequência, se dá devido à grande variedade de sua formação com os materiais de origem, tem propriedades de expansibilidade, menor plasticidade e a capacidade de retenção de água (KAMPF et al., 2012). Corrêa et al. (2003) verificaram um aumento de caulinita e diminuição de esmectita na direção dos horizontes superficiais dos perfis estudados, resultado da intemperização das esmectitas, formando caulinita.

Albuquerque et al. (2014), relatam que solos das planícies de maré hipersalinas no Ceará, denominadas apicum, possuem em sua predominância fração areia, com presença de argilas de alta atividade e fração argila compreendendo caulinita, ilita e esmectita, indicativa de uma pedogênese associada à adição superficial de material mineral.

A mica (Mi), que também é um mineral filossilicatado do tipo 2:1, não está presente em todas as amostras estudadas, no solo é originada do próprio material de origem ou pode ser formada da alteração de muscovita pelo intemperismo (KAMPF et al., 2012). Na presença da fração argila do solo normalmente sofre perda parcial do potássio da sua estrutura, com a liberação de potássio, podem vir a constituir uma importante fonte de nutriente para as plantas. (RESENDE et al., 2005). Picos de mica foram verificados nos trabalhos de Corrêa et al. (2008) em Neossolos Flúvicos e Vertissolos.

Figura 12: Difratoograma de raio-x da fração argila dos horizontes e perfis de solos formados na Planície do Delta do Parnaíba. Sendo (a) o horizonte C1 do perfil PD01; (b) horizonte A do perfil PD02; (c) o horizonte C2 do perfil PD02; (d) o horizonte A do perfil PD03; (e) o horizonte Btv1 do perfil PD03 e (f) horizonte Btv2 do perfil PD03. Sendo; Qz: Quartzo, Mi: Mica, Gb: Gbbsita, Cl: Calcita, Gt: Goethita, Hm: Hematita, Fh: Ferrihidrita, Ct: Caulinita, Em: Esmectita, Hl: Halita, Tr:Trona.

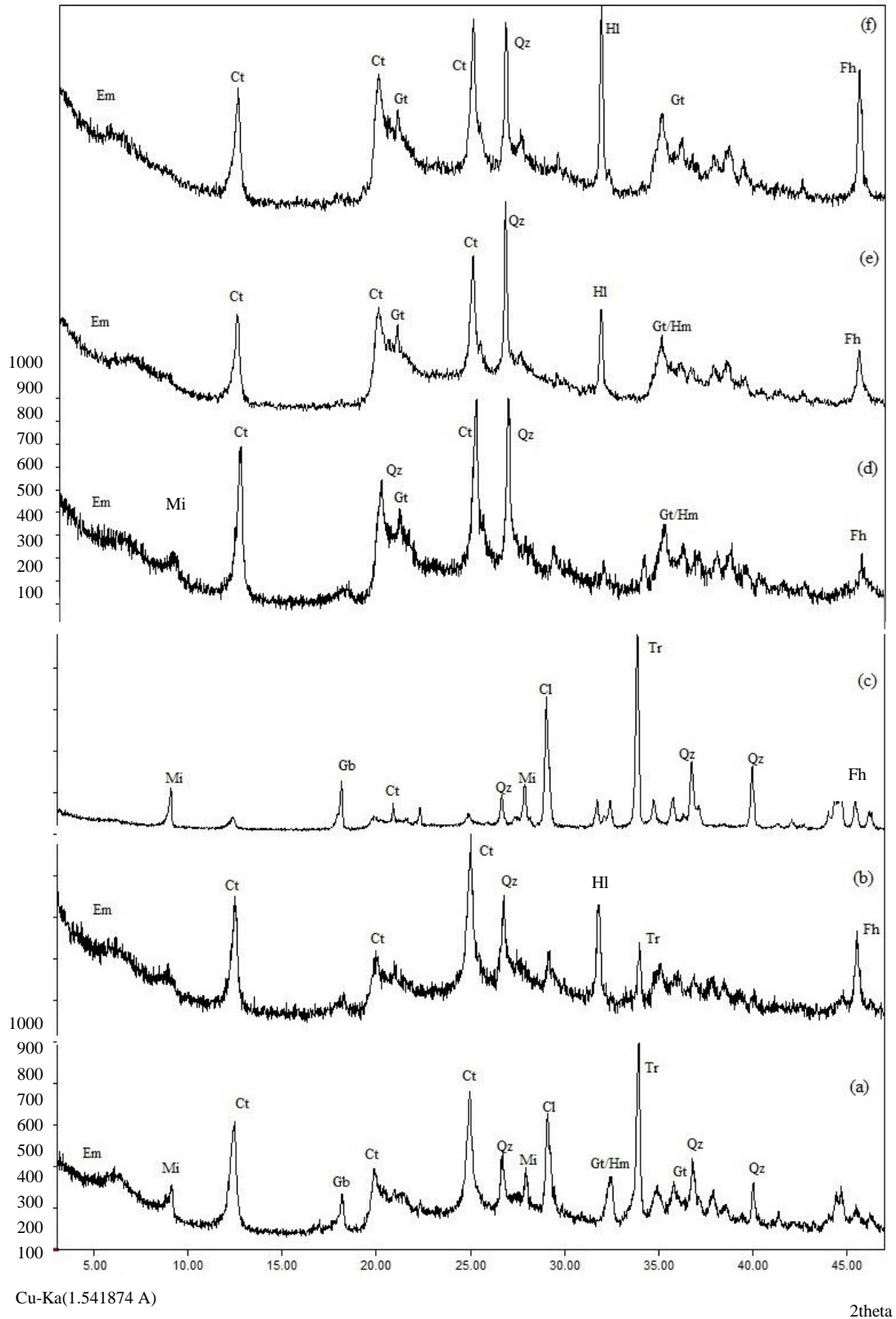
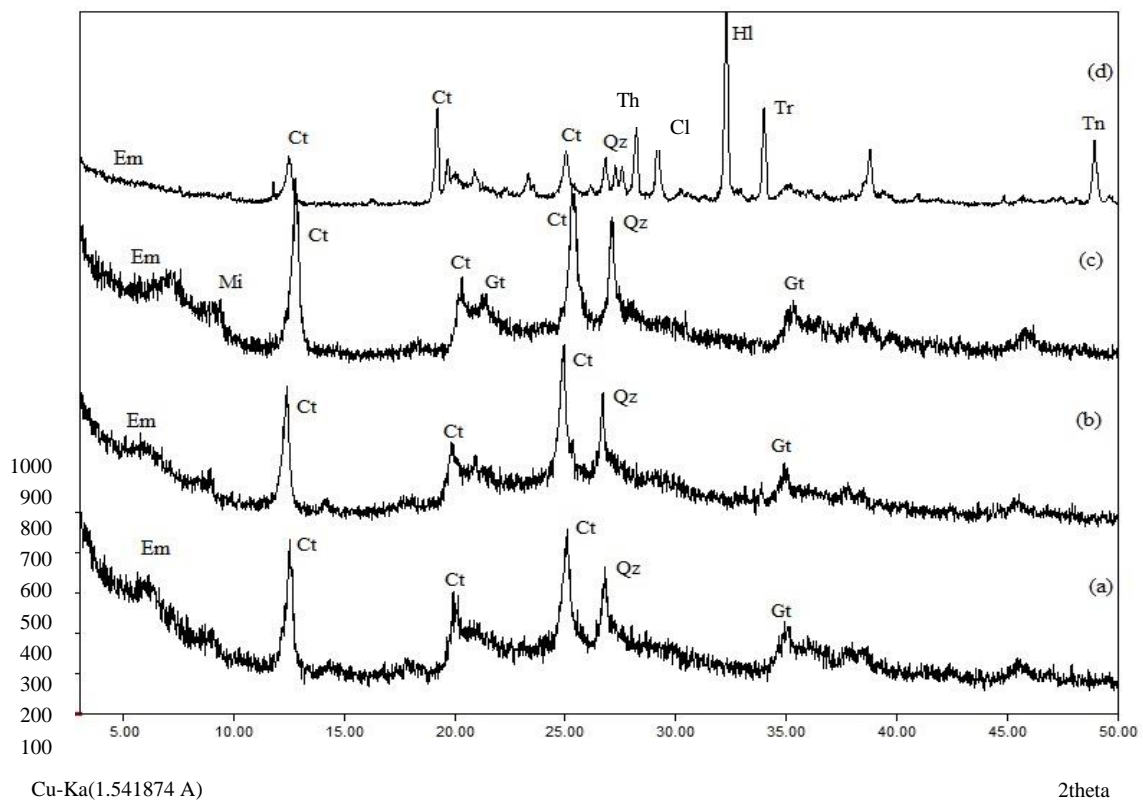
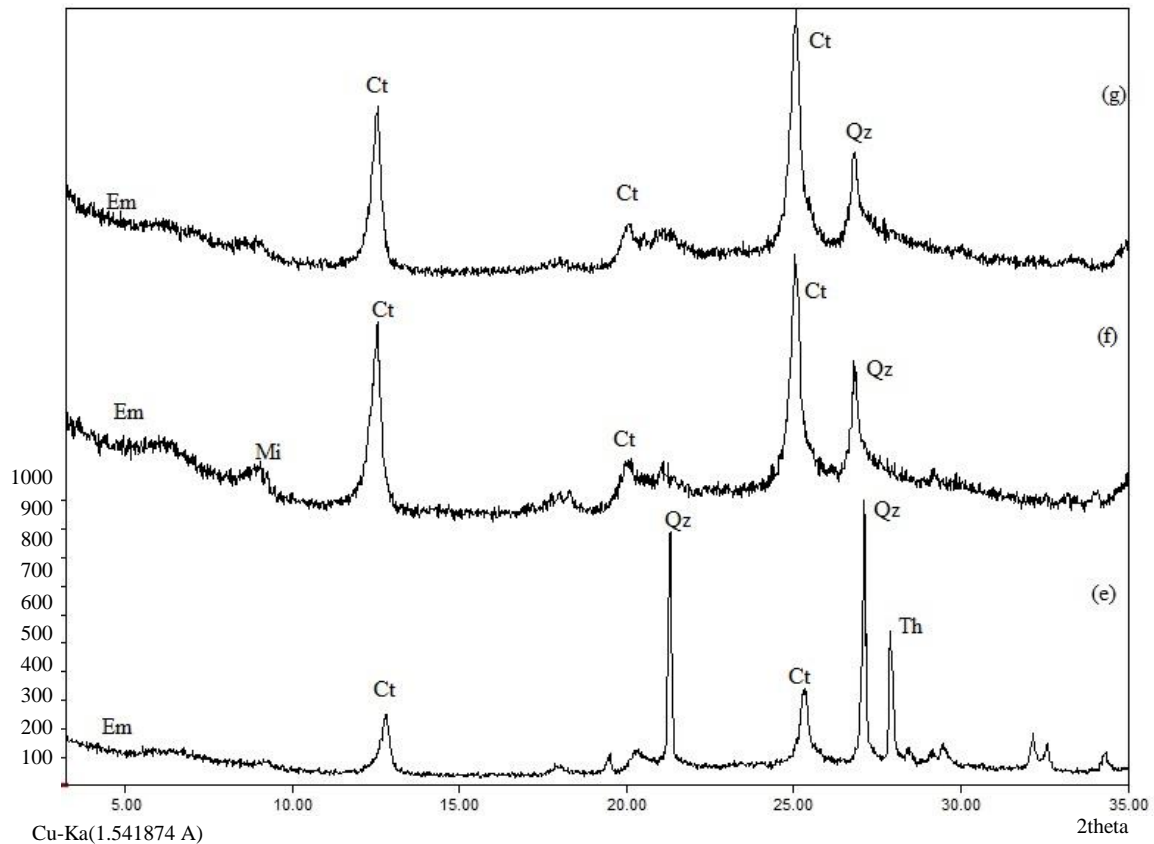


Figura 13: Difratoograma de raio-x da fração argila de horizontes e perfis de solos formados na Planície do Delta do Parnaíba. Sendo (a) o horizonte A do perfil PD06; (b) horizonte A do perfil PD07; (c) o horizonte Btg do perfil PD07; (d) o horizonte Cgj do perfil PD07; (e) o horizonte Cg do perfil PD08; (f) horizonte A do perfil PD12 e (g) horizonte Bv do Perfil PD12. Sendo; Qz: Quartzo, Mi: Mica, Gt: Goethita, Hm: Hematita, Ct: Caulinita, Em: Esmectita, Hl: Halita, Tr: Trona, Th: thermonatrita, Tn: Thenardita, Cl: Calcita.



O quartzo também está presente em todas as amostras estudadas, é o óxido de silício mais abundante nos solos, as características do quartzo dependem da sua textura mais fina ou mais grosseira, possui um baixo poder de retenção para a água, é permeável, quase sem plasticidade, com a química relativamente inerte (KAMPF et al., 2012).

Trabalhos semelhantes como o de Gomes (2005), sob vegetação de restinga na Ilha de Cardoso-SP em Neossolos Quartzarênicos e Espodossolo e Carvalho et al. (2013) em Espodossolos do estado da Paraíba e Pernambuco, destacaram o predomínio de quartzo e caulinita em todas as amostras estudadas. Na fração argila de Espodossolos sob vegetação de restinga na Bahia, Gomes (2002) observou presença de caulinita, quartzo, mica e esmectita.

A halita presente nas amostras é representativa do grupo dos haloides, denominada de cloreto de sódio, ocorreram pela evaporação de fluidos salinos, principalmente em áreas de manguezais, sedimentos por evaporação de fluidos salinos (BERRÊDO et al., 2008). Foram observados cristais de halita em Organossolos e Gleissolos Tiomórficos em planícies, no litoral de São Paulo (PRADA-GAMERO et al., 2004). Berrêdo et al. (2008) em análises de sedimentos da Formação Barreiras e solos derivados de fontes terrígenas, e os sedimentos de manguezal em estuário do rio Marapanim (Pará), observaram picos de halita nos horizontes, porém em profundidade, assim como os encontrados no Delta do Parnaíba, nos horizontes Btv2 do perfil Pd03 e Cgj do perfil PD07 (figura 1).

Schwertmann et al. (1982) em estudos sobre a Ferrihidrita através da DRX, o descreveram como um óxido de ferro pouco cristalino, que ocorre em solos hidromórficos de climas tropicais e subtropicais úmidos. Sua identificação em solos é complicada devido a sua associação com a goethita e hematita.

Os minerais representativos do grupo dos óxidos de ferro, foram a goethita (Gt), responsável pela coloração amarelada dos solos, a hematita (Hm) cores vermelhas, presentes na fração argila do horizonte C1 do perfil PD01, horizontes A, Btv1 e Btv2 do perfil PD03, horizonte A do perfil PD06 e horizontes A e Btg do perfil PD07. Segundo Corrêa et al (2008) essas variações de cor, forma e constituição, podendo apresentar alumínio (Al), além de Fe, oxigênio e hidrogênio. Essa substituição de Fe por Al, comum nas goethitas e hematitas, ocorrem de forma natural principalmente em clima tropical. Outros óxidos de ferro como a ferrihidrita (Fh) de cores bruno avermelhadas, formam -se em ambientes que ocorrem a gleização, em canais de raízes ou parede de drenos.

A gibbsita (Gb) representativa do grupo dos óxidos de alumínio permite uma maior permeabilidade à água e maior resistência à erosão, os estudos destes mesmos óxidos podem ser encontrados no trabalho de Corrêa et al. (2008).

Souza Júnior et al. (2007), relata que os óxidos de ferro, como a goethita, são instáveis nas condições de pH e que embora a goethita tenha sido encontrada em solos de manguezais, esta não permanece por muito tempo e sua presença está relacionada à chegada de sedimentos mais recentes no estuário. Em seus estudos sobre solos e ambientes de sedimentação em manguezais do Estado de São Paulo na fração argila encontrou picos de goethita, gibbsita, bem como mica, esmectita, quartzo e caulinita.

A Ferrihidrita apresentou picos na fração argila no horizonte A do perfil PD02; A, Btv1 e Btv2 do perfil PD03. A Gibbsita apresentou picos no horizonte C1 do perfil PD01; C2 do perfil PD02. A Goethita com picos no horizonte C1 do perfil PD01; A do perfil PD02; A, Btv1 e Btv2 do perfil PD03; Ag do perfil PD06; A e Btg do perfil PD07; A e Bv do perfil PD12.

No grupo dos carbonatos, foi identificada a calcita (Cl), formada por processos orgânicos e inorgânicos. Ferreira et al. (2016), retratam que a calcita também é herdada de carbonatos do material de origem. A presença deste mineral na área de estudo, pode ser definida pelos processos de transgressão marinha em épocas pretéritas, resultante da deposição de grandes camadas de material calcário, sob a forma de carapaças e esqueletos de animais em fundo marinhos. Calcita foi identificada em todos os horizontes de três perfis de solo do planalto do Apodi, sendo classificados como Neossolos, Cambissolos e Luvisolos em trabalhos de Ferreira et al. (2016)

Furquim (2007) em trabalhos sobre os solos sódicos do Pantanal Mato-Grossense encontrou picos de calcita na fração argila do solo. Nos solos do Delta esses picos foram analisados nos horizontes C1 do perfil PD01; C2 do perfil PD02.

Em menores proporções foram identificadas a presença dos carbonatos thermonatrita, trona e thenardita. Thermonatrita e trona, também encontrados em estudos de Viana (2014), podem estar associados aos evaporitos da bacia do Parnaíba. Esses dados podem ser confirmados nos estudos de Milani et al. (2007), Dias-Brito et al. (2007), onde afirmam que estas formações ocorreram em contexto de ambientes marinhos rasos restritos, costeiros e continentais, em clima árido, em épocas da Formação Pedra de Fogo.

Esses minerais caracterizados como sais solúveis que se cristalizam na parte externa de materiais, tendem a ser originados durante o processo de formação do solo ou então trazidos por movimentos de águas subterrâneas (VIANA, 2014). Na área de estudo podem ser característicos das correntes de maré nas regiões de mangue do Delta do Parnaíba.

Em estudos sobre a dinâmica temporal da salinidade de lagoas salinas na Espanha, Florín Beltrán (1994) afirma que em ambientes quentes de alta evaporação, ocorrem a presença de trona, thermonatrita e thenardita.

No Delta do Senegal e vale médio Barbiero et al. (2004) relatam da eflorescências salinas na superfície do solo e em duna de argila compostas principalmente de halita e thenardita. Mohamedou et al. (2002) em estudos do vale do rio Senegal, relatam que em países áridos ou semiáridos, sob o efeito de alta salinidade, em certa faixa de textura dos horizontes superficiais e em condições periódicas de inundação, observa-se a formação de uma estrutura cristalina na superfície do solo, causado pela rápida cristalização de sais evaporitos.

Thenardita e halita foram identificadas em áreas com influência da maré no vale do rio Senegal. Na área de estudo foram identificados os minerais trona no horizonte C1 do perfil PD01; no horizonte C2 do perfil PD02 e Cgj do perfil PD07. Thermonatrita apresentou pico no horizonte Cg do perfil PD08. Thenardita foi identificada no horizonte Cgj do perfil PD07.

A ocorrência do mineral trona e thermonatrita, foram relatados em trabalhos de Datta et al. (2002), em solos alcalinos da Planícies Indo-gangética, uma planície de inundação do rio Ganges, no norte da Índia. A ocorrência foi notada durante precipitações consideráveis seguida de evaporação rápida, além de altas taxas de salinidade e alcalinidade nos solos, formando os minerais na forma de eflorescência na parte superficial arenosa do solo.

5.4 Classificação dos solos da planície do Delta do Parnaíba

Com os resultados das análises morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas expressos na metodologia deste trabalho e com a denominação de atributos diagnósticos, classificou-se os solos até o 4º nível categórico, seguindo os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos solos - SiBCS (EMBRAPA, 2013), bem como propôs-se rever novas classificações a classe dos subgrupos, devido ao maior número de características acessórias que estes solos apresentam (Quadro 4). As explicações para estas propostas de classificação serão explanadas individualmente no decorrer do texto.

Foram identificadas as seguintes ordens de solos: Cambissolos, Espodossolos, Gleissolos, Planossolos, Neossolos e Vertissolos. A figura 14 apresenta o mapa com os perfis de solos coletados, bem como os pontos de observações, que ajudaram na definição das unidades de mapeamento.

Quadro 4: Classificação dos solos segundo SiBCS e proposta de classificação dos solos segundo os autores da planície do Delta do Parnaíba-PI

| PERFIL | CLASSIFICAÇÃO SiBCS | PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO |
|---------------|--|--|
| PD01 | NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | - |
| PD02 | NEOSSOLO FLÚVICO Sódico típico | - |
| PD03 | PLANOSSOLO NÁTRICO Sáfico neofluvissólico | - |
| PD04 | NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico | NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico sódico |
| PD05 | GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico | - |
| PD06 | GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico neofluvissólico | - |
| PD07 | GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico | GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico neofluvissólico |
| PD08 | GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico | - |
| PD09 | NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico | NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico sáfico sódico |
| PD10 | ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico | ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico sódico |
| PD11 | ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico | ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico neofluvissólico e sódico |
| PD12 | VERTISSOLO HÁPLICO Sódico típico | - |
| PD13 | GLEISSOLO HÁPLICO Sódico neofluvissólico | - |
| PD14 | GLEISSOLO HÁPLICO Sódico neofluvissólico | - |
| PD15 | CAMBISSOLO FLÚVICO Sódico salino | CAMBISSOLO FLÚVICO Sódico vertissólico e salino |

Os perfis PD01 e PD02 foram caracterizados como Neossolos Flúvicos no primeiro e segundo níveis categóricos, são solos minerais pouco evoluídos, formados a partir de depósitos aluviais recentes. O perfil apresenta camadas estratificadas, com variações irregulares de granulometria em profundidade, o que exemplifica se olharmos os dados de silte, areia e argila dos dois perfis, outra característica evidenciada é a distribuição irregular do conteúdo de carbono orgânico, com valores iniciais de $2,32 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte Ap1, tendo um decréscimo no horizonte C1 ficando com $0,10 \text{ g kg}^{-1}$ e elevando para $4,94 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte C2. O mesmo acontece no perfil PD02, sendo estas usadas para identificar o caráter flúvico.

O perfil PD01 (figura 15) é caracterizado como Ta Eutrófico no terceiro nível categórico, já que possui uma alta saturação por base ($V \geq 50\%$), com valores maiores que 79% e por apresentar um solo com argila de atividade alta, podendo ser verificado nos gráficos de DRX da fração argila (figura 12), os argilominerais do grupo das esmectitas 2:1. O perfil PD02 apresentou horizontes com caráter sódico ($PST > 15\%$, dentro dos 120 cm), o caracterizando como Sódico no 3º nível categórico. Ambos se enquadram como típico no 4º nível categórico.

Figura 14: Mapa dos perfis de solos e pontos de observação de solo da planície do Delta do Parnaíba.

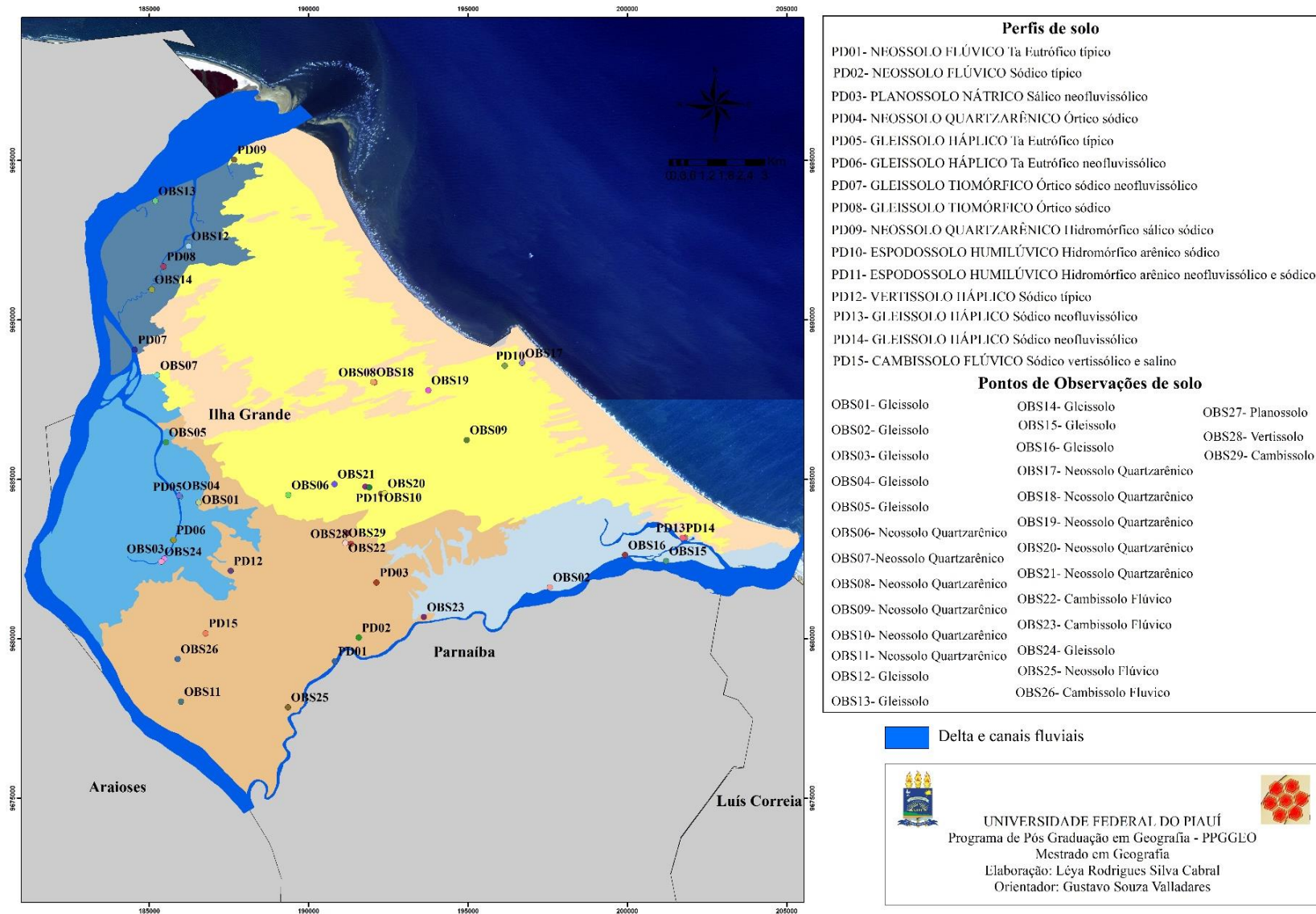
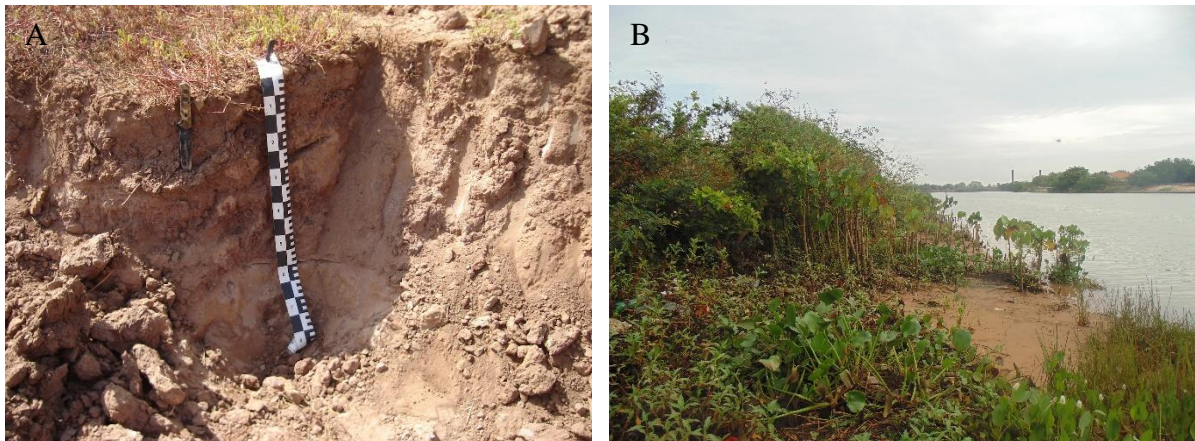


Figura 15: Solo caracterizado como Neossolo Flúvico. Sendo (A) Perfil de solo PD01 e (B) Paisagem do Perfil PD01.



Fonte: Valladares, 2016

No perfil PD03 (figura 16) foi identificado um horizonte subsuperficial B, com mudança textural abrupta. Esta característica, associada às cores com predomínio de matiz 10YR e 7,5YR com valores de croma 4, como estrutura prismática e drenagem imperfeita, permitiram diagnosticar o horizonte B plânico, caracterizando o perfil como Planossolo no 1º nível categórico.

O perfil apresentou caráter sódico imediatamente abaixo do horizonte A, com valores PST de 29,5% e 28,8%, caracterizando o solo com Nátrico no 2º nível. No terceiro nível categórico, como sálico, por apresentar valor de CE maior que 7 dS m^{-1} em todos os horizontes, com valores de $15,08 \text{ dS m}^{-1}$; $15,57 \text{ dS m}^{-1}$; $18,35 \text{ dS m}^{-1}$ nos horizontes A Btv1 e Btv2, respectivamente.

A classificação no 4º nível categórico diferente do SiBCS como neofluvissólico surge devido ao solo apresentar caráter flúvico dentro de 120 cm da superfície do solo. Para haver um caráter flúvico o solo deve ser formado sob forte influência de sedimentos da natureza aluvionar ou colúvio-aluvionar. O solo em questão apresenta uma variação irregular granulométrica em profundidade, que pode ser percebido na descontinuidade da fração areia no horizonte A para o Btv1, caracterizando um dos requisitos deste caráter.

Figura 16: Solo caracterizado como Planossolo Nátrico. Sendo (A) Perfil de solo PD03 e (B) Paisagem do Perfil PD03.



Fonte: Valladares, 2016

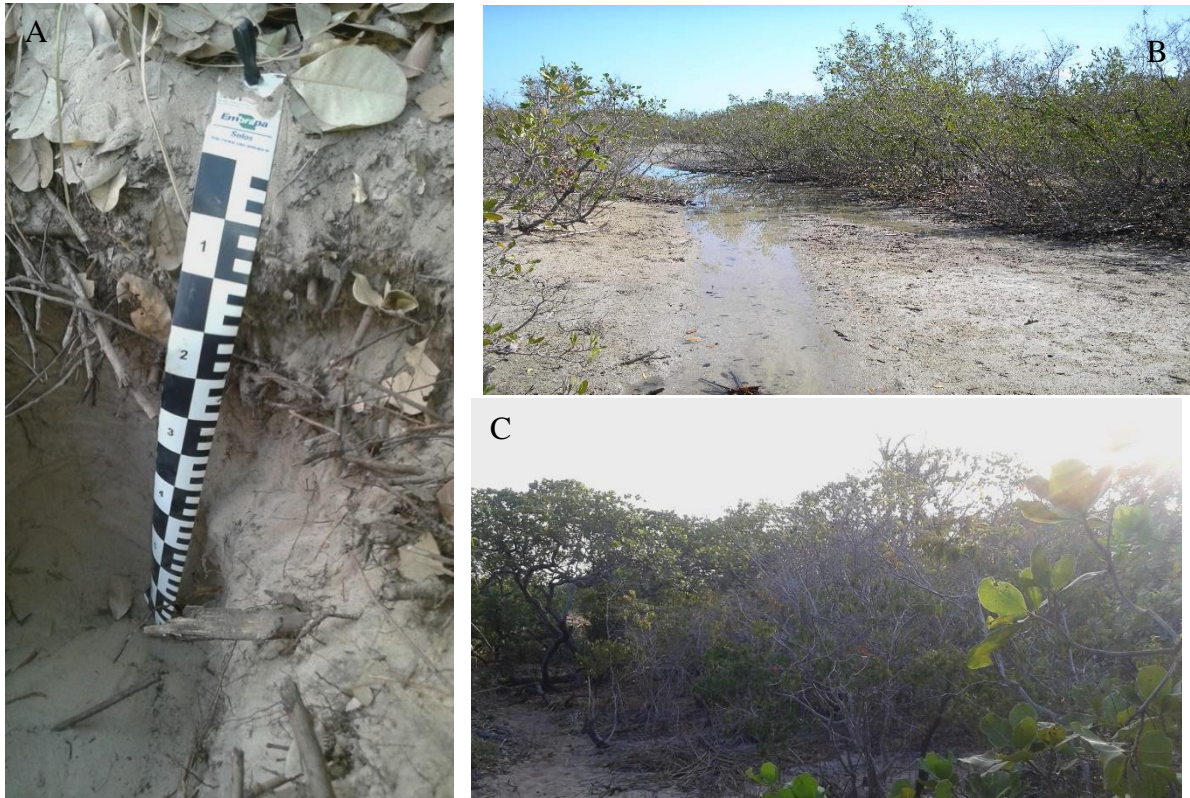
Os perfis PD04 e PD09 são caracterizados com Neossolos Quatzarênicos (figura 17), estes não apresentam contato lítico dentro dos 50 cm de profundidade, com sequências A-AC-C e A-C1-C2, respectivamente. A textura é arenosa em todos os horizontes, com estrutura de grão simples e maciça. Apresentaram o mineral quartzo como predominante em todas as suas frações, de acordo com as análises de difração de raio-x.

No 3º nível o perfil PD09 é classificado como Hidromórfico devido a presença do lençol freático a 80 cm de profundidade, durante todo o ano, e matiz de 2,5YR com croma 3 e 2 na sequência dos horizontes. O perfil PD04 por não se enquadrar na classe hidromórfica, é classificado como Órtico.

O enquadramento do 4º nível categórico para o perfil PD04 e 5º nível para o perfil PD09 como sódico surgem devido aos solos serem enquadrados apenas como típico nos níveis descritos pelo SiBCS, sendo que os perfis em questão apresentam características suficientes para melhores descrições. As características que esses solos apresentam são de teores de PST acima de 15%, onde no perfil PD09 apresentaram valores de 67, 7% e 40,2%, respectivamente nos horizontes A, C1 e C2, particularidade do caráter sódico.

Para o subgrupo do perfil PD09, foram encontrados altos valores de condutividade elétrica no extrato de saturação maiores que 7 dS m^{-1} , dentro dos 120 cm a partir da superfície do solo, com valores de C.E: $12,47 \text{ dS m}^{-1}$; $9,39 \text{ dS m}^{-1}$ e $7,59 \text{ dS m}^{-1}$, nos horizontes respectivamente.

Figura 17: Solos caracterizados como Neossolo Quartzarênico. Sendo (A) Perfil de solo PD04; (B) Paisagem do perfil PD09 e (C) paisagem do perfil PD04.

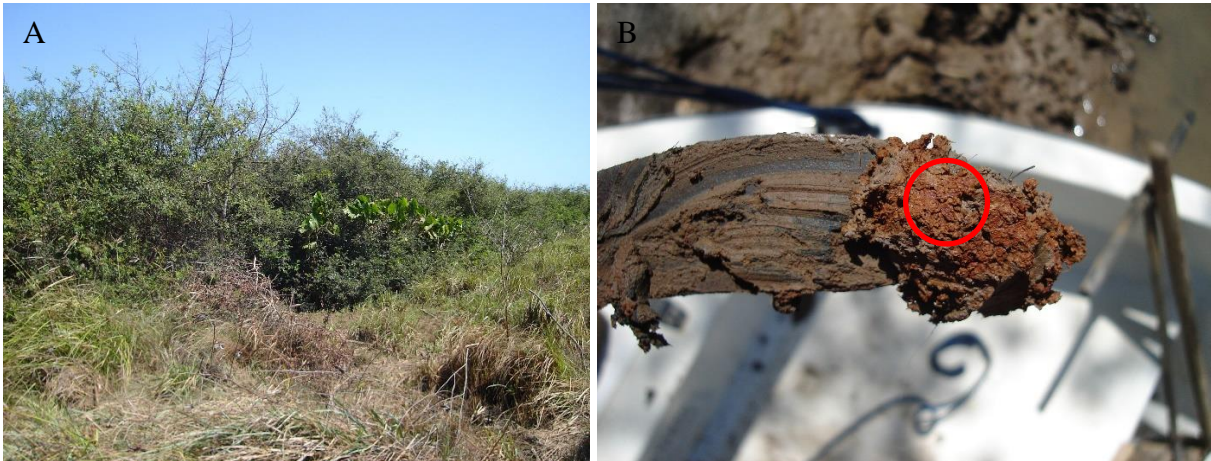


Fonte: Valladares, 2016

Os perfis PD05, PD06, PD07, PD08, PD13 e PD14, têm como classificação no 1º nível categórico os Gleissolos, compreendidos como solos minerais, hidromórficos, com redução e ferro e prevalência de estado reduzido, devido à estagnação da água por influência do lençol freático, o horizonte glei dos perfis estudados são de horizontes C. Apresentam mosqueado ou variegado (figura 18), podendo admitir qualquer matizes e valores, desde que o croma seja menor ou igual a 2.

Para o 2º nível categórico os perfis PD07 (figura 18) e PD08 foram caracterizados com Tiomórficos, por possuir um horizonte sulfúrico. Para ser caracterizado como um horizonte sulfúrico, o valor de pH em água deve ser de 3,5 ou menor, evidenciando a presença de ácidos sulfúricos, demonstrados pelos valores de pH de 2,8 e 2,9 no horizonte Cgj dos perfis supracitados respectivamente. O horizonte Cgj do perfil PD07 é formado pela oxidação de materiais orgânico, como restos de caules e raízes. Os materiais sulfídricos são resultantes de áreas encharcadas, acumulados em ambientes permanentemente saturados.

Figura 18: Solo caracterizado como Gleissolo Tiomórfico. Sendo (A) Paisagem do perfil PD07 e (B) representação do mosqueado do perfil PD07.



Fonte: Valladares, 2016

Os perfis PD05 (figura 19), PD06, PD13 e PD14 se enquadraram na subordem dos Háplicos.

Os perfis PD13 e PD14 são semelhantes em suas características, sendo caracterizados no 3º nível como sódico, por possuírem valores elevados de PST nos horizontes Cg1 e Cg2 (tabela 2), evidenciado pelo caráter sódico já descrito em perfis anteriores e o 4º categórico nível categórico como neofluvissólico, por apresentar características do caráter flúvico, sendo formados sob forte influência de sedimentos de natureza aluvionar, com descontinuidade na granulometria da fração areia e silte (tabela 1).

Os perfis PD05 e PD06 possuem argila de atividade alta, descritos nas análises de DRX, na fração argila do horizonte Ag e Cg1(PD05); Ag e Cg (PD06), os argilominerais do grupo das esmectitas 2:1 e saturação por base alta (V%) com valores superiores a 50% nos horizontes evidenciando a alta saturação de solos eutróficos, definido como Ta Eutrófico no 3º nível categórico. O subgrupo do perfil PD06 é caracterizado como neofluvissólico por apresentar caráter flúvico, dentro dos 100 cm, com descontinuidade na granulometria (tabela 1) e o PD05 como típico, por não se enquadrar nas classes do subgrupo.

Figura 19: Solos caracterizados como Gleissolo Háplico. Sendo (A) Perfil de solo PD05; (B) e (C) Paisagem e vegetação de mangue do perfil PD05.



Fonte: Valladares, 2016

Por não se enquadrarem em nenhum dos grandes grupos do nível dos Tiomórficos, os perfis PD07 e PD08, foram classificados como Órticos. No 4º nível categórico foram descritos como sódicos devido os valores de PST serem maiores ou igual a 15%, dentro dos 100 cm a partir da superfície do solo, chegando a 34,73 no horizonte AC do perfil PD08. Dentre as diferentes características que o solo apresentou, foi possível definir o 4º nível para o perfil PD07, representado pela família dos neofluvisólicos, devido ao solo apresentar caráter flúvico dentro de 100 cm a partir da superfície do solo.

O perfil possui um caráter flúvico por ser formado sob forte influência de sedimentos da natureza aluvionar. O solo em questão apresenta uma variação irregular granulométrica em profundidade, que pode ser percebido na descontinuidade da fração argila no horizonte A para o Btg (tabela 1), caracterizando um dos requisitos deste caráter.

Os perfis PD10 (figura 20) e PD11 (figura 21) possuem as mesmas características de solo, tendo as mesmas classificações até o 4º nível categórico. A classificação do 1º nível categórico dos perfis é de um Espodossolo, apresentando um horizonte B espódico, com acumulação iluvial de matéria orgânica humificada, combinada com alumínio, com cor cinzenta muito escuro (10YR 3/1) no horizonte Bh do perfil PD10 e no perfil PD11 o horizonte Bh de

cor preta (7,5YR 2,5/1), característica também para o 2º nível categórico como Humilúvico (figura 18).

Figura 20: Perfil de solo PD10 caracterizado como Espodosolo Humilúvico.



Fonte: Valladares, 2016

Dentro dos 100 cm há o afloramento do lençol freático, e um horizonte hístico soterrado (Hbod) de cor preta (N2,5/), com espessura de 15 cm, seguido de um horizonte Cgb, caracteriza o 3º nível como Hidromórfico. Para o 4º nível categórico, ambos foram classificados com Arênicos por possuírem textura arenosa, até os 100 cm de profundidade.

A classificação do 4º nível categórico vem da característica do perfil PD10, pois este apresenta valores de saturação por sódio (PTS %) \geq a 15% em todos os horizontes, valor este padronizados para distinção de solos com caráter sódico.

O perfil PD11 foi classificado na subordem como neofluvissólico e sódico. A justificativa para a classificação de neofluvissólico é devido o solo apresentar uma descontinuidade granulométrica em profundidade, caracterizando um dos requisitos deste caráter. Para o nível categórico sódico é destacado devido os horizontes apresentarem valores de saturação por sódio (PTS %) \geq a 15% nos horizontes A, E1, E2 e Bh (tabela 3), valor este padronizado para distinção de solos com caráter sódico (figura 21).

Figura 21: Solo caracterizado como Espodosolo Humilúvico. Sendo (A) Perfil de solo PD11; (B) Paisagem do perfil PD11.



Fonte: Valladares, 2016

A classificação do perfil PD12 foi de Vertissolo no 1º nível, devido às características vérticas apresentadas nos horizontes, com teores de argila de 483 g kg^{-1} nos primeiros 20 cm, o aparecimento de fenda vertical no período seco, devido a contração e expansão da argila, denomina a superfície de fricção (*slickensides*) (figura 22).

O perfil se enquadrou no 2º nível como Háptico. No 3º nível categórico, o mesmo foi classificado como sódico, por possuir um caráter sódico nos horizontes dentro dos 100 cm. E no 4º nível descrito como típico.

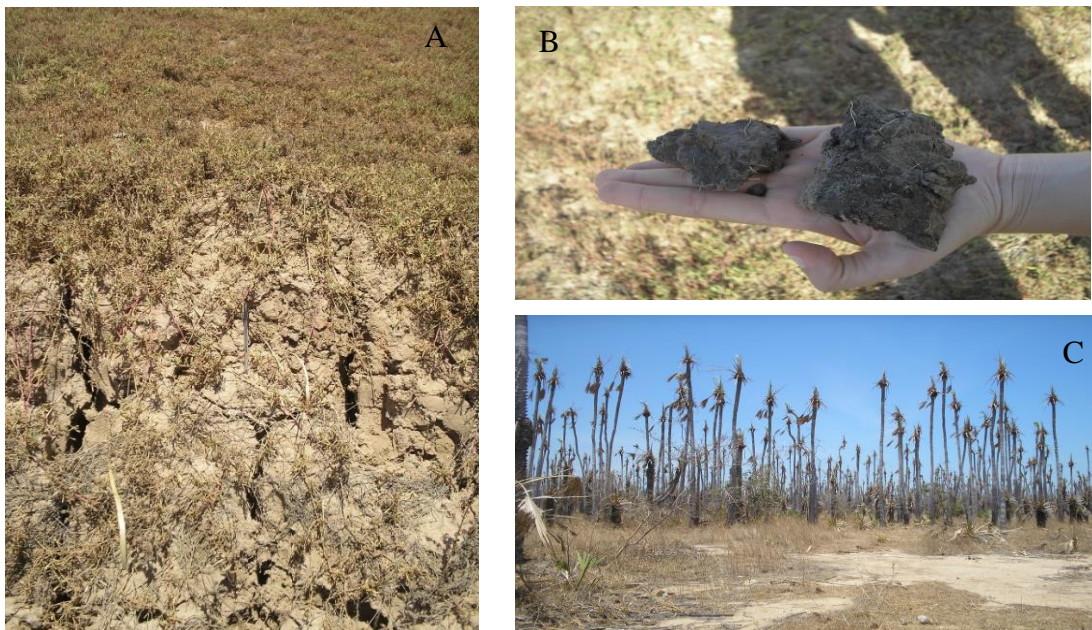
Figura 22: Solo caracterizado como Vertissolo Háptico. Sendo (A) Perfil de solo PD12 e (B) Paisagem do Perfil PD12.



Fonte: Valladares, 2016

O perfil PD15 foi classificado como Cambissolo no 1º nível categórico, sendo este constituído por material mineral com horizonte B incipiente, representado por Bv, subjacente ao horizonte A, com grau de desenvolvimento não muito avançado (figura 23). No 2º nível categórico o perfil é classificado como Flúvico, devido as variações irregulares de granulometria em profundidade, o que exemplifica se olharmos os dados de silte, areia e argila nos horizontes A e Bv, outra característica evidenciada é a distribuição irregular do conteúdo de carbono orgânico, com valores iniciais de 20,2 g kg⁻¹ no horizonte A, com um decréscimo no horizonte Bv ficando com 10,4 g kg⁻¹.

Figura 23: Solos caracterizados como Cambissolo Flúvico. Sendo (A) características vérticas do perfil PD05; (B) e (C) Paisagem do perfil PD15.



Fonte: Do autor, 2017

O perfil apresenta um caráter sódico por possuir saturação por Na > 15% e o pH em água é < 8,4, caracterizando o perfil como sódico no 3º nível categórico. O valor do ki (3,31) indica um solo pouco intemperizado. O solo apresenta uma alta saturação, com uma saturação por bases de 79%, sendo considerado um solo eutrófico.

A textura é argilosa/média, pois há uma variação de textura argilosa na primeira camada com a presença de argila em grande quantidade, diminuindo para mais da metade no segundo horizonte, com uma textura franco-siltosa. A consistência é muito dura quando seca, firme quando molhada e muito plástica e muito pegajosa quando úmida. O caráter vértico evidenciado em campo com a presença de fendilhamento e superfícies de compressão, fazem com que seja sugerido a classificação de vertissólico no 4º nível categórico e no 4º nível categórico

classificado como salino por apresentar valores de condutividade elétrica igual ou maior que 4 dSm^{-1} e menor que 7 dSm^{-1} , com valor de 4, 5 dSm^{-1} no horizonte A (figura 23).

5.5 Unidades de mapeamento dos solos

Após a classificação dos solos, foi realizado um mapa de solos de reconhecimento de alta intensidade (figura 25). A caracterização das unidades de mapeamento foi descrita juntamente com as unidades litoestratigráficas já identificadas nesse trabalho.

Na unidade litoestratigráfica dos *depósitos fluvioaluvionares (Qfa)* foram delimitadas as unidades de mapeamento:

SNo- Associação complexa de: PLANOSSOLO NÁTRICO Sílico neofluvissólico, textura média e média/argilosa + NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, textura indiscriminada + CAMBISSOLO FLÚVICO Sódico vertissólico salino, textura indiscriminada + VERTISSOLO HÁPLICO Sódico típico, textura argilosa, todos A moderado, fase relevo plano, não erodida e erodida, fase floresta tropical de várzea com carnaúba e sem carnaúba.

Esta unidade se configura na unidade litoestratigráficas dos depósitos fluvioaluvionares, área resultante de acumulação fluvial dos rios Parnaíba e Igaráçu, periodicamente alagadas, com material grosseiro compostos por areias e cascalho e fino composto por silte e argila, além de material orgânico, oriundo do Holoceno. Apresentam melhores condições de solos e de disponibilidade hídrica.

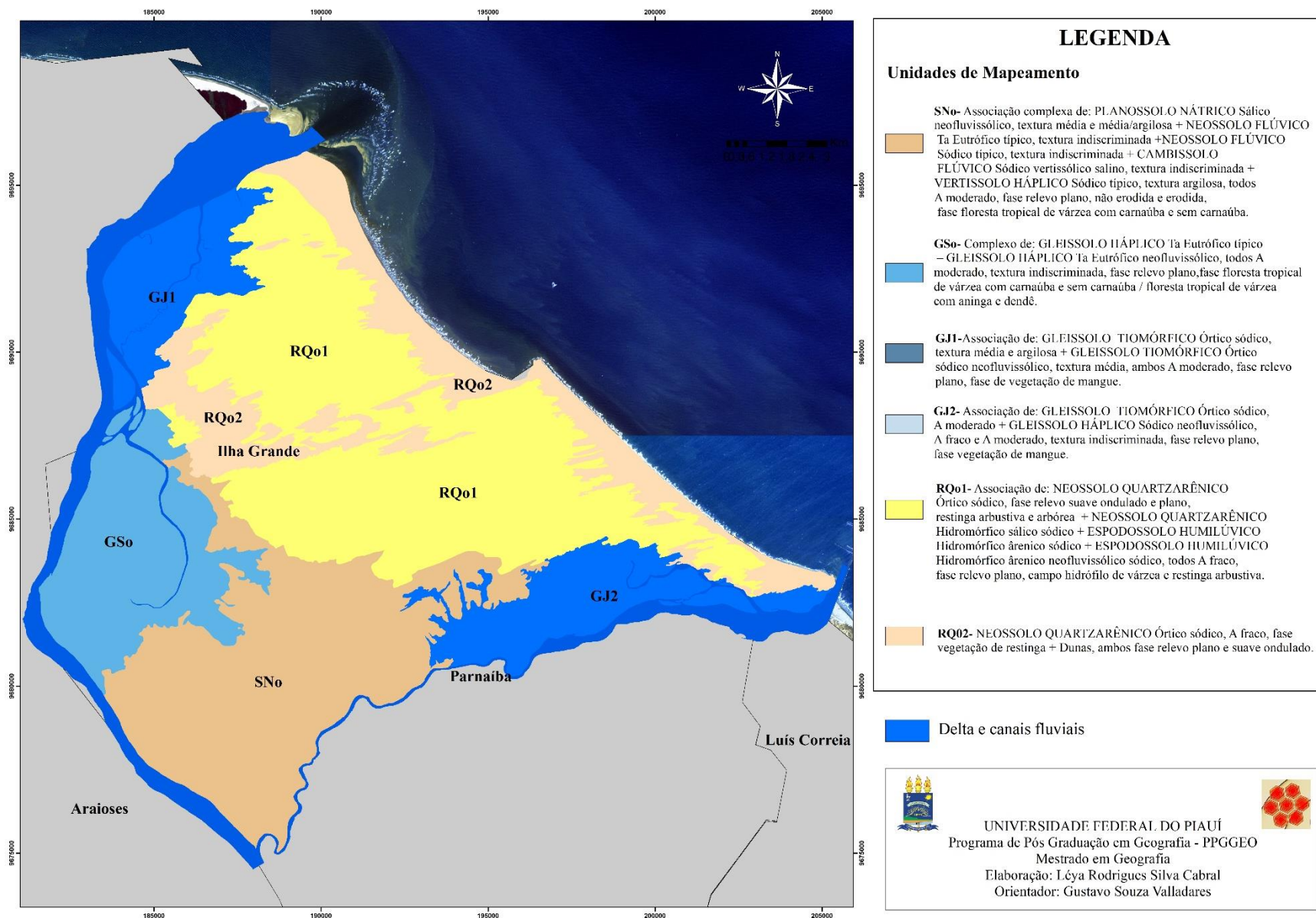
Os Neossolos Flúvicos dessa unidade foram coletados em terraços aluviais, nas proximidades do rio Igaráçu. O perfil PD01 (figura 24), coletado as margens do rio Igaráçu, localizada próximo a área urbana da cidade de Parnaíba, em um ambiente muito antropizado, apresenta uma vegetação mista com carnaúbas e áreas urbanizadas com vegetação mista, já o perfil PD02, coletado em um terraço aluvial, apresenta uma vegetação de campo com carnaúbas, ambos com relevo plano e drenagem moderada.

Figura 24: Paisagem representativa do Perfil PD01 inserido na unidade de mapeamento SNo



Fonte: Do autor (2017)

Figura 25: Mapa Pedológico da Planície do Delta do Parnaíba - PI.



Ainda nesta unidade caracterizou-se um Planossolo, coletado em uma área de relevo plano, com o uma vegetação nativa de carnaúbas, representando a fase erodida, com drenagem imperfeita (figura 26).

Figura 26: Paisagem representativa do Perfil PD15, caracterizado como Planossolo inserido na unidade de mapeamento SNo



Fonte: Do autor (2017)

O perfil PD12 caracterizado como Vertissolo Háplico está inserido na unidade litoestratigráfica dos depósitos fluvioaluvionares, coletado em uma área de relevo plano, com material originário de textura argilosiltosa, a vegetação é composta por campo aberto com vegetação herbácea, o solo é mal drenado. Estes solos possuem horizonte vértico, com alto teor de argilas expansivas (grupo da esmectitas) caracterizadas com fendilhamento em épocas secas, e muito plástica e pegajosa nas estações chuvosas (figura 27).

Figura 27: Paisagem representativa do Perfil PD12, caracterizado como Vertissolo Háptico inserido na unidade de mapeamento SNo



Fonte: Do autor (2017)

O Cambissolo coletado em relevo plano, inserido em vegetação predominante do tipo carrasco, composta por caatingas arbustivas, capoeiras e áreas de vegetação aberta com arbustos de pequeno porte, tendo a presença de carnaubais e pastagem, e solos mal drenados (figura 28). A área sofre ação antrópica por estar localizadas as proximidades do povoado Barro Vermelho.

Figura 28: Paisagem representativa do Perfil PD15, caracterizado como Cambissolo, inserido na unidade de mapeamento SNo



Fonte: Do autor (2017)

Os solos encontrados em ambiente de deposição de sedimentos fluvioaluvionares, que ocupam as porções costeiras, são comuns os processos de salinização, sodificação e caráter

sálico, podendo nestas áreas estarem drenadas nas estiagens e inundadas e até submersas no período das chuvas. Estes solos afetados por sais dificultam o uso agrícola, pois associada as práticas de irrigação, intensificam o processo de salinização e degradação destes solos e do ambiente.

GSo- Complexo de: GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico – GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico neofluvissólico, todos A moderado, textura indiscriminada, fase relevo plano, fase floresta tropical de várzea com carnaúba e sem carnaúba / floresta tropical de várzea com aninga e dendê.

O Gleissolo do perfil PD05 foi coletado na margem de um Igarapé, apresentando sedimentos muito argilosos, seu relevo local como regional é plano, apresentando vegetação de aninga associada a dendê, e vegetação paludosa arbustiva densa, com erosão não aparente, em solos mal drenados. O Gleissolo do perfil PD06 foi coletado na Ilha das Batatas, originário de sedimentos argilosos, em um relevo plano local e regional, com vegetação de aninga e capim, a erosão não é aparente e o solo é muito mal drenado (figura 29).

Figura 29: Paisagem representativa do Perfil PD06 caracterizado como Gleissolo, inserido na unidade de mapeamento GSo



Fonte: Do autor (2017)

O Gleissolos encontrados nessa unidade litoestratigráfica, tem proximidades ao rio Parnaíba, nestas áreas de planícies fluviais compreendem áreas de inundação, além de meandros abandonados que foram ilhas por toda a extensão do rio. São constituídas de sedimentos areno-

argilosos, fortemente influenciados pelo lençol freático, originando o horizonte glei, através do processo de gleização.

Na unidade litoestratigráfica *depósito de pântanos e mangue (Qpm)* identificou-se as unidades de mapeamento:

GJ1- Associação de: GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico, textura média e argilosa + GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico neofluvissólico, textura média, ambos A moderado, fase relevo plano, fase de vegetação de mangue (figura 30).

Figura 30: Paisagem representativa da unidade GJ1



Fonte: Do autor (2017)

GJ2- Associação de: GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico, A moderado + GLEISSOLO HÁPLICO Sódico neofluvissólico, A fraco e A moderado, textura indiscriminada, fase relevo plano, vegetação de mangue.

O Gleissolo Tiomórfico do perfil PD07, coletado na margem do rio Parnaíba, é formado por sedimentos argilosos, sua vegetação está inserida em uma área de transição entre a aninga e o mangue, havendo presença de jiqueri. A erosão não é aparente, e o solo é mal drenado, área de deposição de sedimentos aluviais e marinhos, verificados através do horizonte Cg, com presença de restos de caules e raízes. O perfil PD08 foi coletado no trecho do Igarapé, com matriz argilosa, apresenta relevo plano e vegetação de mangue, a erosão não é aparente, sendo o solo muito mal drenado em ambiente de deposição flúvio-marinho (figura 31).

Figura 31: Paisagem representativa da unidade GJ2



Fonte: Do autor (2017)

O gleissolo do perfil PD13, foi coletado na planície fluvial do rio Igarçu, próximo a desembocadura do Delta, o solo é originário de sedimentos arenosos, oriundo dos de deposição fluvial e eólica e vegetação campo de restinga. O perfil PD14 também classificado como Gleissolo, foi coletado as margens do rio Igarçu, próximo a desembocadura do Delta, seu material de origem é formado por sedimentos areno-argilosos, oriundos de deposição flúvio-marinha e eólica e vegetação de mangue.

Nestas áreas os solos são encontrados em ambiente transicionais ou mistos, formados pela sedimentação de origem fluviomarinha e eólica. O contato de água doce com água salgada proporciona solos com horizontes sulfúricos, bem como solos com caráter sódico e salino.

Nas unidades litoestratigráficas *depósitos eólicos litorâneos fixos (Qe)*, e *depósitos arenosos (Qd)* está inserida a unidade de mapeamento:

RQo1 - Associação de: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico sódico, fase relevo suave ondulado e plano, restinga arbustiva e arbórea + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico sálico sódico + ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico ârenico sódico + ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico neofluvissólico sódico, todos A fraco, fase relevo plano, campo hidrófilo de várzea e restinga arbustiva.

Tem como classificação os Neossolos Quartzarênicos do perfil PD09, com relevo plano, vegetação herbácea e campo de restinga, sofrem ação de erosão eólica, sendo solos bem drenados. Os Espodosolos dos perfis PD10 e PD11 são caracterizados por sedimentos arenosos de origem eólica ou marinha ou arenosos depositados sobre sedimentos de textura mais fina, caracterizando descontinuidade litológica, relevo plano e suave ondulado, com vegetação de campos, arbustos, cajueiros e palmáceas, a erosão é laminar e moderada e a drenagem é impedida.

Nestas unidades litoestratigráficas os solos são originados por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, formados por areias de granulação fina a média, raramente siltosas, quartzosas ou quartzo feldspáticas. Os depósitos provavelmente representam uma geração de idade intermediária entre as paleodunas e as dunas móveis ou atuais, além dos depósitos arenosos, com lençol freático a poucos centímetros da superfície (figura 32).

Figura 32: Paisagem representativa da unidade RQo1.



Fonte: Do autor (2017)

Nas unidades litoestratigráficas *depósitos litorâneos de praias recentes (Q21p)* e os *depósitos eólicos litorâneos móveis (Q2e)*, está inserida a unidade de mapeamento:

RQo2- Associação de: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico sódico A fraco, fase vegetação de restinga + Dunas, ambos fase relevo plano e suave ondulado.

O Neossolo Quartzarênico, situado em dunas baixas estabilizadas, com material de origem oriundas de sedimentos arenosos do Holoceno e Pleistoceno, e também de origem eólica, apresenta um relevo plano, com vegetação arbustiva compostas de cajueiros e *Mirtáceas*. A erosão da área é variável, sendo classificada desde não aparente até forte, havendo camadas de 4 a 5 cm de serapilheira nos locais de menor erosão. O local é excessivamente drenado, não contendo nem pedregosidade e nem rochosidade. O que pode ser observado na paisagem em questão é a presença de tucuns, com um horizonte A com bastantes raízes de vários diâmetros (figura 33).

Nestas unidades Q21p e Q2 e, os solos são formados por acumulações de areias de granulação fina a grossa, ocasionalmente cascalhos, moderadamente selecionadas, contendo restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados, bem como os originados por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea. São caracterizadas como ambientes instáveis, por serem ambientes que recebem fortes influências das marés, além da ausência de vegetação e proximidade com a linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa.

Santos-Filho (2009) afirma que restinga é vegetação assentada sobre Neossolos Quartzarênicos do Quaternário e sua composição florística é considerada uma extensão da floresta atlântica ou de ecossistemas adjacente, em seus estudos a área situada no município de Ilha Grande apresentou campos fechados (com cobertura herbácea superior a 60%) e abertos (com menos de 60% de cobertura herbácea).

Figura 33: Paisagem representativa dos Neossolos Quartzarênicos da unidade RQo2.



Fonte: Do autor (2017)

CONCLUSÕES

No levantamento dos solos foram classificados 15 perfis de solos na Área de Proteção Ambiental, localizada na Planície do Delta do Parnaíba, sendo estes perfis distribuídos em seis ordens dentro do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: Gleissolos, Neossolos, Espodosolos, Planossolos, Vertissolos e Cambissolos. De forma geral, a planície do Delta do Parnaíba apresentou solos formados por sedimentos de granulometria variada, havendo predomínio de sedimentos arenosos mais próximos à costa, representados principalmente por solos da ordem dos Neossolos Quartzarênicos.

Nas áreas de ocorrência de mangues e várzeas, a saturação do solo favorece condições de hidromorfismo, caracterizando os Gleissolos. Nos terraços aluviais, com a constante deposição de sedimentos, bem como a variações irregulares de granulometria, identificam a ocorrência de Neossolos Flúvicos.

Os elevados teores de argila e o aparecimento de *slickensides* nos períodos secos caracterizam os Vertissolos. Os Espodosolos encontrados foram caracterizados devido a translocação de matéria orgânica entre os horizontes. E os Planossolos com drenagem imperfeita, com permeabilidade lenta devido a mudança textural abrupta e a baixa porosidade.

Os perfis apresentaram, em algum horizonte ou camada, a expressão do caráter sódico, assim como do caráter salino ou sálico, devido a influência marítima e do lençol freático através dos sais por efeito da capilaridade.

O levantamento pedológico ao nível de reconhecimento de alta intensidade foi composto por unidades de mapeamento, das quais foram caracterizadas de acordo com as unidades litoestratigráficas. A unidade SNo e GSo inserida na unidade litoestratigráfica dos depósitos fluvioaluvionares. Nos depósitos de mangue e pântanos estão inseridas as unidades GJo1, GJo2. Nos depósitos litorâneos de praias recentes, depósitos eólicos litorâneos e depósitos arenosos foram classificadas as unidades RQo1 e RQo2.

A proposta de classificação no 4º nível categórico nos perfis PD04, PD07, PD09, PD10, PD11 e PD15, apresentaram bases e critérios suficientes para a conceituação e definição de novas classes, devido as propriedades dos solos, identificadas no campo, e atributos diagnósticos. Sendo estes sugestivos para novas classificações ao Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R. B. de. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Parnaíba/ Organização do texto [por] Robério Bôto de Aguiar [e] José Roberto de Carvalho Gomes - Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.*
- AGUIAR, R. B. de. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Ilha Grande/ Organização do texto [por] Robério Bôto de Aguiar [e] José Roberto de Carvalho Gomes - Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.*
- ALBUQUERQUE, A. G. B. M.; Ferreira, T. O.; Nóbrega, G. N.; Romero, R. E., Júnior, V. S.; Meireles, A. J. A.; Otero, X. L. Soil genesis on hypersaline tidal flats (apicum ecosystem) in a tropical semi-arid estuary (Ceará, Brazil). *Soil Research*, v. 52, n. 2, p. 140-154, 2014.
- AMARAL, I. G. Caracterização Pedológica de uma topossequência em ambiente litorâneo no estado do Pará. In: *Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*, 2000, Recife. *Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2000.
- ARARIPE, H. G.de A.; LEITE, T.S.; OLIVEIRA, J.E.L. Zona costeira do Piauí In: *Caracterização dos ecossistemas costeiros dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí*. 1999. Disponível em < http://www.brazilrounds.gov.br/round7/arquivos_r7/PERFURACAO_R7/refere/RegiaoNordeste_RGN_CE_PI.pdf >.
- BARBIERO, L., MOHAMEDOU A. O., LAPERROUSAZ, C.; S. FURIAN, S. Polyphasic origin of salinity in the Senegal Delta and middle valley. *Catena*, Elsevier, 58 pp.101-124, 2004.
- BAZAGLIA FILHO, Osmar. *Comparação entre mapas de solos obtidos pelos métodos convencional e digital numa área complexa*. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- BERRÊDO, J. F.; COSTA, M. L.; VILHENA, M. P. S. P.; SANTOS, J. T. Mineralogia e geoquímica de sedimentos de manguezais da costa Amazônica: o exemplo do estuário do rio Marapanim (Pará). *Revista Brasileira de Geociências*. 38(1): 24- 35. 2008.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. *Levantamento de Recursos Naturais: Folha SA.23 – São Luis e parte da folha SA.24* Fortaleza. Rio de Janeiro, Vol.1, 1973.
- BRASIL. Ministério do Exército – Diretoria do Serviço Geográfico. Região Nordeste do Brasil. *Folha SA 24 Y-A-IV Parnaíba*. [S.I.]: SUDENE/DSG, 1972. Escala: 1: 100.000.
- BRASIL. *Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba*, PLANAP: Síntese executiva: TERRITÓRIO DA PLANÍCIE LITORÂNEA– CODEVASF- Brasília, DT: TODA Desenhos & Arte Ltda., 2006.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo, *Boletim técnico*, 106, Edição revista e atualizada, 2009.

CARVALHO, Vânia Soares de; RIBEIRO, Mateus Rosas; SOUZA JUNIOR, Valdomiro Severino de; BRILHANTE, Stephany Alves. Caracterização de Espodosolos dos estados da Paraíba e do Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 37, p.1454- 1463, 2013.

CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito. Análise integrada das unidades paisagísticas na planície Deltaica do rio Parnaíba–Piauí/Maranhão (integrated analysis of landscape sets by parnaiba river Delta). *Revista Mercator*, v. 3, n. 6, 2004.

CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito. *Impactos e condições ambientais da zona costeira do Estado do Piauí*. Rio Claro: UNESP, 2000, 356. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2000.

CORRÊA, M. M., KER, J. C., BARRÓN, V., FONTES, M. P. F., TORRENT, J.; CURI, N. Caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente tabuleiros costeiros Characterizing iron oxides from coastal and central plain soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 1017-1031, 2008.

CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S. RUIZ, H.A.; BASTOS, R.S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região de várzeas de Souza (PB). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.27, p.311-324, 2003.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *Mapa Geológico do Estado do Piauí: 2ª versão*. Piauí: CPRM, 2006. 1CD Rom. Escala 1:100.000

DA SILVA, André Giskard Aquino. *The Parnaiba River Delta-from modern hydro and morphodynamics to sea level change*. (Tese de Doutorado). Christian-Albrechts Universität Kiel. 2015.

DATTA, S.; THIBAUT, Y.; FYFE, W. S.; POWELL, M. A.; HART, B. R.; MARTIN, R. R.; TRIPHTHY, S.. Occurrence of trona in alkaline soils of the Indo-Gangetic Plains of Uttar Pradesh (UP), India. *Episodes*, v. 25, n. 4, p. 236-239, 2002.

DIAS-BRITO, Dimas; ROHN, Rosemarie; CASTRO, Joel Carneiro de; DIAS, Ricardo Ribeiro; RÖSSLER, Ronny. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional – O mais exuberante e importante registro florístico tropical-subtropical permiano no Hemisfério Sul. In: WINGE, Manfredo; SCHOBENHAUS, Carlos; BERBERT-BORN, Mylène; QUEIROZ, Emanuel Teixeira de; CAMPOS, Diogenes de Almeida; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Ed.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, 2007. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio104/sitio104.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.

DINIZ, Simone Ferreira. *Caracterização fisiográfica e pedológica da região norte do estado do Ceará*. 2010. 132 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

DUARTE, M. N.; CURI, N.; PÉREZ, D. V.; KAMPF, N.; CLAESSEN, M. E. C. Mineralogia, química e micromorfologia de solos de uma microbacia nos Tabuleiros

Costeiros do Espírito Santo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 35, n. 6, p. 1237-1250, 2000.

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREZ, D.V.; PEREIRA, M.G. & NOVOTNY, E.H. Atributos físicos e matéria orgânica de Organossolos Háplicos em distintos ambientes no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.37, p.763-774, 2013

EMBRAPA - Embrapa Solos. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solo. *Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos* – Humberto Gonçalves dos Santos – Brasília: EMBRAPA –SPI, 1995.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos: 2013.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, n. 1, 2005.

FERREIRA, E. P.; ANJOS, L. H. C. D.; PEREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S., CIPRIANO-SILVA, R.; AZEVEDO, A. C. D. Genesis and classification of soils containing carbonate on the Apodi Plateau, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, 2016.

FLORÍN BELTRÁN, M. *Funcionamiento de las lagunas salinas temporales manchegas. Relación entre fluctuaciones hídricas, hidroquímicas y dinámica trófica*. (Tesis doutorado). Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, 1994.

FROTA, Jéssica Cristina Oliveira. *Potencial de Expansão Urbana na Planície Costeira do Estado do Piauí*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2017.

FURQUIM, S. A. C. *Formação de carbonatos e argilo-minerais em solos sódicos do Patanal Sul- Mato-Grossense*. (Tese de Doutorado). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

GIASSON, E. Introdução ao estudo dos solos. In: MEURER, E.J., ed. *Fundamentos de Química do Solo*. Porto Alegre: Genesis, 2004.

GOMES, F.H. *Caracterização de solos de manguezais e de restinga no município de Ilhéus - Bahia*. (Dissertação de Mestrado) Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002.

GOMES, F.H. *Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso - SP*. (Tese de Doutorado). 107p. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S, B. (Org). *Geomorfologia e Meio ambiente*. 3.ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

HOPPE, J. M.; SCHUMACHER, M. V. *A floresta e o solo*. Santa Cruz do Sul: Afubra, 1999. 83 p. il. (Série ecologia, v. 4). Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_a_solo_22592.pdf> Acesso em: 19 de junho de 2014.

IBGE, Coordenação Geral de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. *Manual Técnico de Pedologia*. 2. ed. Rio de Janeiro. IBGE, 2007.

JACOMINE, P.K. T. *Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Piauí*. Rio de Janeiro: Embrapa. SNLCS/SUDENE-DRN, v.1, 1986.

JENNY, Hans. *Factors of soil formation: A System of Quantitative Pedology*. foreword by Ronald Amundson. Originally published: New York: McGraw-Hill, 1941.

KAMPF, N.; CURI, N. Conceito de solos e sua evolução histórica. In: João Carlos Ker; Nilton Curi; Carlos Ernesto G. R. Shaefer; Pablo Vidal-Torrado. (Org.). *Pedologia: fundamentos*. 1ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, 2012.

KAMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: João Carlos Ker; Nilton Curi; Carlos Ernesto G. R. Shaefer; Pablo Vidal-Torrado. (Org.). *Pedologia: fundamentos*. 1ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, 2012.

LEPSCH, Igo F. *19 lições de pedologia*. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LEPSCH, Igo F. *Formação e Conservação dos Solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA, Iracilde M.M.F. *Relevo Piauiense: uma proposta de classificação*. Teresina: carta CEPRO, v.12, agosto / dezembro. 1987.

MELO, V. F.; NOVAIS, R. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, M. P. F.; SINGH, B. Mineralogy of the sand, silt and clay fractions of Barreiras Group sediments in Aracruz, Espírito Santo State, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, n. 1, p. 29-41, 2002.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: oficina de texto, 2009.

MENDONÇA, José Francisco Bezerra. *Solo: substrato da vida*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

MIGUEL, P. *Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do rebordo do planalto do RS*. (Dissertação de Mestrado). Santa Maria: UFSM, 2010.

MILANI, Edison José (Coord.); RANGEL, Hamilton Duncan; BUENO, Gilmar Vital; STICA, Juliano Magalhães; WINTER, Wilson Rubem; CAIXETA, José Maurício; PESSOA NETO, Otaviano da Cruz. Bacias Sedimentares Brasileiras - Cartas Estratigráficas; Introdução. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 183-205, 2007.

MOHAMEDOU A. O.; BARBIERO, L.; FURIAN, S., Ciornei, G, CARUBA, R. *Origine et répartition des sels dans la vallée du fleuve Sénégal (Sénégal-Mauritanie)*. Science et changements planétaires / Sécheresse, 12(4):251-7, 2002.

MONIZ, A. C. (Coord.) *Elementos de Pedologia*. São Paulo, Polígono, Ed. Univ. São Paulo, 1972.

NASCIMENTO, P do. C.; LANI, J. L.; ZOFFOLI, H. J. O. Characterization, classification, and genesis of hydromorphic soils in coastal regions of the state of Espírito Santo, Brazil. *Científica (Jaboticabal)*, v. 41, n. 1, p. 82-93, 2013.

OLIVEIRA, João Bertoldo de. *Classificação de solos e seu emprego agrícola e não agrícola*. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/dalmolin/download/textospl/classif.pdf>> Acesso em: 19 de junho de 2016.

OLIVEIRA, João Bertoldo de. *Pedologia Aplicada*. Jaboticabal: Funep, 2005.

PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos; TORRES, Fernanda Soares de Miranda; BRANDÃO, Ricardo de Lima. Geodiversidade do estado do Piauí. Recife: CPRM, 136 p. *Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade*, 2010.

PIMENTA, A.; FILHO, A. F.; RODRIGUES, A.; BENN, B.; GOMES, C.; FREDERICO, C.; FRANÇA JÚNIOR, F.; FILHO, H.; DANTAS, I.; ARAÚJO, I.; CASAIS, J.; SERAFIM, M., PONTE, M. S.; FONSECA da R. *Pedologia*. 2. Ed. IESM-Ead. 2008.

PRADA-GAMERO, Ra Maria; VIDAL-TORRADO, Pablo; FERREIRA, Tiago Osório. Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no canal de Bertioiga (Santos, SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 2, 2004.

RESENDE, M.; CURI, N.; Ker, J. C.; REZENDE, S. B. *Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicação*. Lavras: ed. UFLA, 2005.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. *Pedologia: Base para distinção de ambientes*. Viçosa: UFLA, 5 ed. Revisada. 2007.

RIVAS, Margareth P. (coord). *Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba*. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 5. Ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2005.

SANTOS-FILHO, F. S. *Composição florística e estrutural da vegetação de restinga do Estado do Piauí*. 2009. 124 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SANTOS-FILHO, F. S., ALMEIDA JR., E. B., SOARES, C. J. R. S., ZICKEL, C. S. Flora and Woody Vegetation in an Insular Area of Restinga in Brazil. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, v. 41, p.147-160, 2015.

SANTOS-FILHO, F. S.; ALMEIDA JUNIOR, E.B. de; SOARES, C.J. dos R. S.; ZICKEL, C.S. Fisionomias das restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 3, n. 3, p. 218-227, 2010.

SANTOS-FILHO, F. S.; SILVA, J. F. A.; CABRAL, L. J. R. S. Áreas preferenciais para alopatria com base no relevo do Piauí (Brasil): um estudo inferencial. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, p. 799-811, 2017.

SANTOS-FILHO, Francisco Soares; ALMEIDA JR, Eduardo Bezerra; ZICKEL, Carmen Sílvia. Do edaphic aspects alter vegetation structures in the Brazilian restinga? *Acta Botânica Brasílica*, v. 27, n. 3, p. 613-623, 2013.

SCHWERTMANN, U.; SCHULZE, D.G.; MURAD, E. Identification of ferrihydrite in soils by dissolution kinetics, differential x-ray diffraction and mössbauer spectroscopy. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:869-875, 1982.

SERRAT, B. M.; LIMA, M. R.; GARCÍAS, C. E.; FANTIN, E. R.; CARNIERI, I. M.R.S.A. *Conhecendo o solo*. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2002. Disponível em: <<http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/conhecendosolo.pdf>>. Acesso em: 19 de junho de 2017.

SILVA, Rafael Cipriano da. *Gênese e classificação de solos em ambientes de planícies da Região Nordeste do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2012.

SOUSA, R.S.; VALLADARES, G.S.; AQUINO, R.P. Mapeamento das Unidades Geomorfológicas Da Planície Costeira Do Estado Do Piauí. *Revista Geonorte*, [S.l.], v. 5, n. 15, p. 110 - 114, dez. 2014. ISSN 2237-1419. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1338>>. Acesso em: 06 set. 2018.

SOUSA, Roneide dos Santos. *Planície Costeira do Estado do Piauí: mapeamento das unidades de paisagem, uso e cobertura da terra e vulnerabilidade ambiental*. 138f. (Mestrado em Geografia) Teresina: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Piauí, 2015.

SOUZA JÚNIOR, V. S.; VIDAL-TORRADO, P.; TESSLER, M. G.; PESSEDA, L. C. R.; FERREIRA, T. O.; OTERO, X. L.; MACÍAS, F. Evolução Quaternária, distribuição de partículas nos solos e ambientes de sedimentação em manguezais do estado de São Paulo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 31, p. 753-769 2007.

VALLADARES, Gustavo Souza. Caracterização química e granulométrica de solos do Golfão maranhense. *Acta Amazônica*, v. 39, n. 4, p. 923-933, 2009.

VIANA, Bartira Araújo da Silva. *Caracterização estratigráfica, química e mineralógica do massará e conflitos socioambientais associados à sua exploração em Teresina, PI, Brasil*. 2013. 212 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2013.

ANEXO

Anexo 1: Perfis de solos com descrição morfológica e análises químicas e físicas

PERFIL PD 01

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, A moderado, textura indiscriminada, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 190830/9679298 16m Próximo a ponte para Parnaíba.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Barranco as margens do Rio Igaracu em terraço aluvial / 2%

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO– Sedimentos arenoargilosos.

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

VEGETAÇÃO – Mista com carnaúbas

USO ATUAL - Urbanização e vegetação mista

EROSÃO - Laminar moderada

DRENAGEM - Moderadamente drenada

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 10/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap1 - 0 – 20 cm, bruno amarelado (10YR 5/4, seca) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/4, úmida); areia franca; fraca, pequena e blocos angulares; macio, muito friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; transição plana e gradual.

Ap2 - 20 – 40 cm, bruno amarelado (10YR 5/4, seca) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida); franco arenoso; fraca pequena e blocos angulares; macio, muito friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; transição plana e gradual.

C1 - 40 – 70 cm, bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmida); areia franca; maciça; macio, muito friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; transição plana e gradual.

C2 - 70 – 135 cm+, bruno escuro (7,5YR 3/4, úmida) mosqueado vermelho-amarelado (5YR 5/8); franco siltosa; maciça; ligeiramente duro, friável, pegajoso e plástico.

Obs.: Muito antropizado / Mais raízes no Ap1 do que Ap2.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | Arg. Disp. em H ₂ O | Grau de Floc. % | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------|---------|-------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | | Solo | Part. | |
| | cm | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | ----kg m ⁻³ ---- | | | |
| Ap ₁ | 0-20 | | | | 11 | 713 | 243 | 33 | | | 7,4 | 1,48 | | 2,9 |
| Ap ₂ | 20-40 | | | | 2 | 503 | 450 | 45 | | | 10 | 1,36 | | 2,7 |
| C ₁ | 40-70 | | | | 5 | 728 | 235 | 32 | | | 7,3 | 1,39 | | 3,4 |
| C ₂ | 70-135+ | | | | 5 | 359 | 522 | 114 | | | 4,6 | 1,46 | | 2,6 |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável | | |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | | | | Valor T | |
| | | | -----cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | -----% | |
| Ap ₁ | 6,3 | 2,32 | 5,00 | 2,70 | 0,35 | 0,30 | 8,35 | 0,00 | 2,10 | 10,45 | 80 | 0 | 17 | |
| Ap ₂ | 5,8 | 1,92 | 5,90 | 3,30 | 0,23 | 0,32 | 9,74 | 0,00 | 2,10 | 11,84 | 82 | 0 | 9 | |
| C ₁ | 5,8 | 0,10 | 3,90 | 2,90 | 0,21 | 0,32 | 7,33 | 0,00 | 1,93 | 9,26 | 79 | 0 | 9 | |
| C ₂ | 5,9 | 4,94 | 8,40 | 5,30 | 0,22 | 0,44 | 14,36 | 0,00 | 2,59 | 16,95 | 85 | 0 | 6 | |

PERFIL PD 02

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO FLÚVICO Sódico típico, A moderado, textura indiscriminada, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 191573/9680036- Próximo a fábrica Olaria, sentido parque eólico.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terraço / Relevo plano

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO– Sedimentos arenoargilosos

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

VEGETAÇÃO – Campo com Carnaúbas

USO ATUAL -

EROSÃO - Laminar fraca

DRENAGEM - Moderadamente drenada

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 10/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 25 cm, bruno (7,5YR 5/4, seca) e bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmida); franco siltosa; moderada pequena e prismático; macia a ligeiramente dura, pegajoso e plástico; transição plana e abrupta.

C1 - 25 – 55 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmida) mosqueado vermelho-escuro, (2,5YR 3/6), abundante, médio e proeminente; franco siltosa; maciça; ligeiramente dura, pegajoso e plástico; transição plana e abrupta.

C2 - 55 – 64 cm, coloração variegada, composta de bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida) e bruno (7,5YR 5/4); areia; grãos simples; solta, não pegajoso e não plástico; transição plana e abrupta.

C3 - 64 – 110 cm, bruno (7,5YR 4/4, úmida) mosqueado bruno-forte (7,5YR 5/8), abundante, pequeno e proeminente; franco siltosa; maciça; ligeiramente dura, pegajoso e plástico; transição plana.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E.do extrato | Rel. | Densidade | | Sat por Na (PST) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|--------------------|--------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | Silte/Argila | Solo | Part. | |
| | cm | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | dS/m ⁻¹ | | ----kg m ⁻³ ---- | | |
| A | 0-25 | | | | 19 | 268 | 543 | 170 | 14,95 | 3,2 | 1,37 | | 36,9 |
| C1 | 25-55 | | | | 42 | 223 | 604 | 131 | 14,35 | 4,6 | 1,40 | | 37,4 |
| C2 | 55-64 | | | | 414 | 530 | 12 | 44 | 1,7 | 0,3 | 1,61 | | 28,1 |
| C3 | 64-110 | | | | 20 | 152 | 703 | 125 | 5,71 | 5,6 | 1,44 | | 25,9 |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | |
| | | g kg ⁻¹ | -----cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | -----%----- | | mg kg ⁻¹ |
| A | 4,1 | 10,38 | 7,20 | 8,50 | 0,19 | 12,35 | 28,24 | 0,70 | 5,23 | 33,47 | 84 | 2,09 | 69 |
| C1 | 4,1 | 11,19 | 6,00 | 10 | 0,19 | 12,83 | 29,02 | 1,00 | 5,23 | 34,25 | 85 | 2,9 | 7 |
| C2 | 4,3 | 0,10 | 0,80 | 1,40 | 0,20 | 1,30 | 3,70 | 0,30 | 0,94 | 4,64 | 80 | 6,5 | 6 |
| C3 | 4,1 | 8,16 | 2,70 | 5,30 | 0,20 | 5,33 | 13,53 | 3,30 | 7,05 | 20,57 | 66 | 16,0 | 14 |

PERFIL PD 03

CLASSIFICAÇÃO – PLANOSSOLO NÁTRICO Sílico neofluvisólico, A moderado, textura média/argilosa, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 192129/9681764

SITUAÇÃO E DECLIVE –

FORMAÇÃO GEOLÓGICA -

MATERIAL ORIGINÁRIO–

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

VEGETAÇÃO – Campo muito ralo e solo exposto

USO ATUAL - Capoeira

EROSÃO - Laminar moderada a forte percebe-se erosão eólica próximo

DRENAGEM - Imperfeita

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 10/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 26 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seca) e bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmida); franca; fraca grande e prismática; dura, firme; transição plana e clara.

Btv1 - 26 – 60 cm, cinzento muito escuro (7,5YR 3/1, úmida); argilo siltosa; cuneiforme que se desfaz em prismática grande moderada; superfície de compressão; muita dura, firme; transição plana e gradual.

Btv2 - 60 – 100+ cm, cinzento muito escuro (7,5YR 3/1, úmida); argilo siltosa; cuneiforme que se desfaz em prismática grande moderada; superfície de compressão e *slinckside*; muita dura e firme.

Obs.: Presença de eflorescências salinas por volta de 60 cm de profundidade. Coletado densidade só no Btv1, no entanto será utilizado no Btv2 devido a semelhança.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E.do extrato | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST) |
|-----------|----------------|-------------------------------|------------------|----------------------------------|---|--------------------|---------|--------------------|----------------|-----------------------------|-----------|---------------------|------------------|
| Simb. | Prof. cm | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | dS/m ⁻¹ | | g kg ⁻¹ | | ----kg m ⁻³ ---- | | | |
| A | 0-26 | | | | 20 | 406 | 361 | 213 | 15,08 | 1,7 | 1,63 | 18,8 | |
| Btv1 | 26-60 | | | | 4 | 47 | 401 | 548 | 15,57 | 0,7 | 1,52 | 29,5 | |
| Btv2 | 60-100+ | | | | 4 | 33 | 454 | 509 | 18,35 | 0,9 | 1,52 | 28,8 | |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C. Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | |
| | | g kg ⁻¹ | | -----cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | -----% | | mg kg ⁻¹ | |
| A | 4,8 | 14,62 | 4,30 | 8,70 | 0,43 | 3,93 | 17,36 | 0,20 | 3,58 | 20,94 | 83 | 0,96 | 3 |
| Btv1 | 4,1 | 15,62 | 10,00 | 20,80 | 0,20 | 15,43 | 46,43 | 0,80 | 5,89 | 52,32 | 89 | 1,53 | 1 |
| Btv2 | 4,0 | 4,94 | 13,00 | 20,20 | 0,20 | 15,52 | 48,92 | 0,60 | 4,90 | 53,82 | 91 | 1,11 | 1 |

PERFIL PD 04

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico sódico, A moderado, relevo plano a suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 191785/9684766

SITUAÇÃO E DECLIVE – Dunas baixas estabilizadas

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos arenosos de origem eólica

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

VEGETAÇÃO – Vegetação arbustiva composta de cajueiros (myrtáceas)

USO ATUAL -

EROSÃO – Não aparente com camada de 4 a 5 cm de serrapilheira

DRENAGEM – Excessivamente drenado

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 10/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 25 cm, bruno (10YR 5/3, seca) e bruno-escuro (10YR 3/3, úmida); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajoso; transição plana e clara.

AC - 25 – 45 cm, bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seca) e bruno (10YR 5/3, úmida); areia franca; grãos simples; solta, não plástica e não pegajoso; transição plana e gradual.

C - 45 – 100+ cm, bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, úmida); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajoso.

Obs.: Presença de Tucum; horizonte A de difícil umedecimento – propriedade hidrofóbica e com muitas raízes de vários diâmetros. Observação feita até 150 cm de textura arenosa.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E do extrato | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|----------------|--------------------|----------------------------|----------------|-------------------|
| Simb. | Prof. cm | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | dS/m ⁻¹ | ----kg m ⁻³ --- | | |
| A | 0-25 | | | | 753 | 133 | 100 | 14 | 0,12 | 7,1 | 1,55 | | 11,1 |
| AC | 25-45 | | | | 729 | 51 | 193 | 27 | 0,07 | 7,1 | 1,62 | | 20,7 |
| C | 45-100+ | | | | 864 | 23 | 99 | 14 | 0,07 | 7,1 | 1,60 | | 15,7 |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável | |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | | | | Valor T |
| | | g kg ⁻¹ | -----Cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | -----%----- | mg kg ⁻¹ | | |
| A | 5,7 | | 0,10 | 0,90 | 0,21 | 0,35 | 1,56 | 0,10 | 1,60 | 3,16 | 49 | 3,16 | 4 |
| AC | 5,3 | | 0,10 | 0,60 | 0,21 | 0,35 | 1,26 | 0,20 | 0,45 | 1,71 | 74 | 11,73 | 1 |
| C | 5,8 | | 0,10 | 0,80 | 0,19 | 0,29 | 1,38 | 0,20 | 0,45 | 1,82 | 76 | 10,96 | 1 |

PERFIL PD 05

CLASSIFICAÇÃO- GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico neofluvissólico e típico, A moderado, textura siltosa, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 185964/9684455

SITUAÇÃO E DECLIVE – Barranco as margens do Igarapé (Ilha)

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO– Sedimentos argilosos

RELEVO LOCAL – Planície

RELEVO REGIONAL – Plano

VEGETAÇÃO – Vegetação de aninga associada a Dendê (Caatinga arbustiva densa)

USO ATUAL -

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Muito mal drenado

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 11/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ag - 0 – 60 cm, coloração variegada, composta de bruno avermelhado (5YR 5/3, úmida) e cinzento-escuro (5Y 4/1); franco siltosa; maciça; muito plástica e muito pegajosa; transição plana.

Cg1 - 60 – 100 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida); franco argilo siltosa; maciça; muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e difusa.

Cg2 - 100 – 150 cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmida); franco argilo siltosa; maciça; muito plástica e pegajosa.

Obs.: Coletado só a densidade do Cg1, pois o Cg2 e o Cg1 são muito semelhantes. Cg2 foi coletado com trado.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E.do extrato | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------------|----------------|-------------------------------|------------------|----------------------------------|---|------------|------------------|--------|--------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | cm | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | dS/m ⁻¹ | | ----kg m ³ --- | | |
| Ag | 0-60 | | | | 10 | 28 | 719 | 243 | 0,885 | 3,0 | 0,98 | | 4,1 |
| Cg ₁ | 60-100 | | | | 12 | 15 | 698 | 275 | 0,745 | 2,5 | 0,74 | | 4,4 |
| Cg ₂ | 100-150 | | | | 17 | 38 | 612 | 333 | 1,24 | 1,8 | 0,74 | | 3,7 |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | | Complexo Sortivo | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável |
| | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | | |
| | | g kg ⁻¹ | | -----Cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | -----%----- | mg kg ⁻¹ | |
| Ag | 6,1 | 14,41 | 10,80 | 10,00 | 0,31 | 1,03 | 22,13 | 0,00 | 2,92 | 25,05 | 88 | 0,0 | 1 |
| Cg ₁ | 4,9 | 8,97 | 9,00 | 10,30 | 0,31 | 1,18 | 20,79 | 0,80 | 5,89 | 26,68 | 78 | 3,0 | 1 |
| Cg ₂ | 4,3 | 21,17 | 7,60 | 9,40 | 0,32 | 1,10 | 18,42 | 2,50 | 11,67 | 30,09 | 61 | 8,3 | 2 |

Perfil PD 06

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico neofluvissólico, A moderado, textura média, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 185758/9683096 Ilha das Batatas

SITUAÇÃO E DECLIVE –

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos argilosos

RELEVO LOCAL – Planície

RELEVO REGIONAL – Plano

VEGETAÇÃO – Vegetação de aninga e capim

USO ATUAL -

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Muito mal drenado

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 11/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ag - 0 – 10 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmida) e mosqueado bruno-avermelhado (5YR 4/3); franco argilo siltosa; maciça; muito plástica e muito pegajoso; transição clara.

CA - 10 – 50 cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmida) e mosqueado bruno-amarelado (10YR 5/6); franca; maciça; muito plástica e muito pegajoso; transição gradual.

Cg - 50 – 100 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmida); franco argilo siltosa; maciça; muito plástica e muito pegajoso.

Obs.: Abaixo de 120 cm textura fica média.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E do extrato | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|-------------------|----------------------------|-----------|---------------------|-------------------|
| Simb. | Prof. cm | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | dSm ⁻¹ | ----kg m ⁻³ --- | | | |
| Ag | 0-10 | | | | 12 | 130 | 576 | 282 | 0,77 | 2,0 | 1,06 | | 3,5 |
| CA | 10-50 | | | | 8 | 410 | 410 | 172 | 0,41 | 2,4 | 1,19 | | 3,7 |
| Cg | 50-100 | | | | 13 | 56 | 565 | 366 | 0,71 | 1,5 | 0,85 | | 2,5 |
| Hor. | Complexo Sortivo | | | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável |
| | Água pH (1:2,5) | C Orgânico | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | |
| | | | -----Cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | -----%----- | | mg kg ⁻¹ | |
| Ag | 5,1 | 17,74 | 6,1 | 6,8 | 0,26 | 0,78 | 13,94 | 0,40 | 8,37 | 22,31 | 62 | 1,8 | 9 |
| CA | 5,0 | 8,57 | 5,9 | 5,7 | 0,25 | 0,70 | 12,54 | 0,60 | 6,22 | 18,76 | 67 | 3,2 | 6 |
| Cg | 4,3 | 22,18 | 7,0 | 7,7 | 0,28 | 0,74 | 15,73 | 3,00 | 13,98 | 29,70 | 53 | 10,1 | 10 |

PERFIL PD 07

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico neofluvissólico, A moderado, textura indiscriminada, fase mal drenada.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 184548/9689062

SITUAÇÃO E DECLIVE –

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos argilosos

RELEVO LOCAL –

RELEVO REGIONAL –

VEGETAÇÃO – Área de transição (vegetação de aninga, presença de Jiqueri)

USO ATUAL –

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Mal drenado

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 11/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 25 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/3, úmida); franco siltosa; maciça; muito plástica e muito pegajoso; transição clara.

Btg - 25 – 57 cm, cinzento-escuro (5YR 4/1, úmida) e mosqueado vermelho muito escuro-acinzentado (5R 2,5/3), grande e abundante; franco argilo siltosa; muito plástico e muito pegajoso; transição gradual.

Cgj – 57 – 100 cm, preto (7,5 YR 2,5/1, úmida); argilo siltosa; maciça; muito plástico e muito pegajoso.

Obs.: Horizonte Cgj com muitas raízes, restos de caule. Continua o horizonte Cg até 2m de profundidade, com textura argilosa. Horizonte A com mosqueado muito pequeno.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | CE do extrato | | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|-----------------|--------------------------|-----------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | dS/m ⁻¹ | g kg ⁻¹ | Solo | Part. | | |
| | cm | g kg ⁻¹ | | | | | | | | | g kg ⁻¹ | kg m ⁻³ | | |
| A | 0-25 | | | | 11 | 173 | 761 | 55 | 1,67 | 13,8 | 1,26 | | 18,2 | |
| Btg | 25-57 | | | | 25 | 21 | 658 | 296 | 3,38 | 2,2 | 1,21 | | 13,8 | |
| Cgj | 57-100 | | | | 21 | 47 | 518 | 414 | 10,4 | 1,3 | 0,59 | | 1,1 | |
| Hor. | Água pH (1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável | |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | | |
| | | | cmol kg ⁻¹ | | | | | | | | | | | % |
| A | 5,5 | 9,58 | 3,40 | 11,2 | 0,38 | 4,13 | 19,12 | 0,10 | 3,58 | 22,70 | 84 | 0,4 | 2 | |
| Btg | 4,2 | 18,04 | 5,40 | 12,8 | 0,44 | 4,37 | 23,01 | 1,20 | 8,70 | 31,70 | 73 | 3,8 | 3 | |
| Cgj | 2,8 | 25,60 | 15,8 | 45,0 | 0,21 | 1,01 | 62,02 | 9,00 | 33,78 | 95,80 | 65 | 9,4 | 1 | |

PERFIL PD 08

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico, A moderado, textura média, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 185446/9691673

SITUAÇÃO E DECLIVE – Coletado no trecho de Igarapé

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO – Argissolo

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

VEGETAÇÃO – Vegetação de mangue

USO ATUAL –

EROSÃO – Não aparente – não há ambiente de deposição

DRENAGEM – Mal drenado (muito mal drenado)

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 11/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ag - 0 – 40 cm, coloração variegada, composta de cinzento-escuro (7,5YR 4/1, úmida) e bruno-forte (7,5YR 4/6); franca; maciça; muito plástico e muito pegajoso; transição clara.

AC - 40 – 90 cm, coloração variegada, composta de cinzento-escuro (5YR 4/1, úmida) e vermelho (2,5YR 4/6); franco siltosa; maciça; muito plástico e muito pegajoso; transição clara.

Cgj - 90 – 130 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmida); franco argilo siltosa; maciça.

Obs.: O contato do AC com o Cg é onde há mais água. Gleissolo pode ser sulfúrico (tiomórfico), ph muito baixo.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E do Extrato | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|----------------|--------------------------|------------------|-----------------------|---|-----------------|---------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------|-------------------|
| Simb. | Prof. cm | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | | | | | g kg ⁻¹ | | | | dS/m ⁻¹ | g kg ⁻¹ | Kg m ⁻³ | | |
| Ag | 0-40 | | | | 10 | 243 | 494 | 253 | 3,37 | 2,0 | 1,06 | 14,6 | |
| AC | 40-90 | | | | 7 | 185 | 548 | 260 | 10,37 | 2,1 | 1,14 | 34,7 | |
| Cgj | 90-130 | | | | 16 | 142 | 496 | 346 | 9,91 | 1,4 | 0,95 | 27,8 | |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável | |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | | | | Valor T |
| | | g kg ⁻¹ | | cmol kg ⁻¹ | | | | | % | | mg kg ⁻¹ | | |
| Ag | 5,3 | 15,62 | 4,10 | 11,90 | 0,78 | 3,53 | 20,32 | 0,10 | 3,91 | 24,23 | 84 | 0,4 | 106 |
| AC | 3,6 | 13,61 | 5,20 | 12,80 | 0,27 | 11,80 | 30,07 | 1,60 | 3,91 | 33,98 | 88 | 4,7 | 10 |
| Cgj | 2,9 | 31,65 | 6,80 | 21,30 | 0,21 | 15,00 | 43,31 | 8,70 | 10,68 | 53,98 | 80 | 16,1 | 16 |

PERFIL PD 09

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico sálico sódico, A moderado, fase relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 187664/9695022

SITUAÇÃO E DECLIVE –

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO–

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

VEGETAÇÃO – Campo de Berma/ Vegetação bem herbácea

USO ATUAL –

EROSÃO – laminar pequena (mais eólica)

DRENAGEM – Boa (bem drenado)

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 11/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 20 cm, bruno-claro-acinzentado (2,5Y 7/3, seca), bruno-amarelado-claro (2,5Y 6/3, úmida) e mosqueado vermelho-amarelado (5YR 5/8); areia; maciça; não plástica e não pegajoso; transição clara.

C1 - 20 – 60 cm, bruno-amarelado-claro (2,5Y 6/3, úmida); areia; maciça; não plástica e não pegajoso; transição clara.

C2 – 60 – 100+ cm, cinzento-brunado-claro (2,5Y 6/2, úmida); areia; maciça; não plástica e não pegajosa.

Obs.: Lençol freático a 80 cm de profundidade.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | Arg. Disp. em H ₂ O | Grau de Floc. % | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | | Solo | Part. | |
| | cm | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | -----kg m ³ --- | | | | |
| A | 0-20 | | | | 240 | 737 | 20 | 3 | | | 6,7 | 1,45 | 25,3 | |
| C1 | 20-60 | | | | 169 | 816 | 6 | 9 | | | 0,7 | 1,53 | 67,7 | |
| C2 | 60-100+ | | | | 144 | 838 | 8 | 10 | | | 0,8 | 1,48 | 40,2 | |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável | |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | | |
| | | g kg ⁻¹ | -----Cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | -----% | mg kg ⁻¹ | | |
| A | 8,6 | 6,96 | 2,60 | 3,20 | 0,24 | 9,78 | 15,82 | 0,00 | 22,89 | 38,71 | 41 | 0,0 | 8 | |
| C1 | 8,5 | 1,71 | 1,50 | 3,00 | 0,33 | 10,70 | 15,53 | 0,00 | 0,28 | 15,81 | 98 | 0,0 | 8 | |
| C2 | 8,5 | 2,32 | 2,50 | 2,90 | 0,47 | 4,03 | 9,90 | 0,00 | 0,12 | 10,01 | 99 | 0,0 | 10 | |

PERFIL PD 10

CLASSIFICAÇÃO – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico sódico, A fraco, textura arenosa, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 196152/9688562

SITUAÇÃO E DECLIVE –

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO– Arenosos (sedimentos)

RELEVO LOCAL – Suave ondulado

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado

VEGETAÇÃO – Pasto/ coqueiros

USO ATUAL –

EROSÃO – laminar/ moderada

DRENAGEM – Impedida

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 12/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 20 cm, bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, seca); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajoso; transição plana e clara.

EA – 20 – 35 cm, cinzento-claro (10YR 7/2, seca) e bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajoso; transição plana e gradual.

E – 35 – 93 cm, cinzento (5YR 6/1, úmida); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajoso; transição plana e abrupta.

Bh - 93 – 140 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, seca) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmida); areia; maciça; dura, solta, não plástica e não pegajoso; transição plana.

Obs.: Horizonte Bh Espódico/ Estrutura do BH observada no material seco. Lençol freático a 140cm de profundidade.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E por extrato | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|--------------------|--------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------------|-------------------|
| Simb. | Prof. cm | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | dS/m ⁻¹ | g kg ⁻¹ | ----kg m ³ ---- | | | | | |
| A | 0-20 | | | | 739 | 156 | 80 | 25 | 0,417 | 3,2 | | 20,8 | |
| EA | 20-35 | | | | 758 | 143 | 81 | 18 | 0,106 | 4,5 | | 24,3 | |
| E | 35-93 | | | | 800 | 119 | 67 | 14 | 0,124 | 4,8 | | 27,4 | |
| Bh | 93-140 | | | | 325 | 581 | 52 | 42 | 0,167 | 1,2 | | 21,6 | |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | |
| | | g kg ⁻¹ | -----cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | -----%----- | mg kg ⁻¹ | |
| A | 6,9 | 3,0 | 1,40 | 0,50 | 0,35 | 0,62 | 2,87 | 0,00 | 0,12 | 2,99 | 96 | 0,0 | 5 |
| EA | 6,1 | 1,1 | 0,50 | 0,50 | 0,34 | 0,57 | 1,91 | 0,00 | 0,45 | 2,36 | 81 | 0,0 | 1 |
| E | 6,5 | 0,4 | 0,20 | 0,50 | 0,33 | 0,56 | 1,58 | 0,00 | 0,45 | 2,03 | 78 | 0,0 | 1 |
| Bh | 6,9 | 0,9 | 0,60 | 0,90 | 0,33 | 0,58 | 2,41 | 0,00 | 0,28 | 2,69 | 90 | 0,0 | 1 |

PERFIL PD 11

CLASSIFICAÇÃO– ESPODOSSOLO HUMILÚVICO hidromórfico arênico neofluvissólico e sódico, A fraco, textura arenosa, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 191902/9684742

SITUAÇÃO E DECLIVE –

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos arenosos e argilosos em profundidade

RELEVO LOCAL – Suave ondulado

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado

VEGETAÇÃO – Vegetação herbácea com cajueiros e carnaúbas

USO ATUAL –

EROSÃO –

DRENAGEM – Impedida

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 11/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 10 cm, cinzento claro (7,5YR 7/1, seca) e mosqueado bruno-forte (7,5YR 5/8), poucos e grandes; areia; pequena granular fraca; solta; transição clara.

E1 - 10 – 60 cm, bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, úmida); areia; grãos simples; solta; transição difusa.

E2 - 60 – 100 cm, vermelho-claro-acinzentado (2,5YR 7/2, úmida); areia; grãos simples; solta; transição clara.

Bh - 100 – 110 cm, preto (7,5YR 2,5/1, úmida); areia; maciça; solta; transição abrupta.

Hdob - 110 – 125 cm, preto (N2,5, úmida); areia franca; maciça com fragmentos de troncos; friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara.

Cgb – 125 – 160 cm, cinzento muito escuro (2,5Y 3/1, úmida) e mosqueado verde-acinzentado muito escuro (5G 3/2); franco arenosa; maciça; muito plástica e muito pegajoso.

Obs.: Não foi feita coleta da densidade do Bh e Cgb. Lençol freático aflorando a cerca de 90 cm. Presença de matéria orgânica ainda não decomposta no horizonte Hdbo com mais de 5 cm, fragmentos de troncos e grãos simples quando molhada.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|--------------------|----------------------------|-------------|---------------------|-------------------|
| Simb. | Prof. cm | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | dS/m ⁻¹ | ----kg m ⁻³ --- | | | |
| A | 0-10 | | | | 677 | 266 | 48 | 9 | 1,72 | 5,3 | 1,68 | | 56,7 |
| E1 | 10-60 | | | | 688 | 246 | 55 | 11 | 0,36 | 5,0 | 1,49 | | 27,9 |
| E2 | 60-100 | | | | 675 | 238 | 77 | 10 | 0,31 | 7,7 | 1,54 | | 31,2 |
| Bh | 100-110 | | | | 661 | 242 | 71 | 26 | 0,97 | 2,7 | - | | 24,8 |
| Hdob | 110-125 | | | | 65 | 723 | 130 | 82 | 0,21 | 1,6 | - | | 9,5 |
| Cgb | 125-160 | | | | 273 | 490 | 147 | 90 | 0,83 | 1,6 | - | | 4,2 |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. Assimilável |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | |
| | | g kg ⁻¹ | -----cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | -----%----- | mg kg ⁻¹ | |
| A | 6,8 | 2,52 | 1,80 | 2,40 | 0,35 | 6,11 | 10,66 | 0,0 | 0,12 | 10,78 | 99 | 0,0 | 6 |
| E1 | 6,6 | 7,56 | 0,40 | 0,80 | 0,34 | 0,70 | 2,25 | 0,0 | 0,28 | 2,53 | 89 | 0,0 | 3 |
| E2 | 5,4 | 0,10 | 0,50 | 0,50 | 0,34 | 0,66 | 2,00 | 0,1 | 0,12 | 2,12 | 95 | 4,7 | 4 |
| Bh | 3,7 | 3,12 | 0,80 | 0,90 | 0,33 | 0,76 | 2,79 | 0,5 | 0,28 | 3,07 | 91 | 16,3 | 4 |
| Hdob | 4,4 | 110,7 | 4,80 | 4,00 | 0,41 | 1,17 | 10,38 | 0,5 | 1,93 | 12,31 | 84 | 4,1 | 1 |
| Cgb | 4,5 | 5,54 | 1,80 | 2,30 | 0,41 | 0,85 | 5,36 | 0,5 | 14,80 | 20,16 | 27 | 2,5 | 1 |

PERFIL PD 12

CLASSIFICAÇÃO – VERTISSOLO HÁPLICO Sódico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 187558/9682127

SITUAÇÃO E DECLIVE – Plana

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO – Argilo siltosa

RELEVO LOCAL – Plana

RELEVO REGIONAL – Plana

VEGETAÇÃO – Campo aberto com vegetação herbácea

USO ATUAL –

EROSÃO –

DRENAGEM – Mal drenado

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota e Andréa Maciel

Data: 11/12/15

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 15 cm, coloração variegada, composta de bruno (7,5YR 5/3, seca), bruno escuro (7,5YR 3/4, úmida) e vermelho (10R 5/6) argilo siltosa; moderada pequena e cuneiforme; superfície de *slikenside*; firme e muito pegajoso; transição clara.

Bv – 15 – 60 cm, coloração variegada, composta de bruno escuro (7,5YR 3/4, úmida) e vermelho (10R 5/6); argilo siltosa; forte grande e cuneiforme; superfície de *slikensid*; firme, pegajoso e plástica; transição clara.

Cg - 60 – 100 cm, coloração variegada, composta de cinzento escuro (2,5Y 4/1, úmida) e vermelho-amarelado (5YR 4/6); franco siltosa; pegajoso e plástico.

Obs.: Não coletado a densidade do Cg.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | | C.E do extrato | | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|---|----------------|-----------------|---------|------------------|--------------------|---------|-------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | | Solo | Part. | |
| | cm | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | dS/m ⁻¹ | | | kg m ⁻³ | | |
| A | 0-15 | | | | 19 | 63 | 435 | 483 | 1,17 | | 0,9 | 1,72 | | 15,9 |
| Bv | 15-60 | | | | 49 | 90 | 448 | 413 | 1,62 | | 1,1 | 1,74 | | 7,9 |
| Cg | 60-100 | | | | 62 | 138 | 613 | 187 | 1,39 | | 3,3 | | | 21,0 |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável | |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | | |
| | | | -----cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | -----%----- |
| A | 4,8 | 7,76 | 3,80 | 11,50 | 0,50 | 4,11 | 19,91 | 0,20 | 5,89 | 25,80 | 77 | 0,8 | 3 | |
| Bv | 4,5 | 4,54 | 2,00 | 5,80 | 0,35 | 1,17 | 9,32 | 1,70 | 5,40 | 14,71 | 63 | 11,6 | 2 | |
| Cg | 4,7 | 8,97 | 1,40 | 5,50 | 0,44 | 3,73 | 11,06 | 1,40 | 6,72 | 17,78 | 62 | 7,9 | 1 | |

PERFIL PD 13

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO HÁPLICO Sódico neofluvissólico, A fraco, textura arenosa, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 201814/ 9683170

SITUAÇÃO E DECLIVE – Plana

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos arenosos

RELEVO LOCAL – Plana

RELEVO REGIONAL – Plana

VEGETAÇÃO – Campo aberto

USO ATUAL –

EROSÃO –

DRENAGEM – Mal drenado

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota

Data: 25/02/16

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 20 cm, (10YR 5/4, úmida), arenosa; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana .

Cg1- 20 – 40 cm, coloração variegada (2,5Y 5/2, úmida) arenosa; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana.

Cg2 - 40 – coloração variegada (2,5Y 5/2, úmida) arenosa; solta, não plástica e não pegajosa.

Observado com trado até 1m

Muito mal drenado com lençol freático até 20 cm.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|---------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | cm | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | dS/m ⁻¹ | | ----kg m ⁻³ --- | | |
| A | 0-20 | | | | 286 | 670 | 22 | 22 | | 1,0 | | | 56,7 |
| Cg1 | 20-40 | | | | 487 | 497 | 5 | 11 | | 0,5 | | | 27,9 |
| Cg2 | 40-60 | | | | 292 | 666 | 35 | 7 | | 5,0 | | | 31,2 |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. Ass. |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | |
| | | g kg ⁻¹ | -----cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | -----% | | mg kg ⁻¹ |
| A | 8,6 | 5,34 | 1,80 | 1,80 | 0,43 | 1,28 | 5,32 | 0,0 | 6,22 | 11,54 | 46 | 0,0 | 11,1 |
| E1 | 8,9 | 0,10 | 1,40 | 1,40 | 0,64 | 2,83 | 6,67 | 0,0 | 0,12 | 6,79 | 98 | 0,0 | 41,7 |
| E2 | 8,8 | 1,51 | 1,50 | 1,50 | 0,47 | 7,39 | 11,16 | 0,0 | 0,12 | 11,28 | 99 | 0,0 | 65,5 |

PERFIL PD 14

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO HÁPLICO Sódico neofluvissólico, A fraco, textura arenosa, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO – Fuso 24 S 201730/ 9683164

SITUAÇÃO E DECLIVE – Plana

FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos areno- argilosos de origem eólica e fluvial

RELEVO LOCAL – Plana

RELEVO REGIONAL – Plana

VEGETAÇÃO – Mangue

USO ATUAL –

EROSÃO –

DRENAGEM – Mal drenado

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso

ROCHOSIDADE – Não rochoso

Descrito e coletado por: João Amorim, Gustavo Valladares, Jéssica Frota

Data: 25/02/16

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 20 cm, (10YR 5/4, úmida), arenosa; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana.

Cg1- 20 – 40 cm, coloração variegada (2,5Y 5/2, úmida) arenosa; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana.

Cg2 - 40 – coloração variegada (2,5Y 5/2, úmida) arenosa; solta, não plástica e não pegajosa.

Horizonte tem variegado e cg1 tem mosqueado

Coletado com trado abaixo de uma lâmina d'água de 20 cm

Mangue de poste arbustivo representativo de contato de dunas e mangue

Coletado no momento da maré alta,

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | C.E do extrato | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST%) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|-----------------|---------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|---------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | Solo | Part. | |
| | cm | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | dS/m ⁻¹ | | ----kg m ⁻³ --- | | |
| A | 0-20 | | | | 307 | 413 | 132 | 148 | | 0,9 | | | 56,7 |
| Cg1 | 20-40 | | | | 415 | 423 | 73 | 89 | | 0,8 | | | 27,9 |
| Cg2 | 40-60 | | | | 333 | 551 | 86 | 30 | | 2,9 | | | 31,2 |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | C Orgânico | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. Ass. |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | |
| | | g kg ⁻¹ | -----cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | -----% | | mg kg ⁻¹ |
| A | 7,7 | 14,62 | 11,90 | 10,10 | 0,48 | 1,94 | 24,42 | 0,0 | 0,12 | 24,54 | 100 | 0,0 | 7,9 |
| Cg1 | 8,2 | 1,51 | 5,10 | 5,50 | 0,47 | 7,72 | 18,79 | 0,0 | 0,12 | 18,90 | 99 | 0,0 | 40,8 |
| Cg2 | 8,5 | 1,92 | 2,40 | 2,30 | 0,46 | 6,48 | 11,64 | 0,0 | 0,12 | 11,76 | 99 | 0,0 | 55,1 |

PERFIL PD15

CLASSIFICAÇÃO- CAMBISSOLO FLÚVICO Sódico vertissólico e salino, A moderado, textura argilosa/média, fase relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNÍCIPIO, ESTADO E COORDENADAS: Próximo ao povoado barro vermelho, Parnaíba, Piauí, 186764/ 9680172, fuso 24S

SITUAÇÃO, DECLIVE: Playa (área de acumulação de água).

MATERIAL ORIGINÁRIO/ FORMAÇÃO GEOLÓGICA: sedimentos aluviais finos

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

VEGETAÇÃO E USO ATUAL: carnaubal/ pastagem

EROSÃO: laminar fraca

DRENAGEM: mal drenado

PEDREGOSIDADE/ROCHOSIDADE: ausente

DESCRITO E COLETADO POR- Valladares e Renê

DATA - 19/10/2013

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A- 0-15 cm, bruno (7,5YR 4/2, úmida) e bruno-claro (7,5 YR 6/3, seca); argilosa; moderado, grande, blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

2Biv- 15-45 cm, cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmida) e bruno acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-siltosa; forte, grande, cuneiforme; superfícies de compressão abundantes e forte; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

| Horizonte | | Frações da Amostra Total | | | Composição Granulométrica da Terra Fina | | | | Arg. Disp. em H ₂ O | Grau de Floc. % | Rel. Silte/Argila | Densidade | | Sat por Na (PST %) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|---|--------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------|--|--------------------------------------|---------------------|
| Simb. | Prof. | Calhau | Casc. | Terra Fina | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | | Solo | Part. | |
| | cm | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | ----kg m ⁻³ --- | | | |
| A | 0-15 | | | | 9 | 46 | 350 | 595 | | | 0,6 | | 21,8 | |
| 2Biv | 15-45 | | | | 11 | 36 | 797 | 157 | | | 5,1 | | 34,9 | |
| Hor. | Água pH(1:2,5) | KCIN | Complexo Sortivo | | | | | | | | Valor V | Sat. por Al (m) | P. assimilável | |
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S | Al ³⁺ | H+Al | Valor T | | | | |
| | | | -----Cmol kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | -----%----- | | mg kg ⁻¹ |
| A | 4,4 | 3,8 | 8,7 | 11,5 | 1,3 | 8,2 | 29,8 | 0,1 | 7,8 | 37,6 | 79 | 3 | 12 | |
| 2Biv | 4,5 | 3,5 | 5,7 | 12,7 | 0,4 | 13,6 | 32,4 | 1,6 | 6,6 | 39,0 | 83 | 5 | 6 | |
| Hor. | C Orgânico | N | CE | Ataque Sulfúrico | | | | | | Ki | Kr | Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ Livre | Equivalent e CaCO |
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | Mno | | | | -----g kg ⁻¹ ----- | |
| | | | -----g kg ⁻¹ ----- | dS/m | -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | |
| A | 20,2 | | 4,5 | | | | | | | | | | | |
| 2Biv | 10,4 | | | 279,0 | 143,5 | 45,6 | 11,1 | | 0,42 | 3,31 | 2,75 | | | |