



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

TESE DE DOUTORADO

**DISTRIBUIÇÃO E GÊNESE DE  
ESPODOSSOLOS DA PLANÍCIE COSTEIRA  
NORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA**

**DANIEL ALEXANDRE HEBERLE**

LAGES, 2017

**DANIEL ALEXANDRE HEBERLE**

**DISTRIBUIÇÃO E GÊNESE DE ESPODOSSOLOS DA PLANÍCIE COSTEIRA  
NORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo, no Centro de Ciências Agroveterinárias,  
da Universidade do Estado de Santa Catarina, como  
requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em  
Ciência do Solo

Orientador: Prof. Dr. Jaime A. de Almeida  
Coorientador: Prof. Dr. Pablo Vidal-Torrado

**Lages, 2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Heberle, Daniel Alexandre  
DISTRIBUIÇÃO E GÊNESE DE ESPODOSSOLOS DA  
PLANÍCIE COSTEIRA NORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA  
/ Daniel Alexandre Heberle. - Lages , 2017.  
160 p.

Orientador: Jaime Antonio de Almeida  
Co-orientador: Pablo Vidal-Torrado  
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo, Lages, 2017.

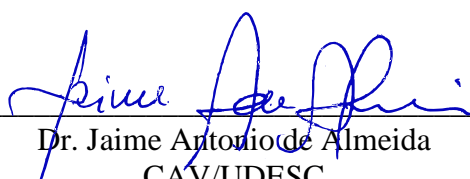
1. podzolização. 2. restinga. 3. piçarra. 4. solo-  
paisagem. 5. geomorfologia costeira. I. Almeida,  
Jaime Antonio de. II. Vidal-Torrado, Pablo. ,  
.III. Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.

# **DISTRIBUIÇÃO E GÊNESE DE ESPODOSSOLOS DA PLANÍCIE COSTEIRA NORTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA**


Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência do Solo.

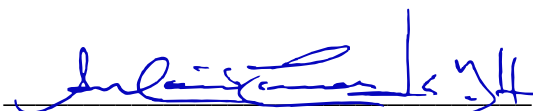
## **Banca Examinadora**

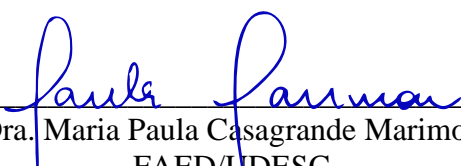
Orientador:

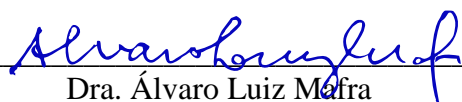
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jaime Antonio de Almeida  
CAV/UDESC

Membros:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Perobelli Ferreira  
UFFS/Campus Chapecó

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Antonio Lunardi Neto  
UFSC/Campus Curitibanos

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Maria Paula Casagrande Marimon  
FAED/UDESC

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Álvaro Luiz Mafra  
CAV/UDESC

Lages, 30 de novembro de 2017

## **AGRADECIMENTO**

À Universidade do Estado de Santa Catarina, por meio do Centro de Ciências Agroveterinária e do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Ao Professor Jaime Antonio de Almeida, pela primorosa orientação, ensinamentos amizade, e sobre tudo paciência.

Ao professor Pablo Vidal-Torrado por dividir um pouco do seu conhecimento na coorientação deste trabalho.

À professora Maria Paula Casagrande Marimon por sempre ter incentivado, pois foi quando tudo começou, e principalmente pela amizade.

À professora Edna por todas as discussões geomorfológicas e, principalmente pela amizade.

Ao professor Peter Buurman pela contribuição e ensinamentos.

Ao professor Angulo e professora Cristina, pela aula à campo sobre planície costeira.

Aos professores do CAV/UDESC, pela oportunidade de participação nas disciplinas, pelo conhecimento transmitido

Aos funcionários do CAV, Ederson, Leandro, Melissa, Henrique, Marcos, Maurício, Ademir e Mateus.

Aos funcionários da ESALQ, Sônia e Chiquinho

Aos colegas de laboratório, Pablo, Francisco e Gabriel pela troca de experiências.

À minha esposa e parceira Elaine, por todo apoio, compreensão, paciência e incentivo, bem como toda ajuda provida durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Enfim, gostaria de agradecer a todas aquelas pessoas que de uma maneira ou de outra contribuíram para a realização dessa tese de doutorado.

**Muito obrigado!**

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi de estudar três aspectos ambientais sobre Espodossolos: i) conhecer a geomorfologia da planície costeira onde se desenvolvem os solos e representá-la em um mapa; ii) caracterizar e interpretar a gênese dos Espodossolos distribuídos nos diferentes ambientes geomorfológicos em três topossequência; iii) e por fim, com auxílio das três topossequências conhecer a distribuição dos Espodossolos ao longo da planície costeira de modo a identificar os sistemas pedológicos que estão presentes na área de estudo. Para atingir os objetivos foram descritos e coletados 19 perfis de solos, sendo um Gleissolo, um Organossolo, quatro Neossolos Quartzarênicos e 13 Espodossolos, dispostos em topossequências que transeccionam diferentes unidades geomorfológicas da planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul. A pesquisa está apresentada em três capítulos em que o primeiro apresenta o mapa dos ambientes geomorfológicos presentes da planície costeira na área de estudo e a interpretação dos processos envolvidos na gênese da região de estudos com auxílio de fotografias aéreas, modelo de elevação digital do terreno e da superfície, e mapeamento em ambiente SIG (1:125.000); o segundo capítulo apresenta a caracterização dos perfis de solos estudados e a discussão da sua gênese com base na morfologia com auxílio de diferentes análises: complexo sortivo, textura, fluorescência de raios-X, extração seletiva do Fe e Al e micromorfologia; o terceiro capítulo, com base nos resultados dos capítulos I e II e com auxílio das informações das três topossequências foram identificados os sistemas pedológicos que melhor representam a distribuição dos solos na planície costeira estudada e apresentados em ilustrações com os perfis topográficos. Dentre os ambientes geomorfológicos identificados o Terraço Marinho é a unidade representativa da região estudada, de idade pleistocênica, altitudes variáveis de 10 a 12 metros acima do nível do mar podendo ser observadas altitudes maiores em pequenas porções não mapeadas. Com decaimento altimétrico em direção ao oceano ocorre uma borda do terraço dissecado, zona de contato com a unidade geomorfológica Planície Lagunar que possui altitudes inferiores, e varia de 6 a 9 metros em relação ao nível do mar, também de idade pleistocênica com granulometria similar: areia fina, bem a muito bem selecionado, simetria muito negativa a aproximadamente simétrica. A segunda grande unidade geomorfológica presente na região de estudo é a Planície Lagunar, composta de sedimentos paludiais, esta foi dividida em dois subsistemas, mais interno com depósitos paludiais em camadas superiores a 1,30 metros de profundidade e, outro subsistema de depósitos paludiais que não ultrapassam 30 a 40 centímetros, depositados sobre camadas de materiais finos intercaladas com camadas mais grosseiras, até os 1,8 metros de profundidade. As unidades geomorfológicas como Campo de Dunas e Planícies Praiais, devido a menor expressão na área de interesse, foram agrupadas no mapa representando as demais feições geomorfológicas. Nestes ambientes foram encontrados diferentes tipos de solos com morfologias diversas. São solos predominantemente arenosos de baixa fertilidade natural, distribuídos em relação a drenagem como bem drenado a mal drenado. A drenagem na planície costeira não é totalmente relacionada a posição altimétrica do perfil e sim a fatores como estratificação, proximidade com drenagens naturais e configuração interna dos processos pedogenéticos ao longo da planície. Os Espodossolos estudados apresentaram teores de  $F_{ep}$ ,  $Fe_{ox}$ ,  $Fe_d$  e carbono total maiores do que o encontrado nas planícies costeiras do estado de São Paulo, o que gerou a necessidade de definir um critério prático e visual para classificar os horizontes em Bh/Bhm ou Bhs/Bhsm. Baseado na queima da matéria orgânica na mufla, foi construído uma palheta comparativa de cores das amostras naturais e calcinadas, e considerou-se como uma amostra de Bhs/Bhsm aquelas que imprimissem cores observáveis a olho nú, típicas de tingimento por óxidos de ferro. A morfologia indicou perfis com intensas alterações devido a degradações dos horizontes espódicos. A micromorfologia evidenciou a

predominância de matéria orgânica monomórfica em perfis mal drenados proveniente da podzolização lateral, formando os horizontes espódicos mais espessos. A distribuição dos solos na planície costeira apresentada nas topossequências não somente obedecem um gradiente topográfico mas também um gradiente de hidromorfia. Em termos gerais, o principal sistema pedológico é definido pela evolução lateral do Neossolo Quartzarênico – Espodossolo Humilúvico/Ferri-humilúvico Órtico – Espodossolo Humilúvico/Ferrihumilúvico Hidromórfico – Gleissolo Melânico/Háplico – Organossolo Háplico. Este sistema obedece um gradiente hidromórfico.

**Palavra-Chave:** podzolização, restinga, piçarra, solo-paisagem, geomorfologia costeira.

## ABSTRACT

The objective of this research was to study three environmental aspects about Espodosolos: i) to know the geomorphology of the coastal plain where the soils are developed and to represent it on a map; ii) characterize and interpret the genesis of Espodosolos distributed in different geomorphological environments in three topossequences; iii) and finally, with the help of the three topossequences, to know the distribution of Espodosolos along the coastal plain in order to identify the pedological systems that are present in the study area. In order to reach the objectives, 19 soil profiles were described, being one Gleissolo, one Organosolo, four Neossolos Quartzarênicos and 13 Espodosolos, arranged in topossequences that transect different geomorphological units of the coastal plain of the municipalities of Araquari and Balneário Barra do Sul. Is presented in three chapters in which the first presents the map of the present geomorphological environments of the coastal plain in the study area and the interpretation of the processes involved in the genesis of the study region with the aid of aerial photographs, digital terrain and surface elevation model, and mapping in GIS environment (1:125,000); the second chapter presents the characterization of the soil profiles studied and the discussion of their genesis based on morphology with the aid of different analyzes: sorption complex, texture, X-ray fluorescence, selective Fe and Al extraction and micromorphology; the third chapter, based on the results of Chapters I and II and with the help of information from the three topossequences, identified the pedological systems that best represent the distribution of the soils in the studied coastal plain and presented in illustrations with the topographic profiles. Among the identified geomorphological environments, the Marine Terrace is the representative unit of the studied region of Pleistocene age, varying altitudes of 10 to 12 meters above sea level, and higher altitudes can be observed in small unmapped portions. With an altimetric decay toward the ocean there is a border of the dissected terrace, a zone of contact with the geomorphological unit Lagoonal Plain that has lower altitudes, and varies from 6 to 9 meters in relation to sea level, also of pleistocene age with similar granulometry: fine sand, well to very well selected, very negative symmetry to approximately symmetrical. The second major geomorphological unit present in the region of study is the Lagoonal Plain that has lower altitudes, and varies from 6 to 9 meters in relation to sea level, als Plain, composed of paludial sediments, which was divided into two subsystems, more internal with paludal deposits in layers greater than 1.30 meters deep, and another subsystem of paludal deposits do not exceed 30 to 40 centimeters, deposited on layers of fine materials interspersed with coarser layers, up to 1.8 meters deep. The geomorphological units such as Dunes Field and Praia Plains, due to the smaller expression in the area of interest, were grouped in the map representing the other geomorphological features. In these environments different types of soils with different morphologies were found. They are predominantly sandy soils with low natural fertility, distributed in relation to drainage as well drained and poorly drained. Drainage in the coastal plain is not totally related to the altimetric position of the profile, but to factors such as stratification, proximity to natural drainage and internal configuration of pedogenetic processes along the plain. The studied Espdossolos presented Fe (pyrophosphate), Fe (oxalate), Fe (ditiotionite) and total carbon content higher than that found in the coastal plains of the state of São Paulo, which generated the need to define a practical and visual criterion to classify the horizons in Bh/Bhm or Bhs/Bhsm. Based on the burning of the organic matter in the muffle, a comparative color palette of the natural and calcined samples was constructed, and those which imparted observable color to the naked eye, typical of iron oxide dyeing, were considered as a Bhs/Bhsm sample. The morphology indicated profiles with intense alterations due to degradations of the spodic horizons. Micromorphology evidenced the predominance of monomorphic organic matter in poorly drained profiles from lateral podzolization, forming the



thickest spodic horizons. The distribution of soils in the coastal plain presented in the topossequences not only obeys a topographic gradient but also a hydromorph gradient. In general terms, the main pedological system is defined by the lateral evolution of the Neossolo Quartzarênico – Espodossolo Humilúvico/Ferri-humilúvico Órtico – Espodossolo Humilúvico/Ferrihumilúvico Hidromórfico – Gleissolo Melânico/Háplico – Organossolo Háplico. This system obeys a hydromorphic gradient.

**Key words:** podzolization, restinga, piçarra, soil-landscape, coastal geomorphology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Perfis esquemáticos de duas associações vegetais em ambientes bem drenados e mal drenados, descritos por Klein (1984), para vegetação de restingas. ....	19
Figura 2 – Localização da região de estudo com a distribuição dos pontos de perfis amostrados. ....	22
Figura 3 – Mapa dos ambientes geomorfológicos da região de estudo, localizada na planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul. ....	37
Figura 4 – Topossequências I, II e III referentes ao mapa da figura 3 apresentando os diferentes ambientes geomorfológicos. ....	38
Figura 5 – Fotografia de um corte em terreno localizado na porção mais elevada do terraço marinho pleistocênico, com morfologia de paleodunas. ....	42
Figura 6 – Detalhe a posição topográfica do perfil P10, indicando decaimento próximo em direção a Leste da planície. ....	44
Figura 7 – Detalhe da heterogeneidade de formas de relevo identificada no Terraço Marinho Praial Mais Elevado, no entorno dos perfis 01 e 15. ....	45
Figura 8 – Sedimentos paludiais sobre terraço marinho pleistocênico (perfil 03). ....	46
Figura 9 – Detalhe da planície lagunar formada por sedimentos finos intercalados com sedimentos grosseiros. ....	48
Figura 10 – Distribuição granulométrica dos sedimentos do perfil P18 (Gleissolo Háptico) .	49
Figura 11 – Paisagem da planície lagunar, composta predominantemente de sedimentos paludiais. ....	49
Figura 12 – Análise de dissimilaridade dos teores totais de elementos químico analisados por FRX pelo método Omnian. ....	53
Figura 13 – Ilustração das formas de matéria orgânica polimórfica (a, b) e monomórfica (c, d), das amostras estudadas. ....	66
Figura 14 – Localização e identificação dos 19 perfis coletados e analisados, que resultou em 12 tipos de solos reconhecidos na planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul, SC. ....	73
Figura 15 – Palheta comparadora de amostras em estado natural (N) comparadas com amostras calcinadas (C). ....	77
Figura 16 – Neossolo Quartzarênico Órtico espodossólico: (a) fotografia do perfil; (b) detalhes da transição entre os horizontes AE e C1; (c) detalhe do horizonte C1; (d) detalhe do horizonte AE. ....	78

- Figura 17 – Imagens de lâminas delgadas do perfil P1, (a) lâmina delgada fotografada sob luz negra com feições realçadas pelo corante fluorescente, (b) detalhe da lamela aumento de 20X, (c) detalhe da matéria orgânica polimórfica (aumento de 40X) 80
- Figura 18 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico: (a) fotografia do perfil P5; (b) fotografia do perfil P9; (c) fotografia do perfil P11; (d) detalhes do horizonte Ap do perfil P5; (e) detalhes das lamelas do horizonte C1 do perfil P9; (f) detalhe das lamelas do horizonte C1 do perfil P11..... 81
- Figura 19 – Lâminas delgadas sob luz negra dos perfis P5 e P11. (a) lâmina do horizonte Ap evidenciando a morfologia da matéria orgânica acumulada neste horizonte; (b) detalhes dos grânulos de MO acumulada no horizonte Ap; (c) detalhes do acúmulo de MO de um único grânulo; (d) lâmina delgada sob luz negra do horizonte C1 apresentando revestimento ferruginoso sobre os grãos de quartzo; (d,f) detalhe do revestimento no horizonte C1..... 84
- Figura 20 – Espodossolo Humilúvico Órtico típico: (a) fotografia do perfil P2; (b) detalhes da degradação entre os horizontes E e Bh; (c) detalhe do fluxo de água de dentro do perfil..... 85
- Figura 21 – Lâminas delgadas do perfil P2 (a) lâmina da transição entre horizontes E e Bh, (b) maior nível de detalhe da lâmina em transição de horizontes E e Bh, (c) detalhe dos revestimentos em torno dos grãos com reduzidos teores de MO no E, (d) detalhe de preenchimento de MO monomórfica no Bh, (e) lâmina delgada do horizonte Bhm, (f) detalhe da lâmina delgada do horizonte Bhm, (g) detalhe de revestimento de MO com presença de Fe, (h) detalhe de revestimento de MO monomórfica. .... 87
- Figura 22 – Espodossolos Humilúvicos Órticos dúricos: (a) fotografia do perfil P4; (b) fotografia do perfil P17; (c) fotografia do perfil P15; (d) detalhe da degradação do topo do horizonte Bhm do perfil P4; (e); detalhe da degradação do horizonte Bh do Perfil P4; (f) detalhe da podzolização ocorrendo sobre um horizonte Bhm do perfil P17. .... 89
- Figura 23 – Lâminas delgadas do perfil P4. (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes EBh e Bh; (b) micrografia do horizonte Bh evidenciando matéria orgânica polimórfica; (c) detalhe do horizonte EBh com parcial impregnação de matéria orgânica monomórfica; (d) lâmina com pigmento fluorescente da transição do entre horizonte E e BhBhm; (e) detalhe da micrografia com preenchimento de matéria orgânica polimórfica; (f) detalhe de preenchimento de matéria orgânica monomórfica no horizonte BhBhm. .... 91
- Figura 24 – Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico: (a) fotografia do perfil P12; (b) fotografia do perfil P19; (c) fotografia do perfil P16; (d) detalhe da degradação do horizonte E1 do perfil P12; (e) Detalhes dos horizontes E-Bh1-Bh2; (f) fotografia do perfil P10; ..... 92
- Figura 25 – Lâminas delgadas dos perfis P10 e P12; (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes E-Bh1-Bh2 do perfil P10; (b) micrografia da transição entre horizonte E e Bh1; (c) micrografia do horizonte E; (d) micrografia do horizonte Bh1 evidenciando o preenchimento com matéria orgânica monomórfica; (e) lâmina com pigmento fluorescente do horizonte Bhm do perfil P12; (f) detalhe

de preenchimento de matéria orgânica monomórfica; (g) detalhe de região da lâmina delgada P12Bhm sem preenchimento de matéria orgânica monomórfica; (h) detalhe do revestimento dos grãos da região descrita na figura (g); (i) lâmina com pigmento fluorescente do horizonte Bh2 do perfil P12, (j) detalhe evidenciando o revestimento dos grãos com matéria orgânica sem óxidos de ferro; (k) lâmina com pigmento fluorescente da entre horizontes E1Bh1do perfil P12; (l) detalhe da alteração desta transição com porções com e sem matéria orgânica monomórfica.  
..... 95

Figura 26 – Espodossolo Humilúvico Hidromórfico dúrico: (a) fotografia do perfil P13; (b) detalhe da transição dos horizontes E e Bh1 do perfil P13. .... 96

Figura 27 – Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico dúrico: (a) fotografia do perfil P06; (b) fotografia frontal do perfil P06. .... 98

Figura 28 – Lâminas delgadas do perfil P6. (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes E e Bh1; (b) micrografia do horizonte Bh1 com aumento de 20X; (c) detalhe do aumento das feições de degradação do horizonte EBh com aumento de 30X; (d) lâmina com pigmento fluorescente da transição do entre horizonte EBh e Bh1 com nódulo de óxido de ferro em evidencia; (e) detalhe do nódulo de ferro na transição entre horizontes; (f) detalhe de preenchimento com óxido de ferro; (g) lâmina com pigmento fluorescente do horizonte Bhsm; (h) micrografia do horizonte Bhsm; (i) detalhe do preenchimento de com óxido de ferro e matéria orgânica. 100

Figura 29 – Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico típico: (a) fotografia do perfil P14; (b) detalhe das transições entre os horizontes E, Bhs1 e Bhs2..... 101

Figura 30 – Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico dúrico: (a) fotografia do perfil P7; (b) detalhe das transições entre os horizontes E-BhE- Bh; (c) detalhe do horizonte cimentado Bhsm..... 103

Figura 31 – Lâminas delgadas do perfil P7. (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes EBh-Bh; (b) micrografia do horizonte EBh; (c) detalhe do horizonte Bh com preenchimento de matéria orgânica monomórfica e preenchimento de óxido de ferro; (d) lâmina com pigmento fluorescente do horizonte Bhsm; (e) detalhe da micrografia com revestimento de óxido de ferro, (f) detalhe do revestimento de óxido de ferro nos grãos do horizonte Bhsm. .... 104

Figura 32 – Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico típico: (a) fotografia do perfil P8; (b) detalhe da transição entre os horizontes Bhs-C; (c) detalhe das transições entre os horizontes EA-BhE-Bh1. .... 105

Figura 33 – Lâminas delgadas do perfil P8. (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes E-BhE-Bh; (b) micrografia do horizonte E e BhE; (c) detalhe do horizonte Bh com preenchimento de matéria orgânica monomórfica; (d) lâmina com pigmento fluorescente do entre horizonte Bhsm; (e) detalhe da micrografia com preenchimento de matéria orgânica monomórfica. .... 107

Figura 34 – Perfil P3 Organossolo Háplico Fíbrico típico..... 109

Figura 35 – Perfil P18 Gleissolo Melânico Tb Distrófico organossólico ..... 110

Figura 36 – Detalhe da percolação da água extravasando pela parede do perfil devido a diferença de condutividade hidráulica do horizonte E em relação ao Horizonte Bh. ....	125
Figura 37 – Detalhe da degradação do topo do Bh do perfil 04 indicando morfologia de degradação do topo. ....	126
Figura 38 – Configuração morfológica da situação do perfil P15.....	127
Figura 39 – Localização na paisagem morfológica dos perfis P4, P11, P13 e P19.....	129
Figura 40 – Painel das ilustrações esquemáticas dos perfis de solo referentes a topossequência I apresentados na mesma sequência que na transeção.....	130
Figura 41 – Perfil esquemático da topossequência I .....	130
Figura 42 – Painel das ilustrações esquemáticas dos perfis de solo referentes a topossequência II apresentados na mesma sequência que na transeção. ....	131
Figura 43 – Gráfico da frequência acumulada da granulometria dos perfis P10, P14 e P17. ....	132
Figura 44 – Mapa detalhado a heterogeneidade ambiental local dos perfis P10, P14 e P17. ....	133
Figura 45 – Perfil esquemático da topossequência II.....	133
Figura 46 – Gráfico da frequência acumulada da granulometria dos perfis P5, P6, P7, P8, P9 e P16. ....	134
Figura 47 – Perfil esquemático da topossequência III.....	135

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Malhas das peneiras em milímetros e a correspondência em escala phi, durante análise granulométrica no software SisGran 3.0.....	32
Tabela 2 – Parâmetros utilizados pelo Software SisGran 3.0, proposto por Folk & Ward, (1956), para realização das análises de granulometria nas 18 amostras coletadas na região de estudada. ....	33
Tabela 3 – Valores absolutos da datação por luminescência opticamente estimulada – LOE e radiocarbono (14C) dos perfis localizados na região de estudo.....	34
Tabela 4 – Formas de relevo presentes na planície costeira da região estudada, baseadas em estudos existentes para o litoral Norte do estado de Santa Catarina, com nomenclatura segundo o Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009). ....	36
Tabela 5 - Resultados da granulométrica das amostras dos perfis estudados da fração areia segundo os ambientes geomorfológicos mapeados.....	47
Tabela 6 – Valores absolutos da datação por luminescência opticamente estimulada – LOE e Radiométrica (C14) dos perfis estudados nos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul, SC.....	51
Tabela 7 – Teores médios de elementos químicos expressados em óxidos analisados por fluorescência de raios-x (método Omnian semi-quantitativo). ....	52
Tabela 8 – Concentração de óxidos em cada ponto da curva em “pó solto” utilizada na calibração do FRX.....	69
Tabela 9 – Parâmetros da calibração da aplicação final pronto para determinação dos teores totais dos elementos de interesse.....	70
Tabela 10 – Malhas das peneiras em milímetros e a correspondência em escala phi, durante análise granulométrica no software SisGran 3.0.....	71
Tabela 11 – Parâmetros utilizados pelo Software SisGran 3.0, proposto por Folk & Ward, (1956), para realização das análises de granulometria nas 18 amostras coletadas na região de estudada. ....	72
Tabela 12 – Dados analíticos dos teores de Fe em amostras extraídas com pirofosfato de sódio ( $Fe_p$ ), oxalato ácido de amônio ( $Fe_{ox}$ ), ditionito-citrato ( $Fe_d$ ) e Ferro total ( $Fe_t$ ) por FRX. ....	75
Tabela 13 – Dados de caracterização referentes ao perfil P1 .....	79
Tabela 14 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P1 .....	79
Tabela 15 – Dados da caracterização química e física dos perfis P5, P9 e P11. ....	82
Tabela 16 – Dados das análises de extração seletiva e teores total de Ferro e Alumínio dos perfis P5, P9 e P11. ....	83

Tabela 17 – Dados da caracterização química e física do perfil P2. ....	86
Tabela 18 – Dados das análises de extração seletiva e teores totais (FRX) de Ferro e Alumínio do perfil P2. ....	86
Tabela 19 – Dados da caracterização química e física referentes aos perfis P4, P15 e P17. ...	89
Tabela 20 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P4, P15 e P17. ....	90
Tabela 21 – Dados da caracterização química e física referentes aos perfis P10, P12, P16 e P19. ....	93
Tabela 22 – Dados químicos de Fe e Al referentes aos perfis P8, P10, P12, P16 e P19.....	94
Tabela 23 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P13.....	97
Tabela 24 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P13 .....	97
Tabela 25 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P6.....	99
Tabela 26 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P6 .....	99
Tabela 27 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P14.....	101
Tabela 28 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P14 .....	102
Tabela 29 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P7.....	103
Tabela 30 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P7 .....	104
Tabela 31 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P8.....	106
Tabela 32 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P8 .....	106
Tabela 33 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P3.....	108
Tabela 34 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P18.....	110
Tabela 35 – Datação de sedimentos por LOE e Carbono 14 dos perfis e suas respectivas profundidades e topossequências.....	124

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO I – ASPECTOS DA GEOMORFOLOGIA DA PLANÍCIE COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE ARAQUARI E BALNEÁRIO BARRA DO SUL.....</b>	<b>26</b>
2.1	INTRODUÇÃO.....	26
2.2	METODOLOGIA .....	30
2.2.1	Delimitação e identificação das formas de relevo.....	30
2.2.2	Granulometria .....	31
2.2.3	Teores totais de elementos químicos por fluorescência de raios-X.....	33
2.2.4	Datação por LOE e 14C.....	34
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
2.3.1	Geomorfologia da Área de Estudo.....	35
2.3.1.1	<i>Terraços Marinhos .....</i>	<i>40</i>
2.3.1.2	<i>Planície Lagunar/Fluviomarinha .....</i>	<i>47</i>
2.3.2	Datação por LOE e 14C.....	50
2.3.3	Fluorescência de Raios-X.....	51
2.4	CONCLUSÃO.....	54
2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DOS SOLOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE ARAQUARI E BALNEÁRIO BARRA DO SUL, SANTA CATARINA.....</b>	<b>60</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	60
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	63
3.2.1	Descrição, Coleta, Preparo das Amostras .....	63
3.2.2	Classificação dos Solos em Humilúvico e Ferri-Humilúvico .....	64
3.2.3	Caracterização Química .....	64
3.2.4	Extrações Seletivas de Fe e Al .....	65
3.2.5	Micromorfologia.....	66
3.2.6	Análise Química Elementar por Fluorescência de Raios-X .....	67
3.2.7	Análise Granulométrica.....	70
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	72
3.3.1	Critérios Utilizados na Classificação de Horizontes B Espódicos.....	73
3.3.2	Caracterização e Gênese dos solos .....	78
3.3.2.1	<i>Neossolo Quartzarênico Órtico espodossólico (RQo1).....</i>	<i>78</i>
3.3.2.2	<i>Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo2).....</i>	<i>80</i>
3.3.2.3	<i>Espodossolo Humilúvico Órtico típico (EKo1) .....</i>	<i>84</i>
3.3.2.4	<i>Espodossolo Humilúvico Órtico dúrico (EKo2).....</i>	<i>88</i>
3.3.2.5	<i>Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico (EKg1).....</i>	<i>92</i>



3.3.2.6	<i>Espodossolo Humilúvico Hidromórfico dúrico (EKg2)</i> .....	96
3.3.2.7	<i>Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico dúrico (ESKo1)</i> .....	98
3.3.2.8	<i>Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico típico (ESKo2)</i> .....	100
3.3.2.9	<i>Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico dúrico (ESKg1)</i> .....	102
3.3.2.10	<i>Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico típico (ESKg2)</i> .....	105
3.3.2.11	<i>Organossolo Háptico Fíbrico típico (OXfi)</i> .....	108
3.3.2.12	<i>Gleissolo Melânico Tb Distrófico organossólico (GMbd)</i> .....	109
3.4	CONCLUSÕES .....	111
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	112
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO III – SISTEMAS PEDOLÓGICOS DA PLANÍCE COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE ARAQUARI E BALNEÁRIO BARRA DO SUL, SANTA CATARINA.</b> .....	<b>120</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	120
4.2	METODOLOGIA .....	121
4.2.1	<b>Delimitação e identificação das formas de relevo</b> .....	<b>121</b>
4.2.2	<b>Definição das Topossequências</b> .....	<b>122</b>
4.2.3	<b>Descrição morfológica dos perfis</b> .....	<b>122</b>
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	123
4.3.1	<b>Topossequência I</b> .....	<b>123</b>
4.3.2	<b>Topossequência II</b> .....	<b>131</b>
4.3.3	<b>Topossequência III</b> .....	<b>134</b>
4.3.4	<b>Sistemas Pedológicos da Planície Costeira</b> .....	<b>135</b>
4.4	CONCLUSÃO .....	137
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	137
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>139</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>141</b>



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As planícies costeiras são superfícies geomorfológicas deposicionais de baixo gradiente formadas por sedimentação predominantemente subaquosa, que margeiam corpos de água de grandes dimensões como o mar ou oceano, representados por faixas de terrenos recentes emersos e compostas o por sedimentos marinhos, continentais, flúvio-marinhos, lagunares e paludiais, em geral de idade quaternária. São formadas por terrenos de baixa altitude, adjacentes aos continentes e oceanos, compostas de sedimentos oriundos de rochas do Embasamento Cristalino e bacias sedimentares (SUGUIO, 2003; VILLWOCK, 1972).

No estado de Santa Catarina a província costeira, assim chamada por Villwock, (1972), possui uma área de 66.212 km<sup>2</sup> e compreende um setor emerso que é a própria planície costeira e a orla, com uma área de 4.212 km<sup>2</sup>, o que representa 4,35% da área total do estado. Além disso há um sistema submerso, denominado de plataforma continental, com 62.000 km<sup>2</sup>, caracterizado pela sedimentação das bacias marginais marinhas de Santos e Pelotas (ROSA & HERRMAN, 1986). Estas bacias são as principais fontes atuais de sedimentos trazidos e depositados pelo mar por meio da ação das ondas.

Simplificando o mecanismo de construção da planície costeira, este pode ser descrito como uma sincronia de eventos típicos onde as correntes marinhas e a ação das ondas transportam e depositam sedimentos oriundos da plataforma continental na zona de espraiamento. Com o recuo do mar pela variação da maré o vento atua sobre os sedimentos secos recém depositados transportando-os para o interior da planície e retrabalhando-os ao longo de toda superfície. Importante salientar que a fonte dos sedimentos se dá a partir do intemperismo do embasamento e demais formações que formam os continentes, e foram transportados para o oceano pelos rios, e em mesma proporção por deposição direta (base das amostras).

Este mecanismo de aporte de sedimentos que ocorre atualmente, bem como durante todos os eventos de regressão e transgressão marinhas do Cenozóico, foram responsáveis pela construção da paisagem, conferindo à zona costeira a formação de ampla planície de sedimentos terciários e quaternários, depositados predominantemente em ambiente marinho, continental ou transicional (VILLWOCK et al., 2005).

Há evidências na costa catarinense de que o nível do mar tenha alcançado 8 ( $\pm 2$ ) metros acima do atual em torno de 120.000 anos A.P., e ter atingido 4,5 ( $\pm 0,5$ ) metros acima do atual, em torno de 5.100 anos A.P. Essas fases de níveis mais altos são reconhecidas como Transgressão pleistocênica e Transgressão holocênica, respectivamente (SUGUIO et al, 1985).

Sobre essa dinâmica geológica-geomorfológica, as planícies costeiras foram sendo ocupadas por comunidades vegetais específicas, e diante da diversidade, tanto de topografia como ambiental, propiciou a formação de muitos habitats compostos por vegetação diversa e especializada (ARAÚJO & LACERDA, 1984; MARTINS, 2009). A evolução desses ambientes deu origem aos ecossistemas costeiros conhecidos como “vegetação de restingas” (WAECHTER, 1985) que uma vez estabelecidas, desencadearam importantes transformações pedológicas e um papel fundamental na estabilização dos sedimentos e manutenção da drenagem natural, e refletem a complexidade espacial dos solos da planície costeira (MARTINS, 2009).

Esta vegetação, de características muito peculiares, compreende um conjunto diversificado de tipos de vegetação que ocupam toda planície costeira (HUECK, 1955), e compreende fisionomias originalmente denominadas como herbáceo-subarbustiva, arbustiva ou arbórea (FALKENBERG, 1999). Podem ocorrer em mosaico e muitas vezes em função de gradientes topográficos locais podem ser do tipo bem drenado, inundável e mal drenado (WAECHTER, 1990). Compreende-se como vegetação de restinga as comunidades de plantas vasculares do litoral arenoso do Brasil, iniciando na praia e finalizando, em geral, junto à floresta ombrófila densa (HUECK, 1955; VELOSO & KLEIN, 1961; ARAÚJO & LACERDA, 1987).

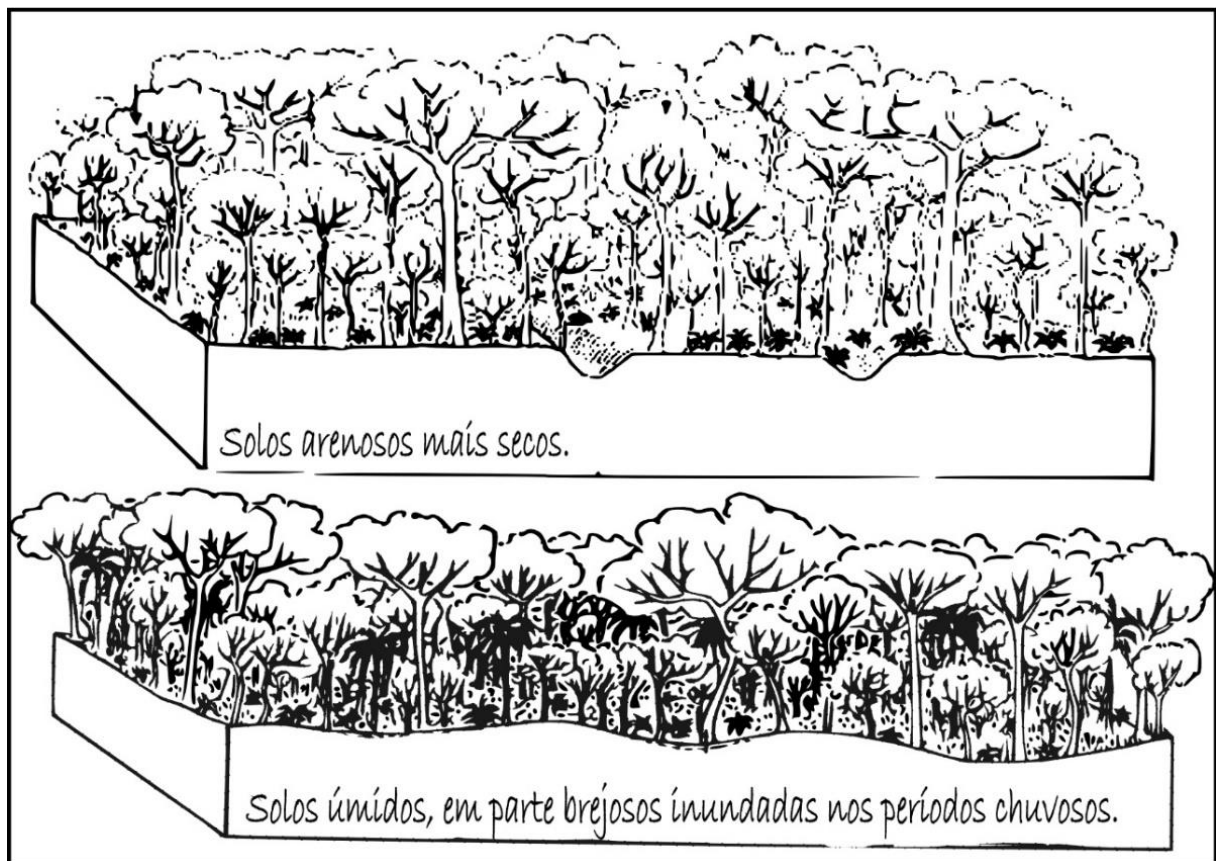
Trata-se de ambientes vegetacionais formados por ecossistemas que apresentam importante relação solo-vegetação. A partir de 1999, com a publicação da Resolução CONAMA 261/99, a restinga sul-brasileira passou a ser definida como “um conjunto de ecossistemas que compreende comunidades florística e fisionomicamente distintas, situada em terrenos predominantemente arenosos, de origens marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinações destas, de idade quaternária, em geral com solos pouco desenvolvidos; tais comunidades formam um complexo vegetacional edáfico e pioneiro, que depende mais da natureza do solo que do clima, e encontram-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões associadas, planícies e terraços”.

Compõe um ecossistema frágil onde sua vegetação exerce um papel fundamental para a estabilização dos sedimentos e manutenção da drenagem natural (FALKENBERG, 1999). Bresolin (1979) descreveu que as condições edáficas onde a vegetação de restinga se desenvolveu são muito adversas, fazendo com que somente espécies peculiares e com grandes adaptações consigam sobreviver neste ambiente, e que características morfológicas específicas foram desenvolvidas para que pudessem colonizar e sobreviver nestes ambientes arenosos. O autor complementa que as espécies características das dunas moveis e semi-fixas são espécies

pioneiras e que desaparecem nos estágios subsequentes. O mesmo ocorre com espécies das áreas úmidas, que vão sendo paulatinamente substituídas por espécies higrófilas de porte arbustivos, para finalmente atingir um estágio de transição para os agrupamentos de mata constituída de indivíduos arbóreos.

Reitz (1961) classificou a vegetação de restinga em duas dinâmicas sucessionais que deram origem a vegetação litorânea, a Xerosserra e a Hidrossera, definidas pela retenção hídrica dos solos que as compõem, se bem drenados e enxutos, correspondendo a Xerosserra ou hidromórficos e alagados, correspondentes à Hidrossera. Klein (1984) também observou através dos estudos que os ecossistemas de restinga são influenciados pelo relevo, de tal modo que conseguiu descrever por meio de ilustrações a vegetação em ambientes bem drenados e mal drenados, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 – Perfis esquemáticos de duas associações vegetais em ambientes bem drenados e mal drenados, descritos por Klein (1984), para vegetação de restingas.



Fonte: Adaptado de Klein (1984).

Todo o contexto descrito anteriormente nos remete a formação dos solos nestes ambientes, em que a condição edáfica condiciona a formação da vegetação e a evolução desta vegetação ocorre em co-evolução com o desenvolvimento do solo. Esta relação solo-vegetação é essencial para o entendimento da dinâmica do ecossistema de restinga como um todo.

Portanto, qualquer alteração ambiental, seja ela antrópica ou natural, afeta o ecossistema como um todo. Uma alteração das condições hídricas, como o rebaixamento do lençol freático devido as drenagens artificiais, por exemplo, afeta diretamente o solo, principalmente no que se refere a podzolização. O processo de podzolização é caracterizado pelo acúmulo iluvial de matéria orgânica complexada com alumínio, podendo conter ferro (EMBRAPA, 2013), este ocorre em uma determinada profundidade do solo, formando um horizonte iluvial denominado de horizonte espódico.

A podzolização é um processo pedogenético muito estudado em regiões temperadas, no entanto em regiões tropicais, e mais especificamente em planícies costeiras os estudos não são tão abundantes. Os solos de planície costeira que apresentam este processo em sua gênese são diretamente afetados pela flutuação do lençol freático, sendo os fluxos verticais e os fluxos laterais os principais responsáveis pela formação dos horizontes espódicos, o que pode resultar numa grande variedade morfológica entre os Espodossolos.

Os Espodossolos são solos constituídos por material mineral com a presença de horizonte B espódico imediatamente abaixo do horizonte E, A ou hístico, dentro de 200 cm da superfície do solo, ou 400 cm se a soma dos horizontes A+E ou dos horizontes hísticos + E ultrapassar 200 cm de profundidade. Um horizonte B espódico deve possuir espessura mínima de 2,5 cm e apresentar acumulação iluvial de matéria orgânica humificada combinada com alumínio, podendo ou não conter ferro. (EMBRAPA, 2013).

Amplamente documentados em regiões de clima úmido e frio do hemisfério norte, portanto mais restritos às áreas alto-montanas, nas regiões tropicais são encontrados principalmente em ambientes úmidos desenvolvidos sobre sedimentos arenosos. No Brasil estima-se que os Espodossolos representam cerca de 2% do território nacional (SANTOS et al., 2011) distribuídos pelo Noroeste do estado do Amazonas e Sul de Roraima, Pantanal, Tabuleiros Costeiros e Planícies Costeiras.

Menezes et al. (2015), salienta que no mapeamento de solos do Brasil as regiões do sudoeste e leste do estado do Amazonas, noroeste do Acre, norte de Rondônia, norte do Mato Grosso, centro de Goiás e Distrito Federal, norte do Pará, sudoeste de Minas Gerais e regiões centrais do estado da Bahia e São Paulo não há menção da existência desta classe de solos, apesar da sua ocorrência ter sido mencionada em vários trabalhos.

Menezes et al. (2015) efetuaram um levantamento dos perfis de Espodossolos descritos em 17 estados brasileiros, e não citam o estado de Santa Catarina. Apesar disso, a menção desta classe de solo no Estado é feita no relatório e no mapa e de reconhecimento de solos no estado de Santa Catarina (POTTER et al., 2004), como segundo componente de uma associação de

solos ocorrente ao norte da planície costeira e no extremo sul do Estado (Unidade de Mapeamento AM2 = Areias Quartzozas Marinhas + Podzol Hidromórfico).

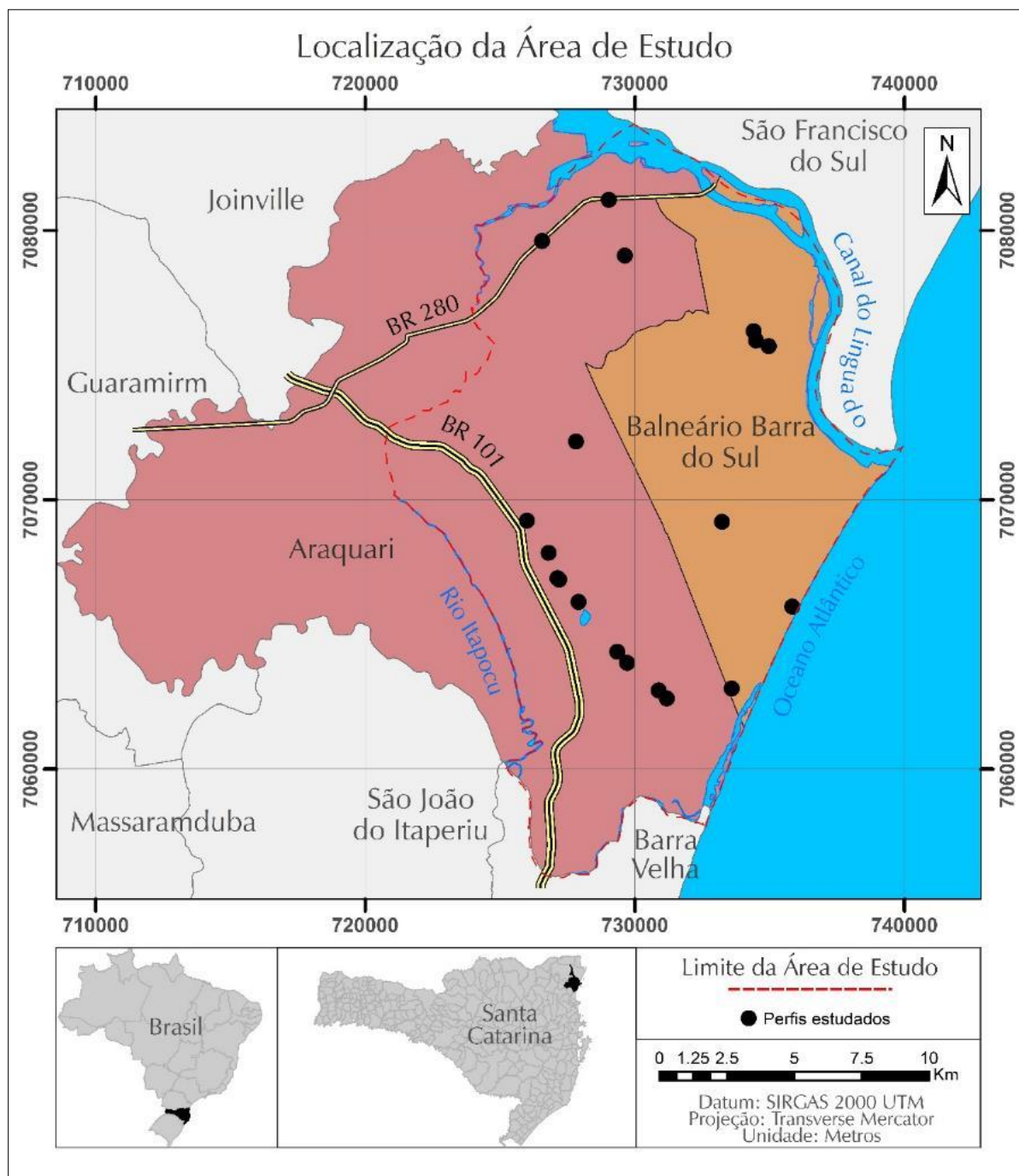
Observações preliminares de campo na região da Planície Costeira norte catarinense realizadas nos últimos anos, no entanto, têm apontado para a existência de uma expressiva ocorrência de Espodossolos em áreas ocupadas por vegetação de restinga nos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul, o que mostra a necessidade de estudo mais pormenorizado dos solos dessa região, com ênfase na caracterização dos solos ali ocorrentes, sua gênese e distribuição geográfica.

O processo de podzolização em ambientes de planície costeira está intimamente ligado a mobilização lateral de compostos orgânicos e inorgânicos, pela água do lençol freático, ao material de origem de constituição arenosa e a produção de carbono orgânico dissolvido na água, que é principalmente transportado por fluxo subsuperficial lateral. Nesse processo, os poros dos horizontes mais inferiores são paulatinamente preenchidos pelo carbono orgânico, formando geralmente um horizonte escuro com acumulação de húmus complexado com alumínio (Bh) e, ou a compostos de ferro (Bhs ou Bs). Nos ambientes hidromórficos os processos de podzolização vertical também ocorrem, porém em menor magnitude quando se trata de mobilização de carbono.

Uma vez formado o horizonte espódico, produto da iluviação (lateral ou vertical) da matéria orgânica, sua preservação e persistência ao longo do tempo é ditada principalmente pelas oscilações da água do lençol freático. Seu rebaixamento ou elevação, por processos naturais ou antrópicos, provoca na maioria dos casos modificações substanciais na morfologia dos horizontes espódicos, que podem culminar com seu crescimento ou destruição paulatina. Por este motivo é necessário conhecer bem estes solos a fim de subsidiar tomadas de decisões futuras quanto ao melhor manejo ambiental dessas áreas frágeis e submetidas à crescente pressão antrópica.

A escolha da região para a realização da pesquisa (Figura 2) em parte é devida a grande área contínua de vegetação de restinga ainda preservada, que embora protegida por lei, vem sofrendo pressão crescente pela expansão urbana e industrial. A estrutura e a dinâmica dos processos que garantem o equilíbrio do sistema ecológico das restingas são especialmente frágeis e conhecer os processos envolvidos na sua formação é de suma importância para a conservação e manejo destes ambientes.

Figura 2 – Localização da região de estudo com a distribuição dos pontos de perfis amostrados.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Enfatiza-se que até o momento este é primeiro estudo sobre Espodossolos em planície costeira do Estado de Santa Catarina e tem por objetivo produzir informações básicas sobre sua formação. Com isso, espera-se subsidiar estudos futuros que aprofundem o conhecimento sobre a gênese destes solos e consequentemente suas relações com a gênese da Planície Costeira.



A região estudada possui área de 269,63 km<sup>2</sup>, tendo como limite a oeste o talvegue junto ao rio Itapocu e o oceano Atlântico a Leste, e no sentido Norte-Sul o canal do Linguado ao Norte e a foz do rio Itapocu, ao Sul.

Os perfis de solos estudados concentram-se em cotas altimétricas não superiores a 12 metros e as topossequências estudadas, por estarem dispostas no sentido Leste-Oeste, a cota média decai conforme se aproxima da linha de costa.

Com o objetivo de compreender os processos envolvidos na gênese dos Espodossolos, sua distribuição e relação com a paisagem diante da dinâmica da planície costeira do litoral norte do estado de Santa Catarina, esta tese foi estruturada e dividida em três capítulos dos quais buscou testar as seguintes hipóteses: a) os Espodossolos de restinga da planície costeira norte catarinense apresentam gênese similar à de outros ambientes costeiros brasileiros, desenvolvidos de sedimentos quaternários; b) a gênese desses Espodossolos envolve solubilização de compostos inorgânicos em ambiente fortemente ácido, os quais associados a compostos orgânicos complexantes migram e se acumulam no horizonte B, formando os diferentes tipos horizontes Bh's, simultaneamente com processos de fluxos laterais; c) a gênese do horizonte subsuperficial Bh é decorrente da destruição de antigos horizontes Bh previamente formados, formando horizontes A e E eluviais delgados; d) os horizontes espódicos existentes são oriundos de processos formados em diferentes eventos cronológicos.

O Capítulo I tem por objetivo caracterizar e identificar os ambientes geomorfológicos da porção da planície costeira estudada, descrevendo a heterogeneidade existente. O Capítulo II descreve e faz a caracterização morfológica, física e química de 18 (dezoito) perfis de solo coletados em 3 (três) topossequências, discute aspectos de sua gênese e procura trazer um entendimento dos processos endógenos e exógenos envolvidos na formação dos mesmos. Enfim, o Capítulo III apresenta uma análise da distribuição dos diferentes solos ao longo da planície em sistemas pedológicos, com base nas informações obtidas das análises dos Capítulos I e II.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, D. S. D. LACERDA, L. D. A Natureza das Restingas. **Ciência Hoje**, v. 6, p.42-48. 1984.

BRASIL. CONAMA [Conselho Nacional do Meio Ambiente]. 1999. **Resolução n. 261**. Estabelece parâmetros básicos para a análise dos estágios sucessionais de vegetação de restinga para o Estado de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/261-99.htm>>

BRESOLIN, A. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Ínsula** n.10, p 1-54, 1979.

FALKENBERG, D. B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Ínsula** n 28: 1-30, 1999.

HUECK, K. **Plantas e formação organogênica das dunas no litoral paulista**. Instituto de Botânica., Secretaria da Agricultura, Instituto de Botânica. São Paulo 1955 129p

KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, Itajaí, v. 36, n. 36, p. 5-54, 1984.

MARTINS, V. **Relação solo-relevo-substrato geológico na planície costeira de Bertioga (SP)**. 2009. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

REITZ, P. R. A vegetação da Zona Marítima de Santa Catarina. **Sellowia** 13: 17 – 115, 1961

ROSA, R.O. & HERMANN, M.L.P. **Geomorfologia**. In: Atlas de Santa Catarina. Aspectos Físicos. GAPLAN, Rio de Janeiro, pp.31-32, 1986.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blucher. 2003

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITENCOURT, A. C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR J. M. & AZEVEDO, A. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, 15(4): 273-286, 1985.

VELOSO, H. P. & KLEIN, R.M. - As comunidades e associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil. - III. As associações es das planícies costeiras do quaternário, situadas entre o Rio Itapocu (SC) e a Baía de Paranaguá (PR). **Sellowia** 13: 205 – 260, 1961.

VILLWOCK, J. A. **Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul**. 1972. Dissertação (Mestrado) – Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 113 p, 1972.

VILLWOCK, J.A.; LESSA, G.C.; SUGUIO, K.; ANGULO, R.J.; DILLENBURG, S.R. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: C.R. de G. SOUZA et al. (eds.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2005. p. 94-113.

WAECHTER, I.L. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicações do Museu de Ciências** da PUCRS, (33): 49-68, 1985.

WAECHTER, I.L. Comunidades vegetais das restingas do Rio Grande do Sul. 11 Simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: estrutura, função e manejo. **ACIESP**. v.3, p.223-48. (Publicação ACIESP, 71-3), 1990.

## **2 CAPÍTULO I – ASPECTOS DA GEOMORFOLOGIA DA PLANÍCIE COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE ARAQUARI E BALNEÁRIO BARRA DO SUL**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

A planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul está situada em uma região sob influência do maior complexo paleolagunar do estado de Santa Catarina, a Baía da Babitonga. A região possui a maior área contínua de formação de Espodossolos da planície costeira catarinense, na qual não há estudos conhecidos nessa temática.

Estudos geológico-geomorfológicos sobre a formação dos complexos lagunares da baía da Babitonga (SC) e Paranaguá (PR) foram realizados por diversos autores: Angulo & Souza (2004); Angulo (1992); Souza (1999:2005); Bigarella (1965); Horn Filho (1997); Martin et al. (1988), Horn Filho & Diehl (1994), Horn Filho (1997), Zular (2011); Anjos (2010); Horn Filho & Vieira (2017), porém estes estudos não abordam a planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul.

A motivação da escolha desta região para realização do presente estudo é devida a presença de grandes extensões de solos da classe dos Espodossolos, os quais possuem horizontes diagnósticos subsuperficiais espódicos, principalmente do tipo *ortstein*, denominados popularmente na região como “piçarras”. Tais horizontes apresentam coloração negra ou cinzento escura, devido ao enriquecimento com matéria orgânica, e na maioria das vezes contrastam abruptamente com os horizontes eluviais sobrejacentes. Tem alta densidade aparente, baixa permeabilidade e consistência que varia de dura a extremamente dura. Os solos da classe Espodossolo são formados por uma série de processos condicionados pelo relevo e pela dinâmica interna da água.

Diante da atual expansão das zonas industriais e residenciais na planície costeira, a drenagem artificial frequente vem contribuindo para a degradação desses solos. Apesar do foco principal deste estudo seja compreender a gênese dos Espodossolos, o conhecimento da dinâmica da planície costeira da região de estudo é de extrema importância para entender os processos envolvidos na sua formação, bem como a sua relação com a paisagem atual e pretérita. Acredita-se que o entendimento da dinâmica da planície costeira da região estudada pode ser melhor compreendida através dos estudos geológico-geomorfológicos.

A planície costeira se desenvolveu principalmente ao longo do Quaternário, através da deposição de sedimentos provenientes da alteração de rochas do embasamento e das transgressões/regressões marinhas, e compreende três sistemas de deposição: continental, litorânea e antropogênica (HORN FILHO et al, 2016).

Os depósitos continentais de planície costeira são conhecidos como depósitos aluviais (relacionados a ação direta dos rios) e coluviais (relacionados aos movimentos gravimétricos) oriundos do embasamento cristalino das regiões adjacentes, composto de gnaisses, migmatitos, granulitos e xistos. Ao longo do tempo transcorrido do Quaternário a planície costeira formou a planície de deposição litorânea resultante dos processos de transgressão e regressão marinhas. O caminho natural dos sedimentos que resulta na formação da planície arenosa, se dá pela chegada de sedimentos fluviais, produto do intemperismo do embasamento até o oceano pelos sistemas fluviais e depositados na plataforma continental. A ação das ondas deposita sedimentos na praia, e após a evaporação da água, o agente eólico atua transportando esses sedimentos com maior ou menor intensidade para o interior da planície.

Na dinâmica de construção da planície costeira, os oceanos, por intermédio das ondas, trazem sedimentos da plataforma continental até a praia e constituem a unidade geológica conhecida como **Depósito Marinho Praia**. É formado pelos sedimentos das praias atuais e pretéritas e situam-se ao longo da linha de costa, na forma de cordões arenosos paralelos ou subparalelos (SUGUIO, 2003), dependendo da altitude alcançada pelo nível do mar. Esses depósitos sofrem influência direta dos processos de sedimentação marinha e eólica e sua gênese está relacionada com os eventos de transgressão e regressão durante o Holoceno (HORN FILHO et al., 2014).

O **Depósito Eólico** holocênico ocorre próximo a linha de costa, devido a sua relação de gênese com o Depósito Marinho Praia. São sedimentos que apresentam quase sempre estratificação cruzadas, devido a alternância da direção dos ventos principais, e são constituídos geralmente de grãos arenosos finos a médios. Quando o Campo de Dunas, é muito extenso e a deposição é muito antiga, pleistocênica, pode ocorrer arredondamento e fosqueamento dos grãos devido ao transporte ao longo na planície eólica. O depósito Holocênico é pouco expressivo na planície costeira estudada.

Estes processos de deposição: Marinho Praia e Eólico atuam de forma sequencial, ou seja, a ação das ondas traz sedimentos da plataforma continental até a praia e estes sedimentos são a partir daí transportados pelos ventos. Os sedimentos trazidos pelas ondas da plataforma continental têm como fonte os sedimentos provenientes da erosão do embasamento do entorno, transportados pelos cursos d'água em momentos pretéritos.

Todo este processo de transporte de sedimentos da plataforma continental até o continente, formando os depósitos marinhos praias, e ocorre de forma contínua. Porém o nível do mar variou muitas vezes ao longo do Quaternário, e em cada variação do nível relativo do mar a configuração da paisagem deve ter mudado consideravelmente.

Os sedimentos da área estudada foram depositados durante parte do período Quaternário (Pleistoceno superior-Holoceno) e remodelados por oscilações do nível relativo do mar durante este período. Podem ser divididos em depósitos de ambiente praias, eólicos, marinhos, estuarinos e lagunares.

O período Quaternário teve início entre 1,6 Ma AP a 2 Ma AP, tendo o Holoceno iniciado a 11 Ka AP (SUGUIO et al. 1985). Este período foi marcado pela alternância de eventos glaciais e interglaciais durante os quais o clima da Terra foi caracterizado pela alternância de temperaturas globais mais baixas e semelhantes as atuais (SUGUIO, 1999).

O entendimento dos processos relacionados a construção da paisagem, remonta pelo menos a duas épocas distintas do Cenozóico, responsáveis por conferir à zona costeira a formação de planície de sedimentos terciários e quaternários, depositados predominantemente em ambiente marinho, continental ou transicional (VILLWOCK et al., 2005). Esses processos estão relacionados com os movimentos transgressivos/regressivos do nível do mar e suas implicações climáticas.

Suguio & Martin (1987) propuseram sete estágios evolutivos para as planícies costeiras da região sul e sudeste do Brasil, sendo eles: (I) máximo da regressão pliocênica; (II) transgressões/regressões do Pleistoceno inferior, (III) médio e (IV) superior; (V) máximo da transgressão holocênica; (VI) construção de deltas intralagunares e (VII) construção de terraços marinhos holocênicos. Horn Filho (1997) apresentou um modelo evolutivo para o litoral norte do Estado de Santa Catarina semelhante ao de Suguio & Martin (1987). Porém, acrescentou, um estágio denominado Máximo de transgressão do Plioceno, agrupou os estágios II e III, subdividiu o estágio IV em máximo da transgressão e máximo da regressão e, eliminou o estágio VI.

Dentre os estágios evolutivos mais importantes para o entendimento da dinâmica da planície costeira nos tempos atuais são os que ocorreram no período do Quaternário, divididos em Pleistoceno e Holoceno. Durante essas épocas, são identificados dois níveis de deposição marinha, mais altos que o atual. Há evidências na costa catarinense do nível do mar ter alcançado 8 ( $\pm 2$ ) metros acima do atual, com idade a partir de 120.000 anos A.P., e ter atingido 4,5 ( $\pm 0,5$ ) metros acima do atual, em torno de 5.100 anos A.P. Estas fases de níveis mais altos são denominadas de Transgressão pleistocênica e de Transgressão holocênica, respectivamente (SUGUIO & TESSLER, 1984).

No Paraná, durante a transgressão holocênica mais expressiva o nível do mar teria alcançado nível semelhante ao atual entre 8.000 e 7.000 anos A.P., alcançando valor máximo

de cerca de  $3,5 \pm 1,0$  m entre 7.000 e 5.000 anos A.P., para posteriormente descer até o seu nível atual (ANGULO et al. 2006).

Utilizando o modelo de Angulo et al. (2006), a evolução da planície costeira catarinense, conforme foi exposto anteriormente, passou por dois eventos principais de Transgressão/Regressão marinha. Esses eventos formaram e influenciaram os processos de formação dos diferentes ambientes, sendo o primeiro deles, no período definido como regressão Pleistocênica, onde houve a construção dos Terraços Marinhos Praiais. Conforme o mar recuava depósitos marinhos praias foram deixados para trás em níveis mais altos.

Esse recuo gradativo formou terraços com decaimento altimétrico em direção ao oceano e com ondulações sucessivas, características desses ambientes, denominados de cordões e entre-cordões litorâneos. Os cordões são as elevações dos terraços e os entre-cordões são as áreas mais rebaixadas. Situam-se nos entre-cordões, as principais áreas onde ocorrem os processos fluviais e/ou lagunares que formam ambientes mal drenados e consequentemente a deposição de sedimentos paludiais.

Sobre essa formação de terraços, ainda no período pleistocênico, o agente eólico teve tempo suficiente para retrabalhar as superfícies, e também, ocorreu instalação de sistemas de drenagem que erodiram esses terraços. Em algumas situações torna-se difícil identificar o comportamento do rastro ondulatório que o mar deixou enquanto recuava.

Durante a transgressão do Holoceno, o nível do mar ao transgredir/regredir contribuiu ainda mais para reconfiguração da planície costeira, elevando níveis freáticos e formando novos ambientes sedimentológicos. Nesse período de regressão os ambientes lagunares e paludiais foram formados, com a criação de barreiras arenosas acompanhando a orla marítima que representam os corpos d'água.

Os **Depósitos Lagunares** são ambientes deposicionais de baixa energia, caracterizados pela dominância de sedimentos finos (areia fina a muito fina e lama), de coloração cinza-escuro, geralmente com presença de matéria orgânica (HORN FILHO et al. 2014), fragmentos de conchas podem constituir partes importantes dos sedimentos lagunares. A ação das ondas em ambientes lagunares associada a taxa de sedimentação produzem laminações nos sedimentos, os quais, no entanto, podem não estar evidentes pois podem ter sido destruídos pela bioturbação (SUGUIO, 1992).

A acumulação de sedimentos oriundos da erosão e transporte de materiais de áreas situadas a montante dos cursos fluviais, resulta na formação de **Depósito Fluvio-lagunar**. Estão associados a desembocadura dos rios, cursos fluviais que desaguam em corpos lagunares e são influenciados pela sedimentação lagunar (HORN FILHO et al. 2014).

Os **Depósitos Paludiais** são compostos por sedimentos ricos em matéria orgânica que se formam próximo a foz de rios, canais de drenagem e “abaciamento” em geral, e geralmente são influenciados pelas marés. São sedimentos arenosos finos com lamas ou lamosos com elementos de areia fina e muito fina, ricos em material orgânico em decomposição.

Os ambientes deposicionais, no contexto geomorfológico, são definidos como modelado de acumulação, sendo de diferentes tipos: Marinho, Lagunar, Fluvial, Fluvialacustre, Fluviomarinha, Eólico e Gravitacional. Dentre estes modelados de acumulação, dependendo dos processos envolvidos, resultam diferentes formas de relevo como: Terraços, Planícies, Dunas e Rampas (IBGE, 2009).

A evolução dos ecossistemas costeiros e sua dinâmica geológica e geomorfológica desencadearam importantes transformações ou implicações pedológicas. Essas alterações refletem a complexidade espacial dos solos da planície (MARTINS, 2009). A topografia quase plana, a drenagem, a composição dos sedimentos e a presença de matéria orgânica de vegetação especializada são os principais fatores que contribuem para a diversidade de solos neste sistema.

Neste contexto, o presente capítulo tem o objetivo de apresentar parte da pesquisa sobre a heterogeneidade de ambientes e processos formadores da planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul, e sua influência na formação dos diferentes solos, e principalmente nas variações morfológicas dos Espodossolos existentes.

## 2.2 METODOLOGIA

### 2.2.1 Delimitação e identificação das formas de relevo

O mapa geomorfológico foi elaborado a partir dos produtos do aerolevanteamento realizado pelo estado de Santa Catarina entre os anos de 2010 e 2013. As delimitações das unidades geológico-geomorfológicas foram realizadas com auxílio de fotografias aéreas e levantamento de campo. Foram utilizadas fotografias aéreas de 1978 e 2010, com escalas 1:25.000 e 1:10.000, respectivamente. Também foram utilizados o modelo digital de superfície e o modelo digital de terreno disponibilizado pelo estado de Santa Catarina.

As descrições das formas de relevo seguiram a terminologia apresentada no Manual de Técnico Geomorfologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009). As investigações foram efetuadas em três etapas: 1 – análise integrada da paisagem a partir da interpretação de fotografias aéreas; 2 – cruzamento dos dados de campo e laboratório com materiais bibliográficos existentes: Angulo (1992); Souza (1999:2005); Bigarella (1965); Horn



Filho (1997); Horn Filho & Vieira (2017); 3 – delimitação e mapeamento das formas de relevo. Todos os dados obtidos ou editados foram trabalhados em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica), na plataforma de trabalho ArcGis 10.

### 2.2.2 Granulometria

Para a realização da análise de granulometria adotou-se o peneiramento mecânico para as frações maiores do que 0,05 mm e o método internacional da pipeta para a fração argila, adaptado de Embrapa (2011). Os 18 (dezoitos) perfis analisados totalizaram 219 amostras referentes aos horizontes descritos e apresentado nos Apêndices. Os perfis encontram-se distribuídos na planície costeira estudada, conforme pode ser observado na figura 3, para esta análise exclui-se do perfil P3 por tratar-se de um Organossolo.

O procedimento adotado foi realizado conforme descrição a seguir:

Em um recipiente de vidro com tampa de 150 ml do tipo *Snap-Cap*, foi adicionado 50 gramas de amostra de Terra Fina Se ao Ar (TFSA) previamente quarteadas, 70 ml de água deionizada e 15 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 1 M e duas esferas de nylon com diâmetros de 1cm e densidade superior a 1. Os frascos foram agitados manualmente até a completa homogeneização entre a fase sólida e líquida e deixados por uma noite de descanso.

A amostra foi homogeneizada manualmente pelo tempo necessário até observação de que todo material sólido estivesse completamente banhado na solução dispersante, e deixado descansando por uma noite (16 horas); depois de completar a etapa anterior as amostras foram colocadas para agitação mecânica por 4 horas em um agitador mecânico pendular modelo TECNAL 241; completada a agitação das amostras, a etapa seguinte foi a peneiração em malha 0,053 mm, em que o material mais fino carregado pela água de lavagem foi retido dentro da proveta de 1000ml, e o material mais grosseiro retido na peneira foi levado a secagem a estufa a 105°C por 24 horas e depois pesado em balança analítica.

A quantificação do teor de argila se deu por método da pipetagem de 50 ml com auxílio de pipeta volumétrica, após agitação por 60 segundos e descanso de 4 horas, coletados a profundidade máxima de 5 centímetros, os quais foram colocados em frasco de vidro do tipo Becker previamente pesado, para secagem em estufa a 105°C e posterior pesagem em balança analítica. Efetuados os cálculos, obtém-se os valores totais dos teores de areia e argila, sendo que o silte foi calculado por diferença.

As areias resultantes da separação dos finos depois de secas em estufa de 105°C foram submetidas a peneiramento mecânico com peneiras de diferentes malhas conforme descrito na

tabela 1. Foi utilizado agitador eletromecânico modelo SOLOTEST por 15 minutos a uma potência nominal de 8 em uma escala de 1 a 15. Foi escolhido essa configuração por meio de testes empíricos de laboratório conforme recomenda o fabricante.

Tabela 1 – Malhas das peneiras em milímetros e a correspondência em escala *phi*, durante análise granulométrica no software SisGran 3.0

Malha das Peneiras (mm)	Correspondente na escala <i>phi</i>
1,00	1,0
0,600	0,7
0,500	1,0
0,425	1,2
0,300	1,7
0,250	2,0
0,212	2,2
0,150	2,7
0,125	3,0
0,106	3,2
0,090	3,5
0,075	3,7
0,063	4,0

Fonte: Folk & Ward (1957)

O material retido em cada peneira foi pesado e o seu resultado expresso em curvas de frequências simples e acumulada. Nas amostras que continham quantidade elevada de material carbonático, deliberou-se por não retirar este material por entender que este faz parte do sedimento, e sua retirada não refletiria a realidade da distribuição dos grãos. Após pesagem das amostras peneiradas, as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa computacional SISGRAN 3.0 (CAMARGO, 2006), com o uso da escala *phi*.

Os critérios de determinação dos parâmetros estatísticos, como a distribuição de frequência do tamanho das partículas, diâmetro médio, desvio padrão, assimetria, curtose, grau de seleção e classe textural, teve como base o método proposto por Folk & Ward (1957). Os valores qualitativos utilizados para a descrição dos parâmetros citados anteriormente encontram-se na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros utilizados pelo Software SisGran 3.0, proposto por Folk & Ward, (1956), para realização das análises de granulometria nas 18 amostras coletadas na região de estudada.

GRAU DE SELEÇÃO		ASSIMETRIA		CURTOSE	
< 0,35	Muito bem selecionado	-1,00 a -0,30	Assimetria muito negativa	<0,67	Muito Platicúrtica
0,35 a 0,50	Bem selecionado	-0,30 a -0,10	Assimetria negativa	0,67 a 0,90	Platicúrtica
0,50 a 1,00	Moderadamente selecionado	-0,10 a +0,10	Aproximadamente simétrica	0,90 a 1,11	Mesocúrtica
1,00 a 2,00	Pobremente selecionado	+0,10 a +0,30	Assimetria positiva	1,11 a 1,50	Leptocúrtica
2,00 a 4,00	Muito pobremente selecionado	+0,30 a +1,00	Assimetria muito positiva	1,50 a 3,00	Muito leptocúrtica
> 4,00	Extremamente mal selecionado	-	-	> 3,00	Extremamente leptocúrtica

Fonte: Folk & Ward (1957)

### 2.2.3 Teores totais de elementos químicos por fluorescência de raios-X

Foram realizadas análises dos teores totais dos elementos expressos na forma de óxidos através da técnica de fluorescência de raios-X nas frações de terra fina seca ao ar (TFSA) das amostras de solos de todos os horizontes dos perfis coletados. Foram utilizadas 2 g de TFSA moídas e até passarem em peneira com malha 0,053 mm e acondicionadas em porta amostras padrão com fundo revestido com filme poliéster “mylar” de 3,6  $\mu\text{m}$  e dispostas em um carrossel removível com capacidade de 10 amostras.

O equipamento de fluorescência de raios-X utilizado é o modelo Epsilon 3 da Panalytical, espectrômetro compacto de energia dispersível de raios x (EDX), com gerador de potência máxima em alta tensão de 9000 mW, voltagem de 4 a 30 kV e intensidade da corrente de 1 a 1000  $\mu\text{A}$ , com tubos de raios-x de material anodo, ródio (Rh), janela de berílio com 50  $\mu\text{m}$  de espessura e detector diodo Si-PIN com processamento dos dados através de um analisador multi-canal (MCA). O sistema é alimentado com gás hélio pressurizado e refrigeração eletrônica a ar termoelétrica (Peltier).

A quantificação dos elementos foi feita através da criação de uma aplicação denominada OMNIAN, pacote do software Epsilon, calibrada a partir de amostras padrões no formato de pastilhas fundidas. Este método foi utilizado na análise de um total de 24 elementos, proporcionando boa precisão, porém com menor exatidão inerente ao método, considerado como semi-quantitativo.

### 2.2.4 Datação por LOE e $^{14}\text{C}$

Foram realizadas datações de 15 amostras de sedimentos arenosos coletados em diferentes profundidades através da técnica de luminescência opticamente estimulada (LOE), seguindo protocolo SAR (WALLINGA et. al. 2000). As amostras foram coletadas e acondicionadas em tubos de PVC com comprimento de 30 cm. Estes tubos foram inseridos horizontalmente na parede do perfil de solos, conforme recomendações de Sallum et al. (2007).

A duas amostras de sedimentos orgânicos foram analisadas pelo método radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) coletadas em um perfil de Organossolo. As amostras foram coletadas com uso de luvas e acondicionadas em sacos plásticos e analisadas na empresa Beta Analytic, laboratório com certificação internacional.

Os perfis analisados e suas respectivas profundidades de coleta, bem como os ambientes em que se encontram estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Valores absolutos da datação por luminescência opticamente estimulada – LOE e radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) dos perfis localizados na região de estudo.

PERFIL	AMBIENTE	MÉTODO	PROF. (cm)
P1	Terraço Mais Elevado	LOE	210
P2	Terraço Mais Elevado	LOE	130
P3	Planície Fluvio-marinha	$^{14}\text{C}$	60
P3	Planície Fluvio-marinha	$^{14}\text{C}$	90
P4	Terraço Mais Elevado	LOE	60
P4	Terraço Mais Elevado	LOE	130
P5	Terraço Mais Elevado	LOE	140
P6	Terraço Mais Elevado	LOE	150
P8	Terraço Mais Elevado	LOE	200
P9	Terraço Mais Elevado	LOE	60
P9	Terraço Mais Elevado	LOE	190
P10	Terraço Mais Elevado	LOE	50
P11	Terraço Mais Elevado	LOE	55
P12	Terraço	LOE	100
P14	Terraço	LOE	50
P17	Planície	LOE	100
P19	Terraço	LOE	60

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Geomorfologia da Área de Estudo

O mapeamento geomorfológico segue níveis hierárquicos de classificação do relevo, os quais são definidos de acordo com a ordem crescente de grandeza: 1° - Domínios Morfoestruturais; 2° - Regiões Geomorfológicas; 3° - Unidades Geomorfológicas e 4° - Modelados (acumulação) e 5° - Formas de Relevo Simbolizadas (IBGE, 2009).

Os Modelados de acumulação, segundo IBGE, (2009) “são diferenciados em função de sua gênese, em fluviais, lacustres, marinhos, lagunares, eólicos e de gêneses mistas, resultantes da conjugação ou atuação simultânea de processos diversos”. Dentre estas grandezas o presente trabalho objetivou a identificação e mapeamento dos modelados de acumulação em terraços, planícies e rampas de colúvio.

Os depósitos sedimentares que recobrem a planície costeira da área de estudo são compostos predominantemente por sedimentos costeiros pleistocênicos e holocênicos. No contexto geológico, são representados por Depósitos Eólicos, Depósitos Marinhos, Depósitos Lagunares, Depósitos Paludiais e Depósitos Colúviais.

Cada ambiente geomorfológico possui processos e dinâmica próprios de sua formação e sua individualização é apresentada na tabela 4, sendo importante para os estudos da formação dos solos e sua relação com a paisagem. Todos os ambientes identificados são intimamente dependentes do relevo, e é com base neste relevo que foi possível compartimentar a planície costeira em diferentes ambientes.

Estudos realizados no contexto geológico-geomorfológico da região do litoral norte do estado de Santa Catarina e sul do Paraná subsidiaram o arcabouço teórico que permitiu entender e interpretar as formas de relevo apresentadas no mapa da figura 3. No entanto, essas publicações não abordam diretamente a planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul. Porém, foram os estudos de Angulo (1992); Angulo & Souza (2004); Horn Filho & Vieira (2017); Horn Filho (1997); Angulo et al. (2009); Bigarella (1946); Bogo (2013); Horn Filho et al. (2014); Lessa et al. (2000); Zular (2011); Souza, (1999:2005), que forneceram as bases teóricas para interpretação dos diferentes ambientes da planície costeira estudada.

Foram identificados na área de estudo, em escala 1:120.000, seis ambientes geomorfológicos distintos (Tabela 4), e classificados com base no Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009).

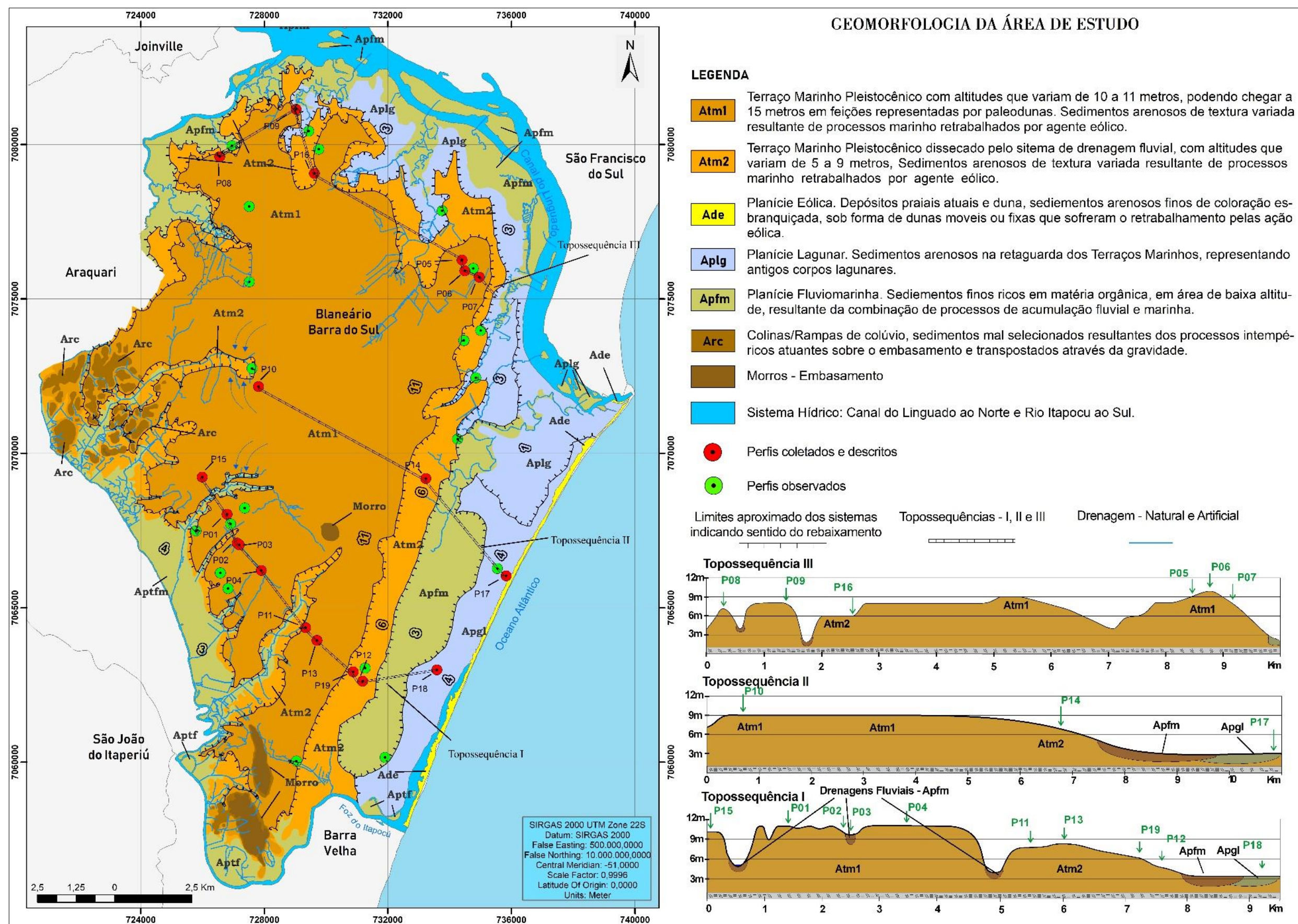
Tabela 4 – Formas de relevo presentes na planície costeira da região estudada, baseadas em estudos existentes para o litoral Norte do estado de Santa Catarina, com nomenclatura segundo o Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009).

FORMAS/SIMBOLOGIA		DEFINIÇÃO
Terraço Marinho	Atm	Acumulação marinha de forma plana, levemente inclinada para o mar, apresentando ruptura de declive em relação à planície marinha recente, entalhada em consequência de variação do nível marinho, por processos erosivos ou, ainda, por neotectônica. Ocorre nas baixadas litorâneas pleistocênicas e holocênicas.
Planície Lagunar	Aplg	Área plana resultante da combinação de vários processos formadores dos corpos lagunares associados às barreiras costeiras. A natureza dos sedimentos é bastante variada, podendo as planícies ser constituídas por sedimentos eólicos, fluviais, praias ou mesmo conter camadas de lama orgânica ou turfa. Ocorre nas faixas costeiras conectadas às planícies marinhas, planícies eólicas e/ou planícies fluviomarinhas.
Planície Fluviomarina	Apfm	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. Ocorre nas baixadas litorâneas, próximo às desembocaduras fluviais.
Planície Eólica	Ape	Área aplanada 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). Ocorre nas regiões litorâneas ou mesmo interiores entre os campos de dunas.
Duna	Ade	Depósito eólico cuja forma varia em função do estoque de sedimentos fornecidos por um sistema fluvial ou costeiro e do regime de ventos. As formas de dunas mais comuns são as barcanas, parabólicas, transversais, longitudinais e reversas. Ocorre nas regiões litorâneas, ou mesmo interiores, onde o regime de ventos é favorável e o suprimento sedimentar é relativamente constante.
Rampa de Colúvio	Arc	Formas de fundo de vale suavemente inclinadas, associadas à coalescência de depósitos coluviais provenientes das vertentes que se interdigitam e/ou recobrem os depósitos aluvionares. Ocorre em setores de baixa encosta, em segmentos côncavos que caracterizam as reentrâncias (hollows) ou depressões do relevo nos anfiteatros.

Fonte: (IBGE, 2009)



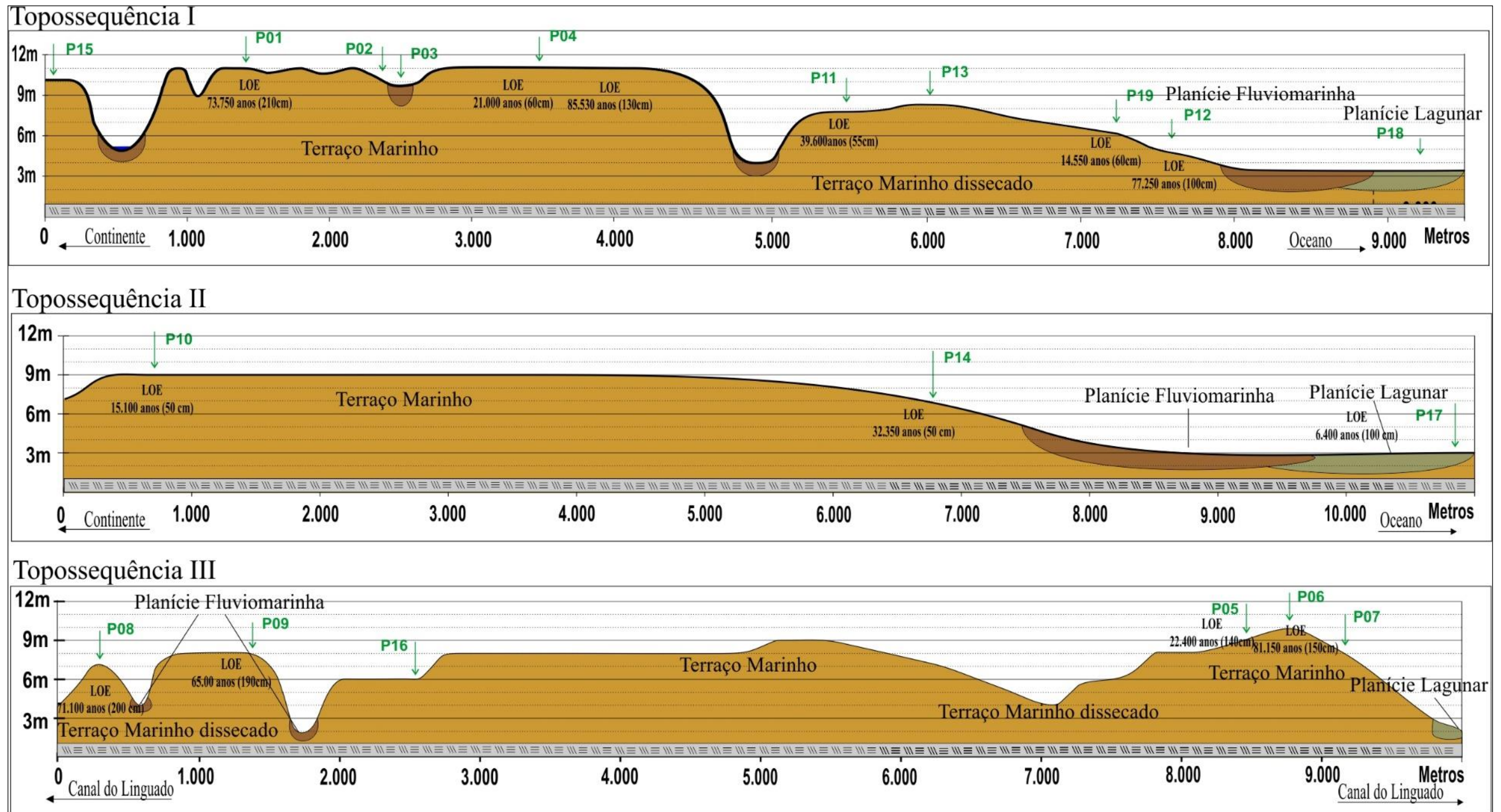
Figura 3 – Mapa dos ambientes geomorfológicos da região de estudo, localizada na planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



Figura 4 – Topossequências I, II e III referentes ao mapa da figura 3 apresentando os diferentes ambientes geomorfológicos.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



No contexto geológico da região os diferentes ambientes geomorfológicos mapeados estão relacionados a diferentes Unidades Geológicas:

Terraço e Planície Marinho Holocênico: *Depósito marinho praial holocênico composto por sedimentos arenosos de textura variada, resultantes de processos marinhos, representando as praias atuais e terraços marinhos de cor clara e esbranquiçada;*

Terraço Marinho Pleistocênico: *Depósito marinho praial pleistocênico composto por sedimentos arenosos, resultantes de processos marinhos, na forma de terraços recobertos por depósitos eólicos de cor mais avermelhada;*

Planície Fluviomarinha: *Depósito paludial composto por sedimentos finos, ricos em matéria orgânica, em áreas de baixa altitude. Apresentam-se na região recoberto por vegetação do tipo manguezais, marismas e turfeiras;*

Planície Lagunar: *Depósito lagunar composto por sedimentos argilo-arenosos na retaguarda dos terraços marinhos, representando antigos corpos lagunares de coloração de tons de cinza;*

Planície Eólica e Dunas: *Depósito eólico composto por sedimentos arenosos finos, de coloração esbranquiçada, sob forma de dunas móveis ou fixas que sofreram o retrabalhamento pela ação eólica e conferem um conjunto de duna/interduna;*

Rampa de Colúvio: *Depósito coluvial: Sedimentos mal selecionados resultantes dos processos intempéricos atuantes sobre as encostas do embasamento e transportados através da gravidade.*

Os terraços costeiros na área de estudo possuem área de 18.454,7 hectares, se estendendo por aproximadamente 24 km no sentido Norte-Sul e 12 km no sentido Leste-Oeste. Estes terraços diferem morfologicamente entre si, e foram recortados por sistema fluvial com nível de base inferior ao atual.

O terraço marinho de idade pleistocênica apresenta morfologia plana a suave ondulada, com altitude média de 11 metros, podendo variar de 10 a 15 metros de altitude, diminuindo em direção ao mar. Em toda sua borda o terraço apresenta uma “zona dissecada” de transição entre as planícies lagunares e fluviomarinhas em que esses terraços apresentam altitudes menores variando de 6 a 9 metros e morfologicamente são distinguidos em terraços marinhos pleistocênico e terraço marinho pliocênico dissecado respectivamente.

Os terraços internos e mais antigos apresentam morfologia plana a suave ondulada e altitudes que variam entre 2 e 10 m, diminuindo progressivamente em direção ao mar e

apresentam em sua morfologia bordas dissecadas por um sistema fluvial com nível de base inferior ao atual.

Os terraços externos, que na região são de origem holocênica apresentam morfologia plana a suave ondulada, com altitudes entre 2 a 4 m, diminuindo progressivamente em direção ao mar (ANGULO & SOUZA, 2004). Devido a escala de trabalho não foi mapeada esta feição, embora acredita-se que o perfil 17 possa estar situado em uma porção de terraço holocênico.

As planícies, lagunar e fluviomarinha, são superfícies planas com altitudes que variam entre 0,5 e 5 metros decrescendo em direção ao mar. As planícies lagunares apresentam extensa área paralela a linha de costa associada a planície fluviomarinha.

A planície eólica compreende uma estreita faixa entre a planície lagunar e a linha de costa de pouca expressão na área de estudo. Devido a escala do mapa da figura 3 toda planície eólica foi apresentada associada com as planícies praias e eventuais campos de dunas.

Embora haja riqueza de detalhes na elaboração do mapa, cabe ressaltar que o principal foco deste estudo é o entendimento relativo a formação dos solos na planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul (Capítulo II e III). Acredita-se que o conhecimento sobre os diferentes ambientes geomorfológicos existentes ajuda a elucidar o complexo sistema de formas da planície costeira e contribui com a compreensão da gênese e distribuição dos solos na paisagem.

#### 2.3.1.1 Terraços Marinhos

Os processos de elevação e descida do nível do mar, conhecidos respectivamente como transgressão e regressão marinha, foram responsáveis pela formação inicial da planície costeira. A partir do máximo da transgressão, quando o nível relativo do mar começa a recuar para o nível atual, sedimentos marinhos foram depositados na forma de cordões arenosos. A atuação do agente eólico, de predominância NE-NO, começa a transferir os sedimentos mais finos e leves para o interior da planície costeira e retrabalha a superfície do terraço (SOUZA, 1999). O processo de transporte de sedimentos para o interior da planície costeira vai modificando a superfície do terraço paulatinamente.

Os terraços podem apresentar diferenças quanto a cronologia, altitudes, morfologia, diagênese e estruturas sedimentares (ANGULO, 1992). Suguio et al. (1986) identificaram duas gerações de terraços na planície costeira de Santa Catarina e Paraná, associados as fases transgressivas do Pleistoceno desde 120.000 anos AP., e do Holoceno (5.100 anos Ap.), Estes autores definiram em suas pesquisas que durante o Holoceno houveram três níveis relativos do

mar mais elevados do que o atual. Um há cerca de 5.100 anos A.P. de  $3,5 \pm 0,5$  m, outro há 3.600 anos A.P. com cerca de  $2,5 \pm 0,5$  m e um terceiro há 2.500 A.P. com  $2,0 \pm 0,5$  m.

Com a subida do nível do mar em até  $3,5 \pm 0,5$  acima do atual a transgressão marinha holocênica destruiu parte da barreira pleistocênica, criando novas feições na planície costeira, mas parte dos depósitos mais antigos não foram destruídos pelas transgressões. É com essa dinâmica marinha que a planície costeira se formou, conferindo ao Holoceno elevado grau de heterogeneidade aos ambientes.

Com a altitude diminuindo em direção ao mar, o terraço apresenta ondulações, que são referentes aos cordões e entre cordões litorâneos. Esses cordões, normalmente são mais facilmente observados em depósitos holocênicos. O retrabalhamento eólico e a instalação do sistema de drenagem modificaram substancialmente a superfície original dos terraços, dificultando a identificação dos cordões e entre cordões formados no Pleistoceno.

A superfície da planície costeira como um todo sofreu forte alteração, desde os aspectos da forma como de constituição do material, podendo confundir sedimentos depositados em ambientes de menos energia com ambientes de mais energia, a exemplo dos terraços marinhos que podem ter sido retrabalhados pela ação eólica.

Os terraços marinhos são os ambientes predominantes na área de estudo, ocupando a maior parte da planície costeira de Araquari e Balneário Barra do Sul. São depósitos sedimentares de origem marinha onde atualmente instalaram-se ambientes que podem ser bem drenados ou mal drenados, fator muito importante para a formação de ambientes edáficos diferentes.

Os ambientes bem drenados correspondem as áreas de maior altitude próximas aos sistemas de drenagem, onde os fluxos internos de água são direcionados à jusante, não permitindo que a água fique retida no interior do solo com mesma intensidade do que nos solos dos ambientes mal drenados. Nestes casos, processos pedogenéticos mais significativos, como a podzolização, não ocorrem, ou ocorrem apenas de forma muito incipiente. Os Neossolos Quartzarênicos predominam nestas áreas de boa drenagem

As paleodunas não estão descritas no mapa, devido a limitação da escala de trabalho. O retrabalhamento da superfície com o passar do tempo dificulta a identificação e delimitação destas feições, no entanto durante os trabalhos de campo foi possível identifica-las. Na figura 5 é mostrado um corte em um terreno localizado no Terraço Marinho Pleistocênico ( $26^{\circ}29'26.04''S$ ;  $48^{\circ}44'17.85''O$ ) com elevação superior a 12 metros do nível do mar e granulometria da areia muito fina e com morfologia de paleodunas.

Figura 5 – Fotografia de um corte em terreno localizado na porção mais elevada do terraço marinho pleistocênico, com morfologia de paleodunas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Os terraços apresentam coloração mais avermelhada quando bem drenados, indicando a presença de óxidos de ferro livre (BUOL et al., 1973), o que foi confirmado pela análise fluorescência de raios-X (FRX). Em muitas dunas por exemplo, estas se tornam avermelhadas com o tempo, o que é favorecido pelas temperaturas elevadas, condições de oxidação e presença periódica de umidade (NORRIS, 1969), características que indicam idade superior para dunas litorâneas (LEVIN et al., 2005; BEM-DOR et al., 2006). Em alguns casos, no entanto, a coloração mais viva impressa pelos óxidos de ferro pode ser confundida com a coloração impressa por certos tipos de compostos orgânicos, como veremos mais adiante.

Os sedimentos dos terraços em ambientes bem drenados têm relação com o tempo de sua gênese, conforme apontado por Suguio, (1984). A areia se torna mais amarela ou vermelha com a distância do litoral. O processo de avermelhamento é conhecido como rubefação (FOLK, 1976; NORRIS, 1969; WILLIAMS & YAALON, 1977), e representa um estágio de pedogênese no qual o ferro é liberado de minerais primários para formar óxidos de ferro que revestem partículas de quartzo nos solos como um filme fino avermelhado (BUOL et al., 1973).

Maiores teores de óxidos de ferro nos solos dos ambientes melhor drenados também podem ter sido acumulados durante o máximo regressivo, onde o clima contribuiu com o transporte de poeira desde a plataforma até planície costeira, e depositados junto com os sedimentos retrabalhados pelo agente eólico.

Quanto aos ambientes mal drenados, estes ocorrem na maior porção do terraço nas áreas mais planas, geralmente ocupando o espaço entre os cordões arenosos. Nestes locais, o lençol freático geralmente encontra-se abaixo da superfície do terreno, podendo ocorrer em profundidades que variam desde 20 até 60 cm, dependendo do local. Deve-se salientar que expressiva parte da área de estudo já foi afetada pela atividade antrópica, com a construção de valas de drenagem artificial, e que a profundidade do lençol freático é bastante afetada por esta prática. Nestes ambientes a presença de horizontes subsuperficiais escuros, com níveis altos de matéria orgânica acumulada por processos pedogenéticos é mais intensa do que em ambientes bem drenados, formando horizontes espódicos com consistência úmida macia (Bh) ou mesmo espódicos endurecidos (Bhm), denominados de “ortstein” (WANG et al. 1978, MOKMA 1997). No entanto, ocorrem situações em que a má drenagem também contribui para degradação desta matéria orgânica, principalmente no topo desses horizontes.

Os perfis 07, 10 e 12 (Figura 24 e Figura 30) são exemplos de situações onde a degradação da matéria orgânica é acentuada devido a condição de má drenagem. A situação de má drenagem, nesses casos, está associada a um fluxo interno de água mais intenso, transportando matéria orgânica solúvel lateralmente.

O perfil 10 é um exemplo da passagem interna mais rápida de água pelo perfil (Figura 6). O perfil está numa porção mais elevada que o entorno, porém ainda dentro de uma zona mal drenada, mas há ligeiro decaimento do terreno no sentido leste, indicado pelas 3 setas. Deste modo é sugestivo que esse desnível provoque a passagem mais acentuada da água no interior do perfil.

O mesmo ocorre no perfil 07 (vide Figura 14, capítulo II), próximo dos perfis bem drenados 05 e 06, onde a configuração da topografia (Figura 4) proporciona a passagem mais rápida da água por dentro do perfil.

Figura 6 – Detalhe a posição topográfica do perfil P10, indicando decaimento próximo em direção a Leste da planície.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

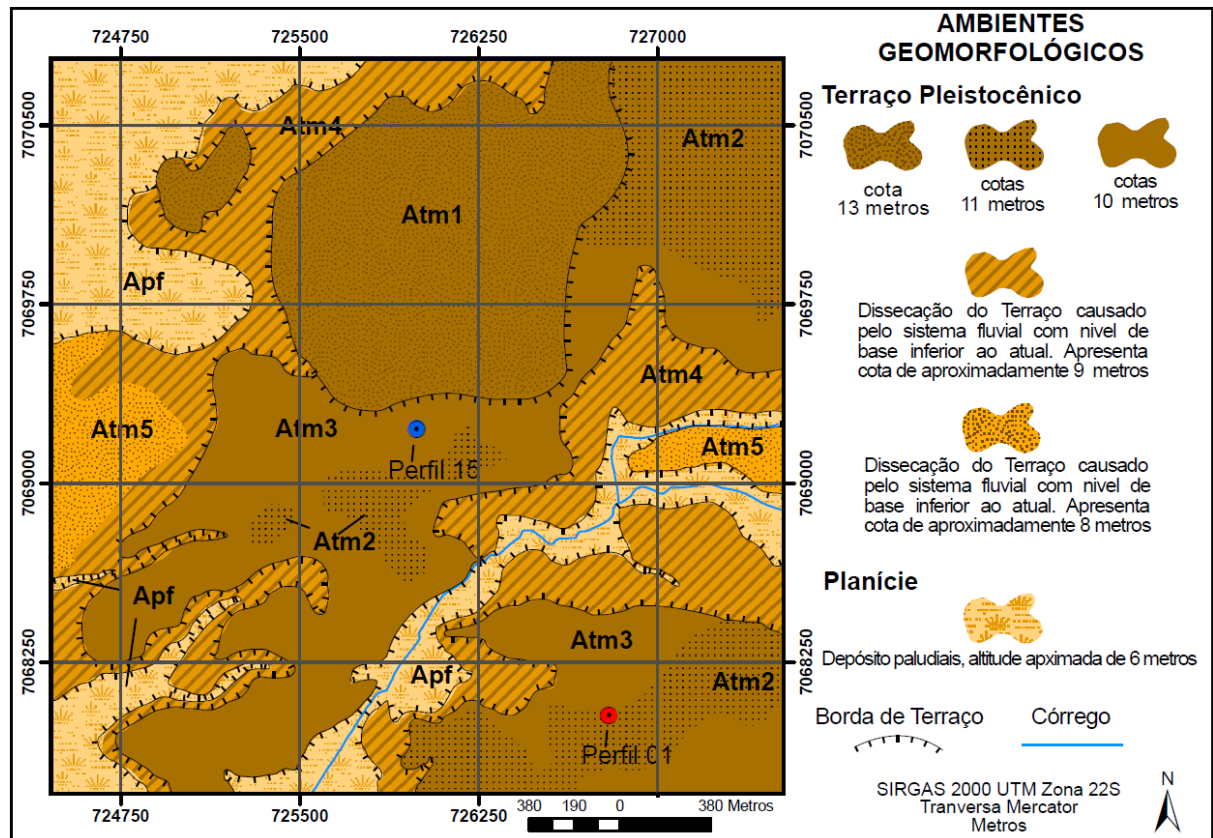
A variação de ambientes que se formaram ao longo do tempo com a atuação dos agentes erosivos permitiu desenvolver diferentes variações altimétricas numa mesma feição.

A figura 7 ilustra a heterogeneidade do terraço quando interpretado em escala de detalhe, onde nota-se que apesar de altimetria média de 11 metros no entorno dos perfis 1 e 15 ocorrem variações topográficas que contribuem de forma diferente para a diferenciação de cada perfil, na medida em que alteram o fluxo interno da água e o aporte de sedimentos. Apesar de ser uma área plana, a porção do terraço mapeado na figura 7 indica que variações altimétricas, quando observadas em maior detalhe, tornam possível identificar grande mudança das formas do relevo, o que pode ser um dos principais responsáveis pela grande diversidade morfológica nos solos da planície costeira estudada.

Outro fator preponderante para a manutenção da heterogeneidade dos solos, é que além do relevo, a pedogênese também contribui para mudança do fluxo interno da água. Da mesma maneira que o relevo contribui para o processo de podzolização, os horizontes espódicos também contribuem para a manutenção da heterogeneidade, impedindo que a água permeie através dos solos arenosos com a mesma intensidade e direção dos fluxos. Estes horizontes, chamados popularmente de piçarras, são em geral fortemente adensados e apresentam os poros quase completamente preenchidos por matéria orgânica coloidal, reduzindo drasticamente sua permeabilidade.



Figura 7 – Detalhe da heterogeneidade de formas de relevo identificada no Terraço Marinho Praial Mais Elevado, no entorno dos perfis 01 e 15.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A gênese destes horizontes pedogenéticos, que será discutida no capítulo II, também apresenta variações quanto a sua morfologia, contribuindo ainda mais para heterogeneidade da planície no tange aos fluxos internos de água, principalmente dos fluxos subsuperficiais laterais.

Outra característica importante dos terraços pleistocênicos é que os sistemas fluviais que recortam o terraço e são oriundos do estabelecimento da rede de drenagem, formaram ambientes paludiais sobre os sedimentos marinhos praias que deram origem ao terraço. Nestes locais, mesmo com altitudes apenas ligeiramente mais baixas do que os Espodossolos adjacentes, podem ocorrer estreitas áreas de Organossolos acompanhando a rede de drenagem permanentemente encharcada, os quais podem ocupar áreas significativas da paisagem do terraço.

O perfil 03 (Figura 8) está situado sobre um destes sistemas de Organossolos, com teores de carbono que variaram de 480 a 200 g kg<sup>-1</sup> ao longo do perfil. Foram analisadas amostras de material orgânico aos 60 e 90 cm de profundidade, os quais apresentaram idades entre  $3.970 \pm 30$  anos e  $5.480 \pm 30$  anos respectivamente.

Figura 8 – Sedimentos paludiais sobre terraço marinho pleistocênico (perfil 03)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Este ambiente é dependente da condição de má drenagem e a matéria orgânica sofre muito pouca decomposição devido a saturação do solo permanente com água e contribui como fonte de carbono orgânico dissolvido, que proporciona a coloração escura da água subsuperficial, responsável pela formação das piçarras nos solos da planície costeira (BUURMAN et al., 2013).

Outro fator importante que pode influenciar na circulação é o fluxo interno de água nos solos, tanto vertical quanto lateralmente, e a distribuição granulométrica das areias. No entanto não foram encontradas diferenças significativas entre as amostras do terraço marinho, tanto em ambientes mal drenados como bem drenados (Tabela 5). Os resultados das análises granulométricas das areias evidenciaram composição arenosa, muito fina, variando de bem selecionado a muito bem selecionado e assimetria negativa.

Foi também analisada a granulometria da areia ao longo dos perfis, e não houve variação significativa em profundidade, bem como não foi observado ao longo de nenhum perfil estratificações de tipo algum, típicos de ambientes sedimentares. Entende-se que a ausência de estratificações e a distribuição granulométrica ao longo do perfil sejam resultado da pedoturbação, visto que as espessuras dos perfis estudados não ultrapassaram mais do que 2



(dois) metros de profundidades. Caso contrário seria comum encontrar em Terraços costeiros estratificações plano-paralelas por exemplo (ANGULO & SOUZA, 2004), características de deposição marinha.

Tabela 5 - Resultados da granulométrica das amostras dos perfis estudados da fração areia segundo os ambientes geomorfológicos mapeados

Perfis	Forma de Relevo	Média	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Curtose	Classificação
P1	Terraço Marinho Praial	2,604	2,641	0,3656	Bem selecionado	-0,1658	0,9211	Mesocúrtica
P2	Terraço Marinho Praial	2,588	2,651	0,4014	Bem selecionado	-0,2373	0,9339	Mesocúrtica
P4	Terraço Marinho Praial	2,624	2,694	0,3829	Bem selecionado	-0,2726	0,9357	Mesocúrtica
P5	Terraço Marinho Praial	2,653	2,689	0,3108	Muito bem selecionado	-0,1636	0,8906	Platicúrtica
P6	Terraço Marinho Praial	2,688	2,76	0,3042	Muito bem selecionado	-0,319	0,9287	Mesocúrtica
P7	Terraço Marinho Praial	2,492	2,514	0,4129	Bem selecionado	-0,1032	0,9585	Mesocúrtica
P8	Terraço Marinho Praial	2,916	2,928	0,3113	Muito bem selecionado	-0,06248	1,491	Leptocúrtica
P9	Terraço Marinho Praial	2,836	2,868	0,2794	Muito bem selecionado	-0,1998	1,461	Leptocúrtica
P10	Terraço Marinho Praial	2,79	2,843	0,2522	Muito bem selecionado	-0,2635	1,369	Leptocúrtica
P11	Terraço Marinho Praial	2,22	2,276	0,6115	Moderadamente selecionado	-0,1974	1,012	Mesocúrtica
P12	Terraço Marinho Praial	2,27	2,274	0,497	Bem selecionado	-0,08589	1,014	Mesocúrtica
P13	Terraço Marinho Praial	2,614	2,634	0,3381	Muito bem selecionado	-0,08785	0,892	Platicúrtica
P14	Terraço Marinho Praial Dissecado	2,743	2,811	0,2866	Muito bem selecionado	-0,273	0,9872	Mesocúrtica
P15	Terraço Marinho Praial	2,675	2,725	0,3096	Muito bem selecionado	-0,1947	0,9065	Mesocúrtica
P16	Terraço Marinho Praial Dissecado	2,758	2,821	0,2751	Muito bem selecionado	-0,2593	1,076	Mesocúrtica
P17	Planície Lagunar	2,648	2,697	0,3328	Muito bem selecionado	-0,2204	0,9292	Mesocúrtica
P18	Planície Lagunar	2,344	2,671	1,084	Pobremente selecionado	-0,3745	0,8201	Platicúrtica
P19	Terraço Marinho Praial Dissecado	2,421	2,426	0,3849	Bem selecionado	-0,04602	0,91	Mesocúrtica

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

### 2.3.1.2 Planície Lagunar/Fluviomarinha

As planícies lagunares são superfícies geomorfológicas deposicionais de baixo gradiente, formadas por sedimentação predominantemente subaquosa, que margeiam corpos de água de grandes dimensões, como lagunas, representada por fatias de terreno recente e emersos

e compostos por sedimentos marinhos, continentais, fluviomarinhos, lagunares, paludiais, em geral de idade quaternária (SUGUIO, 2003).

Também denominadas como planícies paleoestuarinas, conforme definido por Angulo & Souza (2004), foram formadas no Pleistoceno e Holoceno, com altitude variada de 0,5 a 5 metros decrescendo em direção ao mar.

Na região de estudo a Planície Lagunar (Figura 9) ocorre como uma extensa área plana composta por sedimentos areno-argilosos dispostos em camadas. Em canais de drenagem artificial localizados neste ambiente, (vide Figura 35 capítulo II), camadas de materiais finos intercalam-se com as de materiais grosseiros, feição típica de depósitos de ambientes lagunares, que retratam as variações de energia de transporte de sedimentos.

Na área de estudo a forma observada destas planícies (Figura 3) é alongada no sentido Norte-Sul, típico de sistemas ilha barreira (ANGULO, 1992; SUGUIO, 2003; ANGULO & SOUZA, 2004). O processo de formação da Planície Lagunar e da Planície Fluviomarinha é basicamente o mesmo. Com recuo da linha costeira um corpo hídrico é isolado e inicialmente possui ligação com o oceano, mas com o passar do tempo este corpo hídrico vai reduzindo e nas áreas mais baixas formam-se os ambientes paludiais. Nestes ambientes, os principais solos observados são os Gleissolos e os Organossolos.

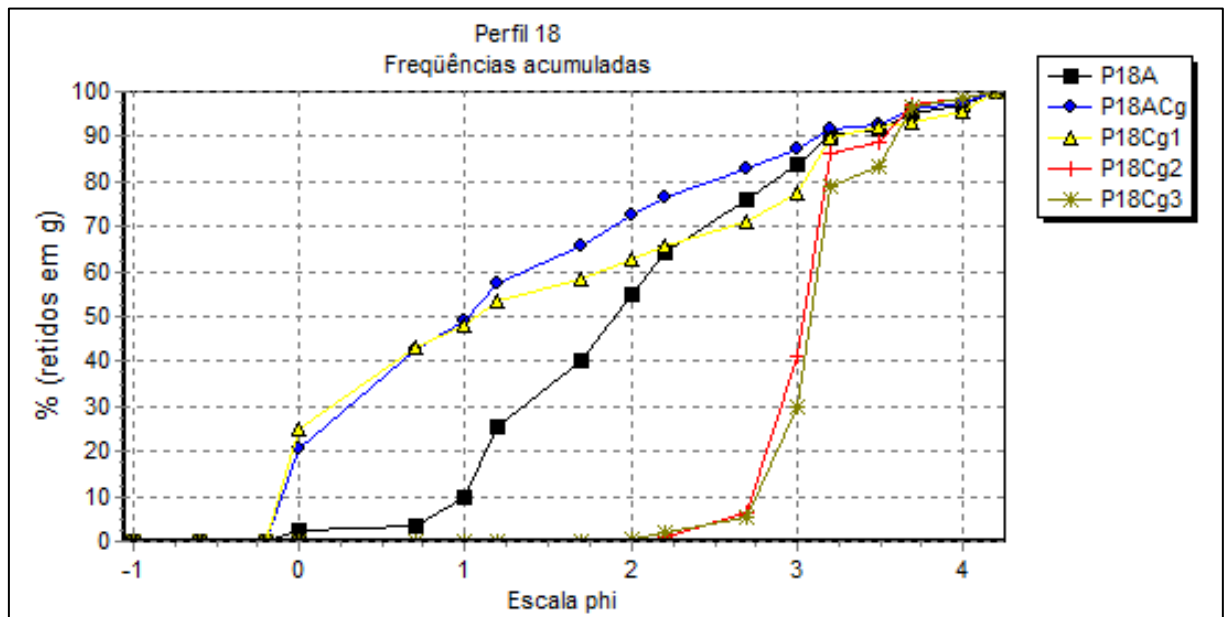
Figura 9 – Detalhe da planície lagunar formada por sedimentos finos intercalados com sedimentos grosseiros.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Na porção mais interna da planície está situada a planície Fluviomarinha ao passo que em direção a orla ocorre a planície Lagunar. Neste ambiente, com o rebaixamento no nível da água da antiga laguna, sedimentos praias vão sendo depositados, em analogia ao processo de transgressão marinha. Isto pode ser indicado pela presença de sedimentos de maior granulometria das amostras P18Cg2 e P18Cg3 apresentada na figura 10.

Figura 10 – Distribuição granulométrica dos sedimentos do perfil P18 (Gleissolo Háplico)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A planície Fluvio-marinha (Figura 11) se refere a porção com altitudes mais baixas, onde se formaram principalmente solos da classe dos Organossolos. São áreas de depósitos de sedimentos, onde os teores de carbono variam de 280 a 450 g kg<sup>-1</sup>, oriundo da vegetação local e preservado devido à presença constante de água, saturando o solo por grande parte do ano. A baixa altitude permite que águas no entorno alimentem estes ambientes, garantindo a formação das “turfeiras”, termo popular geralmente usado para qualificar solos da classe Organossolo. Nem sempre, contudo, há essa correspondência inequívoca.

Figura 11 – Paisagem da planície lagunar, composta predominantemente de sedimentos paludiais.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 2.3.2 Datação por LOE e 14C

Os terraços da área estudada são, segundo resultados da datação por LOE (Tabela 6), todos de idade pleistocênica, embora a datação da amostra P17 possa indicar um resquício de Terraço Holocênico, inserido nas observações que deram origem ao mapa como Planície Lagunar dada a limitação da escala de trabalho.

Como as coletas de amostras para datação foram feitas nos primeiros 2 metros, quando foi possível atingir essa profundidade, foi observado que nos locais onde foram coletadas duas amostras no mesmo ponto, as de maior profundidade evidenciaram aumento na idade do depósito. Isto mostra que embora os depósitos possam ser de mesma natureza e idade, processos exógenos de retrabalhamento superficial, por ação eólica ou biológica, podem causar movimentação ascendente ou descendente dos sedimentos, o que pode causar confusão na interpretação da idade real dos mesmos. Sondagens mais profundas trariam as idades mais antigas para essa deposição.

As amostras P1, P2 e P4 coletadas nas camadas mais profundas (210, e 130 e 130 cm respectivamente) estão situadas próximas e na mesma unidade geomorfológica, e apresentaram idades de soterramento muito próximas, entre 70 e 81 mil anos, indicando ser idade pleistocênica, o que sugere tratar-se de sedimentos provenientes da transgressão marinha pleistocênica, dado compatível com o descrito para Terraço Marinho Praial do litoral catarinense (SUGUIO et al. 1985).

As idades confirmam deposição pleistocênica dos depósitos sedimentares, indicativa da transgressão ocorrida no Pleistoceno Superior. No entanto, os pontos P5 e P6 apresentaram variação significativa nas idades para profundidades semelhantes (Tabela 6), mesmo estando muito próximos. Isto provavelmente se deve ao fato de que o P5 é um perfil bem drenado e próximo a borda do terraço onde existe dissecamento maior do mesmo, o que pode ser responsável por maior retrabalhamento do material.

A amostra P14, corrobora a hipótese de que todo o Terraço Marinho apresentado no mapa (Figura 3) é uma zona de dissecamento possivelmente durante o Holoceno, na última transgressão marinha. Nesta situação, o P14 apresenta idade mais antiga devido a maior profundidade quando comparado a amostra P10, haja vista que na amostra P14 o terraço encontra-se numa cota altimétrica com variação entre 6 e 7 metros acima do nível do mar.

A ideia aventada de que o terraço marinho pleistocênico possui uma borda com cota mais baixa (6 a 9 metros) devido a erosão, possivelmente durante a principal transgressão/regressão do Holoceno de 5.100 AP (SUGUIO et al., 1986), está baseada no

resultado das análises apresentadas, na tabela 6, os quais indicam que os sedimentos deste terraço marinho de cota inferior (P12, P19, P11 e P14) também possuem idade pleistocênica, sendo possivelmente as duas unidades de mesma geração de terraço.

Quanto ao depósito paludial datado por carbono 14, (perfil P3 da topossequência I, indicado na figura 4 apresentou idade holocênica, e sua gênese está associada a evolução da drenagem que se instalou durante o Holoceno sobre os terraços pleistocênicos.

Tabela 6 – Valores absolutos da datação por luminescência opticamente estimulada – LOE e Radiométrica (C14) dos perfis estudados nos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul, SC.

PERFIL	AMBIENTE	MÉTODO	PROF. (cm)	IDADE (anos)
P1	Terraço Mais Elevado	LOE	210	$73.750 \pm 8.000$
P2	Terraço Mais Elevado	LOE	130	$82.000 \pm 6.800$
P3	Planície Fluviomarinha	14C	60	$3.970 \pm 30$
P3	Planície Fluviomarinha	14C	90	$5.480 \pm 30$
P4	Terraço Mais Elevado	LOE	60	$21.000 \pm 3.320$
P4	Terraço Mais Elevado	LOE	130	$85.530 \pm 15.220$
P5	Terraço Mais Elevado	LOE	140	$22.400 \pm 3.250$
P6	Terraço Mais Elevado	LOE	150	$81.150 \pm 9.630$
P8	Terraço Mais Elevado	LOE	200	$71.100 \pm 8.500$
P9	Terraço Mais Elevado	LOE	60	$20.400 \pm 2.600$
P9	Terraço Mais Elevado	LOE	190	$65.000 \pm 12.800$
P10	Terraço Mais Elevado	LOE	50	$15.100 \pm 1.700$
P11	Terraço Mais Elevado	LOE	55	$39.600 \pm 7.000$
P12	Terraço	LOE	100	$77.250 \pm 7.600$
P14	Terraço	LOE	50	$32.350 \pm 4.500$
P17	Planície	LOE	100	$6.400 \pm 1.200$
P19	Terraço	LOE	60	$14.550 \pm 2.300$

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 2.3.3 Fluorescência de Raios-X

A análise da média dos elementos químicos das camadas ou horizontes de todos os solos estudados, descritos na tabela 7, expressos na forma de óxidos, demonstra as variações no que tange a distribuição dos elementos ao longo da planície.

Tabela 7 – Teores médios de elementos químicos expressados em óxidos analisados por fluorescência de raios-x (método Omnian semi-quantitativo).

AMOSTRA	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	ZrO <sub>2</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	----- % -----									
P1	95,87	1,58	0,70	0,35	0,01	0,04	0,11	0,00	0,30	0,07
P2	98,66	0,64	0,08	0,13	0,00	0,01	0,12	0,00	0,30	0,02
P3	88,38	3,92	0,36	1,48	0,01	0,03	1,73	0,14	0,54	0,12
P4	98,01	0,83	0,09	0,28	0,00	0,03	0,09	0,00	0,32	0,03
P5	95,98	1,81	0,95	0,61	0,01	0,07	0,10	0,00	0,31	0,04
P6	96,97	1,25	0,19	0,35	0,00	0,02	0,09	0,00	0,31	0,03
P7	95,88	2,18	0,29	0,62	0,01	0,09	0,93	0,00	0,33	0,03
P8	93,59	4,85	0,46	0,35	0,00	0,02	0,23	0,00	0,33	0,11
P9	93,29	4,14	1,19	0,39	0,01	0,02	0,60	0,00	0,32	0,09
P10	96,38	0,77	0,56	1,25	0,02	0,22	0,09	0,00	0,31	0,01
P11	93,89	3,09	1,15	0,45	0,01	0,05	1,06	0,00	0,31	0,21
P12	96,62	1,37	0,19	0,45	0,01	0,04	0,96	0,00	0,29	0,05
P13	96,74	0,93	0,17	0,59	0,01	0,04	1,13	0,00	0,32	0,03
P14	93,85	2,00	0,41	0,35	0,00	0,03	0,98	0,00	0,32	0,03
P15	95,90	1,76	0,42	0,86	0,01	0,10	0,90	0,00	0,32	0,02
P16	93,83	3,20	1,44	0,70	0,01	0,05	0,12	0,00	0,37	0,07
P17	96,29	1,79	0,33	0,38	0,01	0,04	0,14	0,00	0,32	0,38
P18	87,79	8,22	1,47	0,56	0,01	0,04	0,21	0,11	0,36	1,23
P19	95,83	3,09	0,18	0,39	0,01	0,04	0,10	0,00	0,33	0,05

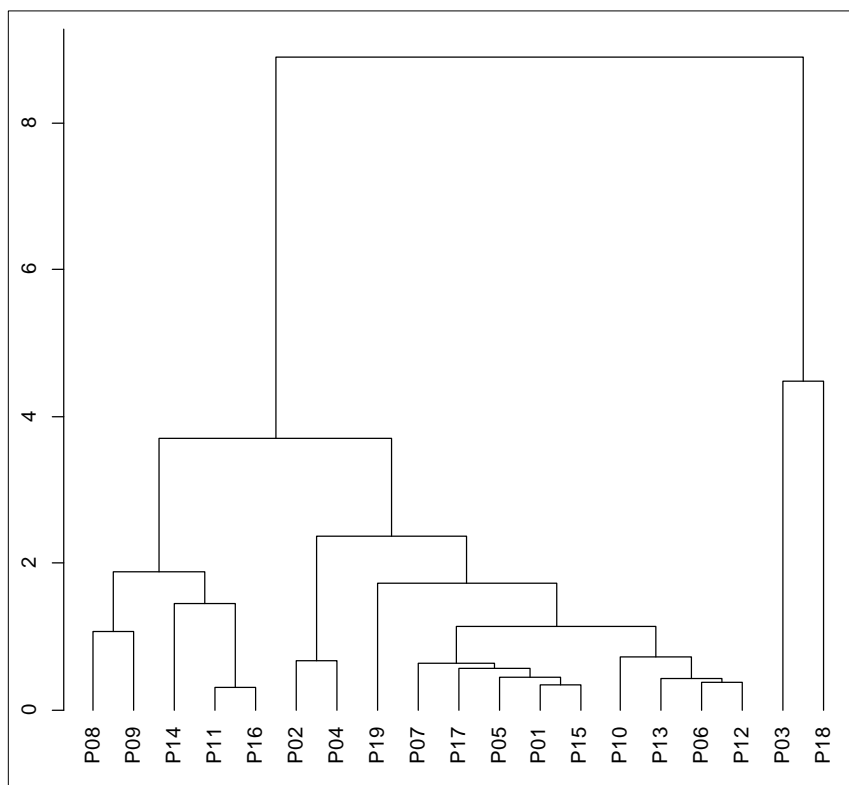
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A utilização da análise de distância euclidiana dos dados contido na tabela 7, contribuiu para agrupar os perfis por dissimilaridade de teores totais de Fe, Al, Zr, Ti, Mn, Ca, Mg, P, K e Si.

Observa-se que foram identificados dois grupamentos distintos. Um deles representado pelos perfis P3 e P18, representando os solos formados pelos sedimentos paludiais, e outro agrupando todos os demais solos. Este último discrimina 2 subagrupamentos distintos, que por sua vez são novamente subdivididos por similaridades em mais subgrupos.

Os perfis P8 e P9 estão situados sobre o mesmo terraço e pela análise de dissimilaridade pode-se inferir que são formados sobre material de mesma origem, o P16 por outro lado apresentou menor dissimilaridade com o P11 do que o P8 e P9, embora estejam próximos e aparentemente possuem o mesmo material de origem, a análise de dissimilaridade indica uma pequena diferença, o ambiente em que os três perfis se localizam são da mesma geração de Terraços, no entanto esta pequena diferença pode estar atrelada a interiorização do perfil P16 e proximidade com a drenagem, o que pode ser observado na figura 3, um ambiente no qual a água, devido à gravidade, é forçada a sair do sistema mais elevado para o mais baixo. Por isso a sua menor dissimilaridade com o perfil P11, que está em condição hidrológica similar.

Figura 12 – Análise de dissimilaridade dos teores totais de elementos químicos analisados por FRX pelo método Omnian.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Na figura 12 observa-se o agrupamento de dois perfis, P3 e P18, que apesar de estarem distantes entre si e se situarem em compartimentos diferentes, apresentam composição elementar similar, indicando tratar-se de solos formados em ambientes de sedimentação semelhantes. Ambos são formados por sedimentos paludiais, que se formam em sistemas de confinamento de água e acúmulo de sedimentos finos e orgânicos.

Os resultados dos perfis P2 e P4 eram esperados, haja vista que estão muito próximos, havendo apenas uma diferença altimétrica de aproximadamente 1 metro no total, sugerindo que o P2, dado a ondulação do terreno vista em linha reta no sentido Oeste-Leste está situado no entre-cordão, que foi tão retrabalhado quanto o cordão.

Os perfis P01, P05, P6, P07, P10, P12, P13, P15 e P17 estão agrupados como menos dissimilares do que com os demais, mas ainda assim não há grande discrepância entre eles, o que mais destoa desta análise dentre estes perfis é o P17, que está localizado no mapa da figura 3 em uma Planície Lagunar. Comparando com o P18, observa-se tratar-se de perfis muito diferentes, o que reforça a ideia de que o P17 está na situação sobre uma pequena porção de Terraço holocênico.

O mais interessante desta análise é de que os perfis, exceto P3 e P 18, estão situados sobre depósito marinho praial, e o grau de dissimilaridade encontrada entre eles pode estar relacionado ao retrabalhamento das superfícies pelos processos modeladores da paisagem, uma vez que a origem destes sedimentos é similar.

## 2.4 CONCLUSÃO

A identificação dos ambientes geomorfológicos, sua caracterização e sistematização na forma de um mapa revelou ser de grande valia para a compreensão dos processos envolvidos na formação da planície costeira e conseqüentemente dos solos ali formados. Como o enfoque principal do trabalho é estudar os Espodossolos, o entendimento destes processos modeladores da paisagem permitiu compreender, em parte, a grande variação morfológica dos Espodossolos na planície costeira.

Apesar de ser um estudo superficial sobre a dinâmica da planície costeira estudada, este atendeu os objetivos desta pesquisa, visto que não há trabalhos sobre a geologia e a geomorfologia para a região específica. A região abrangida pela área de estudo constitui importante reserva para a manutenção da biodiversidade e geodiversidades dos ecossistemas costeiros.

Estudo mais específico e de maior escala devem ser estimulados, principalmente nos estudos sobre os solos de planície costeira, pois até o momento se desconhece o efeito da pedogênese sobre a morfogênese da paisagem. No entendimento deste trabalho fica evidente que a pedogênese possui um papel importante nos processos modeladores da paisagem.



## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO R.J. **Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná**. 1992. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 334 p. 1992
- ANGULO, R.J., Mapa do cenozóico do litoral do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, UFPR, n. 55, p. 25-42, 2004.
- ANGULO, R.J., SOUZA, M.C., GIANNINI, P.C.F., GUEDES, C.C.F., PESSENDA, L.C.R. O início da formação da barreira da Ilha Comprida, sudeste do Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 12., 2009, La Plata. **Anais**. La Plata: ABEQUA, 2009. p. 85-86.
- ANGULO, R.J.; LESSA, G.C.; SOUZA, M.C.D. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, v. 25, n. 5/6, p. 486-506, 2006.
- ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C. Mapa geológico da planície costeira entre o rio saí-guaçu e a baía de São Francisco, litoral norte do estado de Santa Catarina. **Boletim Paranaense de Geociências**, UFPR, n. 55, p. 09-23, 2004.
- ANJOS, M. L. M. Mapeamento geológico-geomorfológico da planície costeira quaternária da Ilha de São Francisco do Sul, sul do Brasil. Dissertações (**Mestrado**) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.
- ARAÚJO, D.S.D. Comunidades vegetais. In: ARAÚJO, D.; LACERDA, L.; ARAUJO, D.; CERQUEIRA, R. **Restingas**: origem, estrutura e processos. Niterói: CEUFF, 1984. p. 157.
- BEN-DOR, E., Levin, N., Singer, A., Karnieli, A., Braun, O., Kidron, G.J. Quantitative mapping of the soil rubification process on sand dunes using an airborne CASI hyperspectral sensor. **Geoderma** 131 p.1–21, 2006.
- BIGARELLA J.J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. **Arq. Biol. Tecn.**, Curitiba, v.1. p. 75-11,1946
- BIGARELLA J.J. Nota explicativa acompanhando a folha geológica de Paranaguá. **Boletim Paranaense Geologia**., Curitiba, (13):15 p. 1965
- BIGARELLA, J. J. Os sambaquis na evolução da paisagem litorânea sul-brasileira. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 9-10, p. 199- 221, 1954.

BUOL, S.W., HOLE, F.D., McCRACKEN, R.J. **Soil Genesis and Classification**. The Iowa State University Press, Ames, 1973, p. 360.

BUURMAN, P.; LAGEN, B. ; VELTHORST, E.J. **Manual of soil and water analysis**. Leiden: Backhuys Publishers Leiden. 1996. 314p.

BUURMAN, P. **Podzols**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984. 450 p.

BUURMAN, P.; JONGMANS, A.G. Podzolisation and soil organic matter dynamics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 125, n. 1/2, p. 71-83, 2005.

BUURMAN, P. **Podzols**. The Nostrand Van Nostrand Reinhold: Soil Science Series, Washington, 1984. 450p.

CAMARGO, M. G. SYSGRAN - Análises e gráficos sedimentológicos. **Centro de Estudos do Mar**, Universidade Federal do Paraná. versão 3.0. 2006. Disponível em <<http://www.cem.ufpr/sysgran>>. Acesso em: 5 jan. 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**, Rio de Janeiro, 2011. 212 p.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27:3-27, 1957.

FOLK, R.L. Reddening of desert sands: Simpson desert, N. T., Australia. **Journal of Sedimentary Petrology**. Austin. v 46, n 3, p 604-615. 1976

GIANNINI P. C. F. **Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaquaruna e Imbituba, SC**. 1993. (Tese de Doutorado) Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 2v. e 2 mapas. 1993.

HORN FILHO N. O. **O Quaternário costeiro da Ilha de São Francisco do Sul e arredores, Nordeste do Estado de Santa Catarina. Aspectos geológicos, evolutivos e ambientais**. 1997 (Tese de Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 312 p. 1997.

HORN FILHO N. O., DIEHL F. L. Geologia da planície costeira de Santa Catarina. **Alcance**, 1(1):95-102. 1994.

HORN FILHO, N.O.; VIEIRA, C.V. Mapa evolutivo da planície costeira da ilha de São Francisco do Sul, SC, Brasil. Departamento de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. **Núcleo de Publicações de Periódico**. 2017

HORN FILHO, N.O.; SCHMIDT, A.D.; BENEDET, C.; NEVES, J.; PIMENTA, L.H.F.; PAQUETTE, M.; ALENCAR, R.; SILVA, W.B.; VILLELA, E.; GENOVEZ, R.; SANTOS, C.G. Estudo Geológico dos Depósitos Clásticos Quaternários Superficiais da Planície Costeira de Santa Catarina, Brasil. **GRAVEL**. Porto Alegre V12. N1. p41-107

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

KÖEPPEN, W. **Climatologia. Con un estudio de los climas de la tierra**. México, FCE, p.145-378. 1948

LESSA G.C., ANGULO R.J., GIANNINI P.C.F., ARAÚJO A.D. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. **Marine Geology**, 165(1-4):87-108. 2000.

LEVIN, N., BEN-DOR, E., SINGER, A. A digital camera as a tool to measure color indices and related properties of sandy soils in semi-arid environments. **International Journal of Remote Sensing** 26 (24), p.5475–5492. 2005.

MARTIN L.; SUGUIO K.; FLEXOR J. M.; AZEVEDO A. E. G. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Série Geol. DNPM**. Brasília, 28/18, 40 p. 1988.

MARTINS, V. M. **Relação solo-relevo-substrato geológico na planície costeira de Bertioga (SP)**. 2009. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiza de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. Londres, Soil Research: **suppl. Proc. Int. Soc. Soil Sci.** IV(3):183-198, 1935.

NORRIS, R.M. Dune reddening and time. **Journal of Sedimentary Petrology** 39 (1), 1969, p.7–11.

ROSA, R.O. & HERMANN, M.L.P. **Geomorfologia**. In: Atlas de Santa Catarina. Aspectos Físicos. GAPLAN, Rio de Janeiro, pp.31-32. 1986

RUELLAN, A. Classification of Pedological Systems:a Challenge for the Future of Soil Science. **Annals of Agrarian Science**, Tbilisi (Georgia), vol. 3, n° 3, p. 24-28, 2005

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; TATUMI, S. H. ; YEE, M. ; SANTOS, J. ; BARRETO, A. M. F. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. São Paulo: **Revista Brasileira de Geociências**, 37(2):401-412. 2007

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 92 p.

SOMMER, M., D. HALM, C. GEISINGER, I. ANDRUSCHKEWITSCH, M. ZAREI, AND K. STAHR. **Lateral podzolization in a sandstone catchment**. Geoderma: 103: 231-247, 2001

SOUZA M.C. Estratigrafia e evolução das barreiras holocênicas Paranaenses, Sul do Brasil. 2005. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SOUZA M.C. de 1999. Mapeamento da planície costeira e morfologia e dinâmica das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina: subsídios à ocupação. (**Dissertação de Mestrado**) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 196 p.

SUGUIO K. **Geologia sedimentar**. São Paulo. Blücher. 2003, 416 p.

SUGUIO K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo. Blücher. 1973, 317 p.

SUGUIO K., MARTIN L. Mecanismos de gênese das planícies sedimentares Quaternárias do litoral do Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 29. Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, SBG, v.1.295-305p. 1976.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Marinha**. São Paulo: T. A. Queiroz, 171 p. 1992.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado+Presente = Futuro?)**. São Paulo, Paulo's Editora, 366 p, 1999.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A .C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**. 15, 4:273-286. 1985.

SUGUIO, K.; TESSLER, M.G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: Restingas: origem e nomenclatura. In: LACERDA, L.D.; ARAÚJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURQ, B. **Restingas: origem, estrutura e processos**. Niterói: CEUFF, p. 15-26. Universidade Federal do Paraná. 100 p. 1984.

VILLWOCK, J.A.; LESSA, G.C.; SUGUIO, K.; ANGULO, R.J.; DILLENBURG, S.R. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: C.R. de G. SOUZA et al. (eds.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2005. p. 94-113.

WALLINGA, J.; MURRAY, A.; WINTLE, A. The single-aliquot regenerative-dose (SAR) protocol applied to coarse-grain feldspar. **Radiation Measurements**: Oxford, v. 32, n. 5, p. 529-533, 2000.

WANG, C.; MCKEAGUE, J.; BEKE, G. Site characteristics, morphology and physical properties of selected ortstein soils from the Maritime Provinces. **Canadian Journal of Soil Science**: Ottawa, v. 58, n. 3, p. 405-420, 1978.

WILLIAMS, C., YAALON, D.H. An experimental investigation of reddening in dune sand. **Geoderma** 17, 1977, p.181–191. WRB-FAO, 2014

ZULAR, A. Sedimentologia e cronologia por luminescência da ilha de São Francisco do Sul (SC): considerações sobre a evolução holocênica de barreiras arenosas da costa sul e sudeste do Brasil. 2011. **Dissertação (Mestrado)** Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, 2011, 108p.

### **3 CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DOS SOLOS DA PLANÍCE COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE ARAQUARI E BALNEÁRIO BARRA DO SUL, SANTA CATARINA.**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Os Espodossolos, reconhecidos no sistema World Reference Base como Podzols (WRB-FAO, 2014) são solos de ocorrência muito comum em regiões de florestas boreais, onde o clima é úmido e frio, ocorrendo principalmente no norte da Europa, nordeste da Rússia, Canadá e Estados Unidos (ANDRIESSE, 1969; ANDERSON et al. 1982; LUNDSTROM et al. 2000). Nessas regiões elevadas ocorre um excesso de precipitação sobre a evapotranspiração, facilitando com que grande volume de água percole no perfil, promovendo intensa lixiviação das bases, que culmina com a formação de uma reação extremamente ácida nos solos. Nestas condições, compostos orgânicos pouco saturados com metais, principalmente o alumínio, podem se tornar solúveis, sendo transportados verticalmente e acumulando-se no horizonte B, formando horizontes espódicos, os quais geralmente são pouco espessos (McKEAGUE et al., 1983; LUNDSTROM et al. 2000).

Em regiões tropicais e subtropicais, a sua ocorrência é menos expressiva, porém são também encontrados na América do Sul, Malásia e Austrália (FAO, 2006). No Brasil, ocorre com maior expressão nas planícies ao longo do Rio Negro, estado do Amazonas, e nas planícies com sedimentos arenosos do estado de Roraima e do Acre. Sua ocorrência também é relatada nos tabuleiros costeiros e ao longo da faixa litorânea entre Bahia e Rio Grande do Sul (OLIVEIRA, 1992).

Os horizontes espódicos mais cimentados, descritos como Bhm, Bsm e Bhsm, são também chamados de ortsteins. São horizontes fortemente cimentados enriquecidos com complexos organometálicos (Al-humus) que preenchem os espaços intersticiais e revestem o material arenoso formando polímeros estáveis após ciclos sucessivos de umedecimento e ressecamento (ANDRIESSE, 1969; De CONINCK, 1980 BUURMAN; JONGMANS, 2005).

Os Espodossolos de climas tropicais apresentam baixa fertilidade natural, devido a textura arenosa, pH geralmente abaixo de 4,5, e CTC dominada pelos íons H e Al, com lençol freático próximo a superfície (KINGLE, 1965; ANDRIESSE, 1969; BUURMAN; JONGMANS, 2005; COELHO et al, 2010b), condições que favorecem o aumento do tempo de residência da matéria orgânica no sistema e a manutenção dos horizontes espódicos (BUURMAN; JONGMANS, 2005; BUURMAN; VIDAL-TORRADO; MARTINS, 2013b).

A podzolização é o processo que caracteriza a formação do horizonte espódico. O processo consiste na translocação de compostos de Al com e/ou Fe associados a compostos orgânicos e consequente acumulação de compostos amorfos e/ou de baixa cristalinidade no horizonte espódico em subsuperfície (LUNDSTROM et al., 2000; SCHAETZL & ANDERSON, 2005).

Os processos de podzolização descritos na literatura para as condições de clima temperado quase sempre consideram que o processo de transporte do húmus ocorre através de fluxos verticais, onde o húmus geralmente é transportado dos horizontes A ou E, para o horizonte espódico subjacente, que pode ser identificado como um Bh, Bhs, Bhm ou Bhsm.

A teoria mais “clássica” da podzolização envolve três etapas: a formação de complexo de matéria orgânica associado a Al e/ou Fe solúveis na superfície do solo; translocação vertical do complexo com a água do solo; e precipitação do complexo no horizonte B (LUNDSTRON 2000; McKEAGUE et al. 1983). Vários autores concordam que a migração vertical é um mecanismo importante na formação do horizonte espódico (LUNDSTRÖM, 1993; LUNDSTRÖM et al, 1995; SAUER et al, 2007; VAN BREEMEN e BUURMAN, 2002). Já outros autores sugerem que os mecanismos dominantes de podzolização podem ser diferentes, dependendo do clima e materiais de origem (KODAMA e WANG, 1989; MOSSIN et al, 2002).

Estudos realizados com Espodossolos em clima subtropical na costa sudeste dos EUA, no entanto, relataram forte influência da dinâmica hídrica em subsuperfície na gênese dos solos (TANET al, 1999; PHILLIPS et al., 1999; HARRIS & HOLLIEN, 2000; VANAGS, 2002).

Pesquisas realizadas sobre podzolização vem sendo realizadas por várias décadas (BAILEY et al., 2014; JANKOWSKI, 2014; SOMMER et al., 2000, 2001; BARDY et al., 2008; LUCAS et al., 2012; BUURMAN et al., 2013). O Al e Fe reagem com a MO formando complexos solúveis e sua mobilização e transporte estão intimamente ligadas a podzolização lateral como um processo de três etapas: (i) mobilização de Fe, Al, e Mn encosta abaixo; (ii) translocação com escoamento lateral; e (iii) imobilização (precipitação) de complexo organometálicos amorfos, facilitada a jusante por aumento de Fe e de cátions básicos em curva decrescente (SOMMER et al., 2001).

A podzolização lateral também foi observada em uma área arenosa florestal da Polônia (Jankowski, 2014). Solos encontrados em depressões fechadas de campo de dunas formadas por sedimentos glaciais possuem em seu interior acumulações espessas de materiais espódicos (Al, Fe, Mn e MO), mas não mostraram qualquer evidencia de eluviação vertical a partir da parte superior do perfil. Deduziu-se que translocação lateral de MO complexada com Fe e Al

das encostas circundantes foi responsável pela morfologia observada (BOURGAULT, et al., 2015).

Nos Espodossolos desenvolvidos em sedimentos arenosos de planícies costeiras, portanto, tem sido crescentemente demonstrado que em grande parte dos casos, os espessos horizontes espódicos escuros se formam pela acumulação de húmus por fluxos laterais de água provavelmente oriundas do lençol freático. Como esses solos ocorrem em áreas geralmente planas, interligadas pelo lençol freático, a movimentação da água transporta lateralmente partículas coloidais constituídas de carbono orgânico dissolvido (COD), que vão paulatinamente entupindo os poros do material de origem arenoso na zona de flutuação do lençol freático (VIDAL-TORRADO & FERREIRA, 2017)

Desse modo, podemos diferenciar os Espodossolos em dois grupos distintos quanto a sua formação; (i) os que apresentam gênese por influência de hidromorfismo e (ii) os que apresentam gênese em condições não hidromórficas.

Os Espodossolos formados em condições de hidromorfismo apresentam horizontes ricos em COD e alumínio, bem como morfologia distinta, quanto ao tipo de matéria orgânica. Análises micromorfológicas de horizontes espódicos formados nessas condições apresentam matéria orgânica coloidal com feições muito homogêneas, que vem sendo identificadas como matéria orgânica monomórfica (DeCONINCK, 1980). Constitui grande parte do húmus que satura os poros dos espessos horizontes espódicos formados em ambientes sedimentares arenosos nas planícies costeiras e aluviais sob condições de hidromorfismo, seja ele atual ou pretérito.

Já os Espodossolos formados em condições não hidromórficas, mais tipicamente relacionados à podzolização por fluxos verticais, geralmente apresentam horizontes espódicos pouco espessos, e o tipo de matéria orgânica que escurece o referido horizonte geralmente é constituído por material de aspecto heterogêneo, sendo denominado de matéria orgânica polimórfica (DeCONINCK, 1980).

Os dois processos podem ocorrer concomitantemente num mesmo solo, dependendo da variação das condições de hidromorfismo, da vegetação de cobertura e da dinâmica das alterações, naturais ou antropogênicas, sofridas pelo solo durante sua evolução.

Nos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul, os processos naturais de construção e evolução da planície costeira envolveram a deposição de sedimentos marinhos durante o Pleistoceno Superior, e Holoceno através de episódios de transgressão e regressão da linha costeira. Durante a regressão, cordões aproximadamente paralelos à costa deixaram sua marca na paisagem regional, mas grande parte desses cordões foi destruída, total ou



parcialmente pela erosão eólica, interligando os espaços entre-cordões remanescentes. Atualmente a paisagem local é constituída por extensas áreas de solos arenosos, com altitudes variando de 1 a 20 m, onde predomina relevo praticamente plano. Grande parte da área é recoberta por restingas, protegidas pela existência de duas reservas indígenas. O restante da área é utilizada para agricultura, reflorestamento, extração de areias e núcleos urbanos.

Nessa região, verificou-se preliminarmente que grande parte dos solos localizados nas porções mais baixas dos terraços arenosos são constituídos de Espodossolos, todos influenciados pela presença de lençol freático próximo à superfície. Na porção mais alta dos terraços, onde o lençol freático ocorre em maiores profundidades predominam os Neossolos Quartzarênicos. Já nas áreas de menor altitude, com menor expressão geográfica, correspondendo à Planície Lagunar e a Fluviomarinha, ocorrem principalmente Organossolos e Gleissolos.

A ausência de estudos de caracterização e compreensão da gênese de Espodossolos no estado de Santa Catarina e a importância desses estudos para o adequado uso, manejo e preservação desses ambientes costeiros motivou a condução desse trabalho, cujos objetivos foram caracterizar, do ponto de vista morfológico, físico e químico 19 perfis de solos distribuídos em 3 topossequências, com ênfase no entendimento da gênese dos Espodossolos e suas relações com o ambiente hidromórfico que os interliga e com os solos adjacentes.

## 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2.1 Descrição, Coleta, Preparo das Amostras

Foram estudados 19 perfis de solos sendo 12 Espodossolos, 4 Neossolos Quartzarênicos, 1 Organossolo e 1 Gleissolo. Todos foram descritos conforme Santos et al. (2013).

As prospecções foram realizadas por meio de sondagens com trado manual, seguido de abertura de trincheiras com auxílio de retroescavadeira. Nos ambientes em que o nível do lençol freático era muito próximo à superfície utilizou-se bombas d'água para escoamento e, assim, permitir a realização dos trabalhos de descrição e coleta de amostras. Todas as amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e, posteriormente, colocadas para secar em estufa a 50°C.

As amostras de solo depois de secas foram destorroadas com rolo de madeira sobre uma manta de borracha e peneiradas em peneira com malha de 2 mm. Em seguida foram homogeneizadas e quarteadas com auxílio de um quarteador com 16 canais em chapa metálica

galvanizada. Todas as amostras, depois de quarteadas, foram armazenadas em potes plásticos com capacidade para 1 litro.

Para definição das alíquotas utilizadas nas análises de caracterização também foi realizado o quarteamento até frações aproximadas de 50 g e acondicionadas em frasco plástico com capacidade de 50 ml, no intuito de obter uma alíquota que melhor representasse a amostra. O mesmo foi realizado para obtenção das alíquotas para análise de granulometria.

### 3.2.2 Classificação dos Solos em Humilúvico e Ferri-Humilúvico

A classificação dos Espodossolos no segundo nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), foi baseada nos resultados da análise de calcinação das amostras em relação aos teores de ferro total a 600 °C.

A calcinação foi adaptada de Embrapa, (2013), para “determinação de matéria orgânica” em Organossolos, segundo Lyn et al. (1974). As amostras foram acondicionadas em cápsulas de porcelana com capacidade de 20 gramas de solo TFSA e levadas a mufla por 6 horas a uma temperatura de 600°C.

Após a calcinação das amostras, elas foram acondicionadas em frascos de acrílico transparentes e dispostas lado a lado com frasco contendo amostras em estado natural. Estas foram submetidas a fotografia digital sobre um fundo escuro para realçar as diferenças entre amostras. Todas as amostras foram calcinadas e comparadas com o resultado da análise dos teores de  $Fe_p$ ,  $Fe_o$ ,  $Fe_d$  e  $Fe_t$ .

### 3.2.3 Caracterização Química

As análises químicas de caracterização foram realizadas em todas as amostras coletadas, contemplando todos os horizontes de todos os perfis dos solos, em amostras de solo deformadas, de acordo com a metodologia descrita em EMBRAPA (2011). Os atributos químicos determinados foram: acidez ativa, acidez potencial, alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) e bases trocáveis ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^{2+}$ ).

A acidez ativa (pH em  $H_2O$  e pH em  $KCl$  1mol  $L^{-1}$ ) foi realizada pelo método potenciométrico, utilizando um peagâmetro DIGIMED modelo DM 22 com eletrodo combinado DME-CVI, ambos na relação solo: solução de 1:2,5.

A acidez potencial foi realizada com utilização de 2,5 g de amostra, com duas repetições, em frascos tipo *Snap-Cap*, com 50ml de solução de acetato de cálcio 0,5 mol  $L^{-1}$  tamponada a

pH 7,0 agitados mecanicamente por 30 minutos a 180 rpm. Para a quantificação foi utilizada bureta digital marca BRAND e modelo Titrete, com titulação de solução de NaOH 0,02 M, e 3 gotas fenolftaleína a 2% como indicador.

O carbono total foi determinado com auxílio de um analisador COT modelo multi/NC 2100, equipado com módulo para sólidos, fabricado pela Analytik Jena AG. As amostras foram moídas, peneiradas (0,250 mm), homogeneizadas e mantidas em dessecadores por um período de 24h. Foi utilizado amostra de solo certificado (LUFA com 1,77% de Carbono) durante as leituras no equipamento, com intuito de avaliar a exatidão do equipamento. A leitura foi realizada em barquinhas de quartzo com aproximadamente 8 mg de amostra em três repetições, pesada em uma balança analítica modelo Shimatzu ATX 224 (precisão de leitura 0,1mg).

O alumínio trocável, o Ca e o Mg trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. O alumínio foi determinado por titulometria de neutralização com NaOH 0,0125 M. Os elementos Ca e Mg foram determinados por espectroscopia de absorção atômica (modelo: AAnalyst 200 - PerkinElmer), com utilização de óxido de lantânio no controle de interferentes.

A análise de Na e K foi realizada com a pesagem de 3 g de amostra acrescido de 30 ml de solução de acetato de amônio 1 M em um frasco “*Snap-Cap*” de 100 ml, agitado por 30 minutos e deixado em repouso por uma noite (12-14 horas). Os elementos de Na e K foram determinados em fotômetro de chama DIGIMED, modelo DM62.

### **3.2.4 Extrações Seletivas de Fe e Al**

Os procedimentos analíticos utilizados para a extração do Al e do Fe foram realizados conforme sugerido por Buurman et al. (1996).

A extração do Fe e Al com pirofosfato de sódio (Fe<sub>p</sub>, Al<sub>p</sub>), foi realizada com a utilização de 0,5 g de solo moído e peneirado em malha 0,250 mm em 50 ml de solução de pirofosfato de sódio 0,1 mol L<sup>-1</sup> (pH 10), agitado por 16h.

A extração do Fe e Al com oxalato de amônio (Fe<sub>ox</sub>, Al<sub>ox</sub>), foi realizada com a utilização de 0,7 g de solo moído e peneirado em malha 0,250 mm em 35 ml de solução de oxalato de amônio ácido (pH 3), agitado por 4 h no escuro.

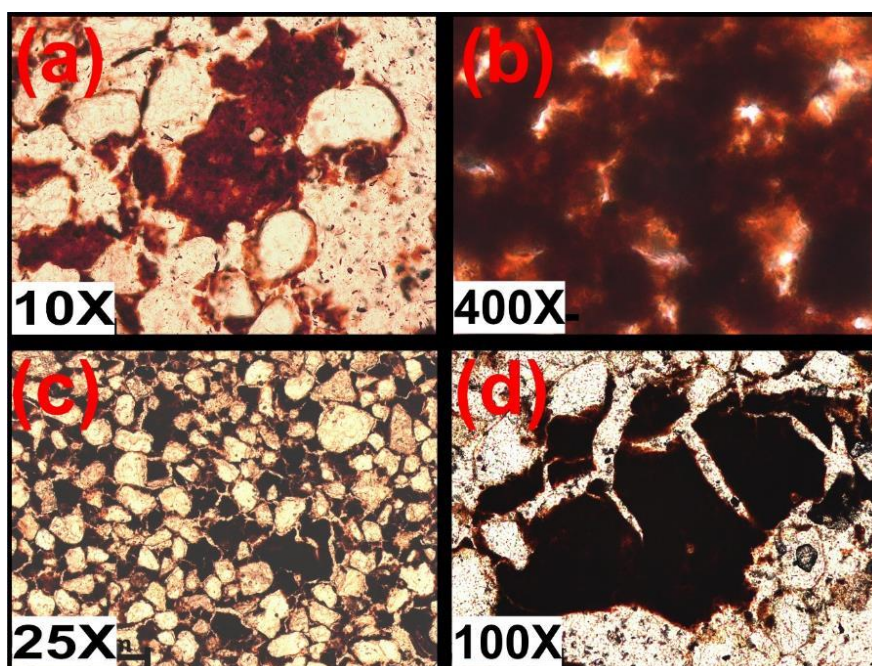
A extração do Fe com ditionito citrato (Fe<sub>d</sub>), foi realizada com a utilização de 1,00g de solo moído e peneirado em malha 0,250 mm em 60 ml de solução de citrato de sódio e ditionito de sódio, agitado por 16 horas. Todas as suspensões anteriormente citadas foram centrifugadas por 15 minutos a uma rotação 2.500 rpm, com quatro gotas de “superfloc” a 0,2%, seguido de filtração do sobrenadante, utilizando papel filtro (11 µm).

Os elementos Fe e Al foram determinados por espectroscopia de absorção atômica – EEA (modelo: AAnalyst 200 - PerkinElmer). Os resultados para esses elementos representam a média das análises realizadas em duplicata que diferiram entre si em menos que 10%. Após a calibração do EEA, foram calculados os limites de quantificação segundo a equação  $LQ = Fd \times (M \pm t \times s)$ , onde  $Fd$  é o fator de diluição das amostras,  $M$  é a média das provas em branco,  $t$  é o valor t-Student para um intervalo de confiança de 99%, em função do número de graus de liberdade de medições repetidas; e  $s$ , o desvio padrão das provas em branco.

### 3.2.5 Micromorfologia

Para a realização dos estudos de micromorfologia, foram seguidos os procedimentos descritos por Castro et al. (2003). Coletou-se amostras indeformadas da transição entre horizontes e de partes centrais ou de interesse para cada perfil, com auxílio de caixas de cartolinas com dimensões de 12 x 8 x 4 cm. Todas as amostras foram impregnadas com resina de poliéster, cortadas e confeccionadas as lâminas delgadas com dimensão de 7,6 x 5 cm. Todas as lâminas foram analisadas em microscópio petrográfico, modelo Labomed iVu 5000. A interpretação foi realizada segundo Bullock et al. (1985) e a forma de húmus classificada conforme DeConinck et al. (1974), em monomórfica e polimórfica (Figura 13).

Figura 13 – Ilustração das formas de matéria orgânica polimórfica (a, b) e monomórfica (c, d), das amostras estudadas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 3.2.6 Análise Química Elementar por Fluorescência de Raios-X

A análise por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) é um método qualitativo baseado na medida das intensidades dos raios X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra (NASCIMENTOS, 1999). Neste tipo de análise, o tamanho de partícula é extremamente importante e para a obtenção de resultados confiáveis a homogeneização e cominuição são indispensáveis (BRISOLA & FERNANDES, 20XX).

Diante da necessidade de considerar os fatores que influenciam na fidelidade dos resultados obtidos, já que a análise adotada nesta metodologia faz o uso de amostra na forma de “pó solto” foram realizados os seguintes procedimentos: homogeneização, quarteamento, calcinação, moagem, e homogeneização da amostra moída.

O quarteamento é o processo de redução da amostra a pequenas porções representativas da amostra inicial e deve ser proceder depois da homogeneização (NEVES, 2008; BRISOLA & FERNANDES, 20XX). Para isto as amostras de trabalho, citada no item 3.2.1, foram homogeneizadas, e retirada uma alíquota de 20g.

A calcinação da amostra com o objetivo de eliminar a matéria orgânica foi realizada com o uso de uma Mufla a temperatura de a 600°C por 6 horas, conforme Embrapa, (2013). Após a calcinação as amostras foram homogeneizadas e retirou-se uma alíquota de 2g para serem moídas em almofariz de ágata e peneiradas em peneira com malha de 0,053 mm.

Depois de todas as amostras moídas e peneiradas, elas foram acondicionadas em frascos plástico com capacidade de 5ml dentro de um dessecador de vidro com sílica gel. No momento da análise das amostras, antes de acondiciona-las no porta amostra específico para leitura no FRX com fundo revestido com filme poliéster “mylar” de 3,6 µm, as amostras foram novamente homogeneizadas em um almofariz de ágata (aquecido a 100 °C) com auxílio de um pistilo.

Na determinação dos teores totais dos elementos, foi utilizado equipamento do modelo Epsilon 3 da empresa Panalytical. Trata-se de um espectrômetro compacto de energia dispersiva de raios-X (EDX), com gerador de potência máxima em alta tensão de 9000 mW, voltagem de 4 a 30 kV e intensidade da corrente de 1 a 1000 µA, com tubos de raios-x de material anodo, ródio (Rh), janela de berílio com 50 µm de espessura e detector diodo Si-PIN com processamento dos dados através de um analisador multi-canal (MCA). Sistema é alimentado com gás hélio pressurizado e refrigeração eletrônica a ar termoelétrica (Peltier).

Normalmente a quantificação dos elementos é realizada através da criação de uma aplicação denominada OMNIAN (pastilha fundida), pacote do software Epsilon, calibrada a partir de amostras padrões no formato de pastilhas fundidas. Este método é utilizado na análise

de um total de 24 elementos com precisão, porém, com menor exatidão inerente ao método, considerado como semi-quantitativo.

Portanto, para que se obtivesse maior exatidão na análise, foi criado uma nova aplicação a partir de uma curva analítica com mesmo material matricial das amostras. Inicialmente, todas as amostras foram analisadas pela aplicação OMINIAN, da qual foi selecionado a amostra que apresentou predominância de óxido de silício (98,89%). Neste caso, a amostra selecionada se tratava de um horizonte E.

No intuito de reduzir ainda mais as interferências a amostra adotada como matriz teve que ser tratada com técnicas como: separação da fração areia muito fina, calcinação, separação densimétrica com bromofórmio, lavagens ácidas. A calcinação foi realizada em mufla 600°C por período de 6 horas para a retirada de eventual matéria orgânica. A separação densimétrica com bromofórmio seguiu o proposto por Gianinni (1993).

A preparação da curva de calibração para criação de uma nova aplicação pode ser realizada em duas etapas. A primeira consistiu na obtenção de uma matriz similar ao das amostras e com grau de pureza aceitável. A segunda foi a obtenção de pontos da curva com doses conhecidas dos elementos de interesse.

Para a obtenção da matriz foi necessário realizar seis etapas: (a) eliminação da fração menor ou igual de areia muito fina ( $< 0,125$  mm); (b) calcinação; (c) separação densimétrica; (d) lavagem ácida; (e) lavagem com água deionizada; (f) moagem até a fração 0,053 m. Segue detalhamento do procedimento:

- (a) Em um recipiente de 200ml foi adicionado 100g de amostra com 100 ml de água deionizada e 15 ml de solução de hidróxido de sódio a 1M. Agitação por 4 horas e lavagem em água corrente com auxílio de uma pistola de água sobre peneira de malha 0,125mm.
- (b) Em um cadinho de porcelana, o que sobrou da amostra peneirada foi levada a mufla para calcinação a 600 C° por um período de 6 horas.
- (c) Depois de calcinado a amostra foi submetida a separação densimétrica com bromofórmio, conforme descrito por Giannini (1993).
- (d) A lavagem ácida foi realizada e duas partes: a primeira lavagem foi realizada com ácido sulfúrico conforme metodologia indicada para ataque sulfúrico (EMBRAPA, 2011), e a segunda parte foi a lavagem com ácido clorídrico a 10% para a retirada de resíduos dos procedimentos anteriores.
- (e) Por fim, a amostra foi lavada com água deionizada até que a condutividade elétrica da água de lavagem fosse a mesma da água deionizada inicial.

- (f) A última etapa consistiu na moagem com auxílio de um almofariz e pistilo de ágata previamente lavado em solução limpeza (HCl 10% por 24 horas) e peneirados em peneira com malha 0,053mm. Homogeneizado e acondicionado em recipiente plástico dentro de um dessecador.

Para a construção da curva em pó solto, foram adquiridos padrões de Fe, Al, Ti, Zr e Mn da marca Sigma Aldrich, com os seguintes teores: 99% de  $\text{FeO}_2$ , 99% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 98,4% de  $\text{TiO}$ , 99,2% de  $\text{ZrO}$  e 99% de  $\text{MnO}$ . Os produtos foram pesados em doses crescentes conhecidas para construção das curvas com a matriz silicosa citada nos procedimentos anteriores.

Com auxílio de uma balança analítica (BEL/M214A), um almofariz com pistilo de ágata e uma espátula de aço inox foi possível construir os pontos da curva de calibração. Doses crescentes de óxidos de Fe, Al, Ti, Zr e Mn analíticos foram misturados a matriz anteriormente citada, padronizando a soma de todos os elementos em 2g, convertido em porcentagem, como apresentado na tabela 8. A homogeneização foi realizada com auxílio de um almofariz de ágata aquecido sobre uma chapa quente a temperatura de  $150^\circ\text{C}$  no intuito de expulsar a umidade e facilitar a homogeneização. Antes da construção de cada ponto da curva, o almofariz, pistilo e a espátula foram lavados previamente com solução limpeza (HCl 10%) e seco em estufa.

Os limites das concentrações de cada elemento da curva foram determinados pela análise prévia em FRX, por aplicação OMNIAN, sendo máxima e mínima de 98,89% e 69,405% para  $\text{SiO}_2$ , 3,061% e 0,043% para  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 23,944% e 0,488% para  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 5,377% e 0,082% para  $\text{TiO}_2$ , 0,955% e 0,004% para  $\text{ZrO}_2$ , e 0,145% e 0,034% de  $\text{MnO}_2$ , respectivamente.

Tabela 8 – Concentração de óxidos em cada ponto da curva em “pó solto” utilizada na calibração do FRX.

PONTOS DA CURVA	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{ZrO}_2$	$\text{MnO}_2$	TOTAL
	----- % -----						
Padrão 01	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100
Padrão 02	99,291	0,054	0,251	0,218	0,054	0,124	100
Padrão 03	98,736	0,119	0,526	0,387	0,119	0,099	100
Padrão 04	97,571	0,242	0,964	0,759	0,218	0,218	100
Padrão 05	95,305	0,485	1,951	1,472	0,386	0,346	100
Padrão 06	92,058	0,978	2,962	2,971	0,494	0,445	100
Padrão 07	87,012	1,975	5,905	3,964	0,485	0,500	100
Padrão 08	77,711	3,279	11,768	4,936	0,996	1,026	100
Padrão 09	62,743	4,200	23,526	5,937	1,489	1,602	100
Padrão 10	53,997	4,950	29,519	6,929	2,005	1,975	100

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Com a conclusão da calibração em “pó solto”, foi procedida a determinação dos teores de óxidos presentes nas amostras utilizando a nova aplicação. A cada bateria de 9 amostras

analisadas por FRX foi acrescido uma amostra de referência, a SRM 2709 San Joaquin soil, certificado pelo National Institute of Standards and Technology (NIST).

A configuração da aplicação no software Epsilon para a construção da curva de calibração é apresentada na tabela 9.

Tabela 9 – Parâmetros da calibração da aplicação final pronto para determinação dos teores totais dos elementos de interesse.

Channel	Al	Fe	Mn	Ti	Zr
K facto	0,17818	0,03714	0,04562	0,03557	0,03189
RMS	0,811 %	0,0354 %	548 ppm	0,0532 %	301 ppm
Correlation	0,99769	0,99987	0,99717	0,99986	0,99934
Nr Std - Coeff	10 – 2	10 – 2	10 – 2	10 – 2	10 – 2
Concentration range	0–29,519 (%)	0–4,950 (%)	0–19750 (ppm)	0–6,929 (%)	0–20046 (ppm)
Relative RMS (%)	5,49	1,43	5,55	1,54	3,01
Matrix Correlation model	Alphas	Alphas	Alphas	No correction	Alphas
D Value	-0,68521	-0,02589	-0,00041	-0,02727	0,000249
E Value	0,001799	0,000108	0,000252	0,000286	0,000032
Sensitivity	556 cps/%	9250 cps/%	0,397 cps/ppm	3493 cps/%	3,09cps/%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 3.2.7 Análise Granulométrica

Para a realização da análise de granulometria adotou-se o método da pipeta, adaptado de Embrapa (2011). Os 18 (dezoitos) perfis analisados totalizam 115 amostras provenientes de cada horizonte descrito, e estão distribuídos na planície costeira estudada conforme pode ser observado a distribuição dos perfis na figura 3.

O procedimento adotado foi realizado conforme descrição a seguir:

Em um recipiente de vidro com tampa de 150 ml do tipo *Snap-Cap*, foi adicionado 50 gramas de amostra de TFSA previamente quarteadas, 70 ml de água deionizada e 15 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 1 M e duas esferas de nylon com diâmetros de 1cm e densidade superior a 1. Os frascos foram agitados manualmente até a completa homogeneização entre a fase sólida e líquida e deixados por uma noite de descanso.

A amostra foi homogeneizado manualmente pelo tempo necessário até observação de que todo material sólido estivesse completamente banhado na solução dispersante, e deixado descansando por uma noite (16 horas); depois de completar a etapa anterior as amostras foram colocadas para agitação mecânica por 4 horas em um agitador mecânico pendular modelo TECNAL 241; completado a agitação das amostras, a etapa seguinte foi a peneiração em malha 0,0053 mm, em que o material mais fino carregado pela água de lavação foi retido dentro da



proveta de 1000ml, e o material mais grosseiro retido na peneira foi levado a secagem a estufa a 105 C por 24 horas e depois pesado em balança analítica.

A quantificação do teor de argila se deu por método da pipetagem de 50 ml com auxílio de pipeta volumétrica, após agitação por 60 segundos e descanso de 4 horas, coletados a profundidade máxima de 5 centímetros, os quais foram colocados em frasco de vidro do tipo Becker previamente pesado, para secagem em estufa a 105°C e posterior pesagem em balança analítica. Efetuados os cálculos, obtém-se os valores totais dos teores de areia e argila, sendo que o silte foi calculado por diferença.

As areias resultantes da separação dos finos depois de secas em estufa de 105°C foram submetidas a peneiramento mecânico com peneiras de diferentes malhas, conforme descrito na tabela 10, em agitador eletromecânico modelo SOLOTEST por 15 minutos a uma potência nominal de 8 em uma escala de 1 a 15. Foi escolhido essa configuração por meio de testes empíricos de laboratório conforme recomenda o fabricante.

Tabela 10 – Malhas das peneiras em milímetros e a correspondência em escala phi, durante análise granulométrica no software SisGran 3.0

Malha das Peneiras (mm)	Correspondente na escala <i>phi</i>
1,00	-1,0
0,600	0,7
0,500	1,0
0,425	1,2
0,300	1,7
0,250	2,0
0,212	2,2
0,150	2,7
0,125	3,0
0,106	3,2
0,090	3,5
0,075	3,7
0,063	4,0

Fonte: Folk & Ward (1957)

O material retido em cada peneira foi pesado e o seu resultado expresso em curvas de frequências simples e acumulada. Nas amostras que continham quantidade elevada de material carbonático, deliberou-se por não retirar este material por entender que este faz parte do sedimento, e sua retirada não refletiria a realidade da distribuição dos grãos. Após pesagem das amostras peneiradas, as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa computacional SISGRAN 3.0 (CAMARGO, 2006), com o uso da escala *phi*.

Os critérios de determinação dos parâmetros estatísticos, como a distribuição de frequência do tamanho das partículas, diâmetro médio, desvio padrão, assimetria, curtose, grau

de seleção e classe textural, teve como base o método proposto por Folk & Ward (1957). Os valores qualitativos utilizados para a descrição dos parâmetros citados anteriormente encontram-se na tabela 11.

Tabela 11 – Parâmetros utilizados pelo Software SisGran 3.0, proposto por Folk & Ward, (1956), para realização das análises de granulometria nas 18 amostras coletadas na região de estudada.

GRAU DE SELEÇÃO		ASSIMETRIA		CURTOSE	
< 0,35	Muito bem selecionado	-1,00 a -0,30	Assimetria muito negativa	<0,67	Muito Platicúrtica
0,35 a 0,50	Bem selecionado	-0,30 a -0,10	Assimetria negativa	0,67 a 0,90	Platicúrtica
0,50 a 1,00	Moderadamente selecionado	-0,10 a +0,10	Aproximadamente simétrica	0,90 a 1,11	Mesocúrtica
1,00 a 2,00	Pobremente selecionado	+0,10 a +0,30	Assimetria positiva	1,11 a 1,50	Leptocúrtica
2,00 a 4,00	Muito pobremente selecionado	+0,30 a +1,00	Assimetria muito positiva	1,50 a 3,00	Muito leptocúrtica
> 4,00	Extremamente mal selecionado	-	-	> 3,00	Extremamente leptocúrtica

Fonte: Folk & Ward (1957)

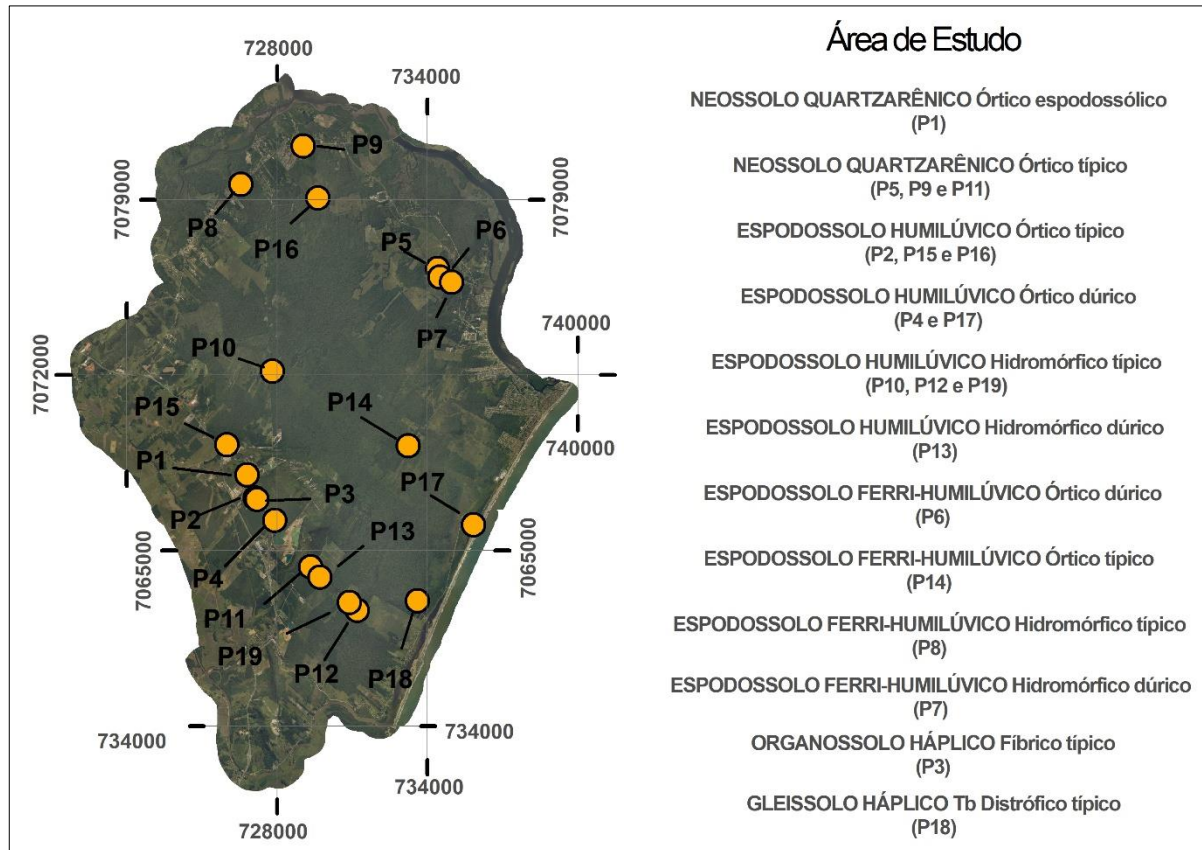
### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis estudados estão agrupados em função de sua classificação taxonômica segundo Embrapa (2013), localizados e identificados na figura 14. Foram coletados e descritos solos da classe dos Neossolos Quartzarênicos, Espodossolos, Organossolos e Gleissolos, todos dispostos e divididos em três topossequências (ver Capítulo III).

Apesar dos Espodossolos serem os principais solos objeto deste estudo, solos de outras classes foram inseridos neste capítulo devido a relação entre solo-paisagem que será abordada no Capítulo III. Os tipos de solos estão apresentados na sequência dos quais serão discutidos suas características e aspectos da gênese.

A designação dos horizontes espódicos e a classificação dos perfis obedeceram aos critérios estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Embrapa, 2013), exclusivamente na descrição morfológica. Todos os perfis de Espodossolos apresentaram na sequência de horizontes, pelo menos um horizonte eluvial. Frequentemente encontra-se no perfil “manchas” de horizontes alvícos devido a degradação a depleção da matéria orgânica.

Figura 14 – Localização e identificação dos 19 perfis coletados e analisados, que resultou em 12 tipos de solos reconhecidos na planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 3.3.1 Critérios Utilizados na Classificação de Horizontes B Espódicos

O conceito de horizonte B espódico, segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SiBCS), diz tratar-se de “um horizonte mineral subsuperficial, com espessura mínima de 2,5cm, que apresente acumulação iluvial de matéria orgânica humificada combinada com alumínio, podendo ou não conter ferro” (SANTOS et al., 2013). Este horizonte é proveniente do processo conhecido como podzolização.

A podzolização por sua vez, é definida como sendo um mecanismo no qual a matéria orgânica se movimenta até a precipitação formando o horizonte espódico. Este processo é definido por diferentes mecanismos, dependendo da região de ocorrência. São descritos na literatura quatros mecanismos básicos de podzolização, sendo eles denominados como acidólise; complexação iônica via ácidos orgânicos; translocação da matéria orgânica dissolvida (MOD) e imobilização dos processos organometálicos (BUURMAN, 1984; LUNDSTRÖM; Van BREEMEN; BAIN, 2000; BUURMAN; JONGMANS, 2005; BUURMAN; VIDAL-TORRADO; MARTINS, 2013).

Os mecanismos atuantes nos processos de podzolização foram, inicialmente estudados em países de clima temperado, portanto alguns processos encontrados em Espodossolos boreais, não são observados em solos de regiões subtropicais ou são insignificantes face a outros mecanismos, mas todos estes processos ocorrem de maneira simultânea (BUURMAN; JOGMANS, 2005). No entanto, em regiões subtropicais existem mecanismos predominantes de podzolização que ocorrem simultaneamente em um único perfil de solo.

Todos os mecanismos envolvidos na podzolização resultam na formação de diferentes horizontes espódicos: Bh – para aqueles horizontes com predomínio de matéria orgânica de coloração escura e baixos valores de croma; Bs – caracterizado pelo predomínio de ferro e com coloração de croma elevado; Bhs – acúmulo expressivo de matéria orgânica iluvial combinadas com compostos de ferro; Ortstein – horizonte cimentado que pode receber a denominação de Bsm, Bhsm e Bhm. Combinações de diferentes horizontes espódicos ocorrem ao longo de um perfil com variações de transição, espessura, padrões de cor e outros atributos morfológicos (SANTOS, et al. 2013). Ou seja, são várias as possibilidades de formação de horizontes espódicos contemplados pelo SiBCS.

No entanto, independente do processo responsável pela formação do horizonte espódico, o fato é que o SiBCS não define exatamente como identificar cada horizonte genético, com critérios claros que possam ser aplicados. As amostras coletadas durante o estudo apresentam horizontes com croma elevado, porém não foi possível identificar sua natureza (Bs ou Bhs) somente pelas análises de extração seletiva dos teores de Fe, visto que o SiBCS não define valores absolutos para teores de  $Fe_{ox}$ .

Nos perfis P12 e P17, que morfologicamente apresentam horizontes espódicos com cores vivas de croma elevado, não se observou a presença de Fe nas análises químicas, corroborando com o observado por Coelho (2010). Esta situação dificulta a classificação no segundo nível categórico, uma vez que o SiBCS não tem critérios definidos para o enquadramento em Espodossolos Ferri-humilúvicos, apenas são definidos como aqueles que não se enquadram em “Humilúvicos” ou “Ferrilúvicos”.

Diante desta situação, optou-se em desenvolver um teste rápido e prático para identificação de horizonte com ou sem Fe, evitando assim a errônea classificação de um horizonte em Bs ou Bhs com base exclusivamente morfológica como prevê o SiBCS. O referido teste, tem como princípio a retirada da MO presente nas amostras por meio de queima, em temperatura de 600°C na mufla por um tempo de 6 horas, conforme descrito no item 3.2.2.

O resultado foi considerado satisfatório para o que foi proposto, visto que as amostras das quais havia sido, morfologicamente caracterizadas como Bs ou Bhs, puderam ser

redefinidas como simplesmente um horizonte Bh, e amostras que morfologicamente não apresentavam características de horizontes com presença de Fe foram reclassificadas como Bhs (Figura 15). Isto foi observado nos perfis P6, P7, P14.

Os dados químicos resultantes da extração seletiva e a cor após calcinação podem ser observados na tabela 12 com as respectivas cores após calcinação, representadas na figura 15. Pode-se observar que os perfis de Espodosolos P6, P7, P8 e P14 apresentam horizontes espódicos com teores “significativos” de  $\text{Fe}_{\text{ox}}$ , conforme orienta o SiBCS. No entanto os horizontes Bhs1 e Bhsm do perfil P6, não apresentam colorações típicas da presença de ferro. Depois da calcinação foi possível observar com nitidez a presença de Fe nestas amostras. O mesmo acontece nos perfis P7, P8 e P14.

Tabela 12 – Dados analíticos dos teores de Fe em amostras extraídas com pirofosfato de sódio ( $\text{Fe}_p$ ), oxalato ácido de amônio ( $\text{Fe}_{\text{ox}}$ ), ditionito-citrato ( $\text{Fe}_d$ ) e Ferro total ( $\text{Fe}_t$ ) por FRX.

Amostra	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	COR (Munsell)		
	g kg <sup>-1</sup>				Úmido	Seco	Calcinado
P2Bh	nd	nd	nd	0,315	7,5YR 3/1	7,5YR 5/1	10YR 9/2
P2Bhm	nd	nd	nd	0,322	7,5YR 2,5/2	10YR 4/3	10YR9/1
P4Bh	nd	nd	nd	0,825	10YR 3/1	10YR 5/1	10YR 9/2
P4Bhm	nd	0,656	0,863	1,378	7YR 2,5/1	10YR 4/3	10YR 8,5/2
P6Bh1	nd	0,658	0,737	1,490	7,5YR 3/2	7,5YR 5/2	7,5YR 8,5/2
P6Bhs1	2,258	4,747	4,140	6,337	7,5YR 3/1	10YR 3/2	5YR 6/8
P6Bhsm	12,780	9,551	20,430	17,534	7,5YR 3/1	10YR 4/4	2,5YR 4/8
P6Bhs2	2,166	3,813	3,675	5,784	7,5YR 3/2	7,5YR 4/2	5YR 7/6
P7Bh	nd	nd	nd	2,032	10YR 2/2	7,5YR 3/2	2,5YR 9/2
P7Bhsm	8,343	7,967	13,245	13,729	5YR 2,5/2	10YR 4/4	2,5YR 9/8
P7Bhm	nd	nd	nd	1,839	10YR 2/0	10YR 3/2	10YR 8,5/1
P8BhE	nd	nd	nd	0,678	10YR 5/2	7,5YR 7/1	10YR 8,5/2
P8Bh1	nd	nd	nd	1,658	10YR 2/1	10YR 3/2	10YR 8,5/2
P8Bhsm	2,535	0,701	0,360	8,847	10YR 2/2	10YR 4/2	5YR 6/8
P8Bh2	0,786	0,621	1,058	3,371	10YR 3/1	10YR 4/2	5YR 7/6
P10Bh1	nd	nd	nd	3,000	10YR 2/1	10YR 4/3	7,5YR 8,5/1
P10Bh2	nd	nd	nd	3,441	7,5YR 3/1	7,5YR 5/1	10YR 8/1
P12Bh1	nd	nd	nd	1,371	10YR 2/0	10YR 4/1	10YR 8,5/1
P12Bh2	nd	nd	nd	0,783	10YR 2/2	10YR 4/4	10YR 8,5/1
P12Bhm	nd	nd	nd	1,035	10YR 2/1	10YR 3/2	10YR 8,5/1
P13Bh1	nd	nd	nd	0,678	10YR 2/2	10YR 4/1	10YR 9/1
P13Bh2	nd	nd	nd	0,776	10YR 2/0	10YR 3/1	10YR 8,5/1
P13Bhm	nd	nd	nd	0,923	10YR 2/0	2,5YR 3/2	7,5YR 8,5/1

Amostra	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	COR (Munsell)		
	g kg <sup>-1</sup>				Úmido	Seco	Calcinado
P14Bhs1	5,836	8,403	6,630	6,749	7,5YR 3/1	10YR 3/2	5YR 7/4
P14Bhs2	0,929	1,092	1,757	2,965	10YR 2/1	10YR 2/2	10YR 9/2
P14Bh	nd	nd	nd	1,182	10YR 2/1	7,5YR 3/1	10YR 8,5/2
P15Bh1	nd	nd	nd	2,238	7,5YR 2/1	7,5YR 3,5/2	7,5YR 8/2
P15Bhm1	nd	nd	nd	7,826	10YR 2/1	7,5YR 3/2	7,5YR 8/1
P15Bh2	nd	nd	nd	1,385	10YR 2/1	7,5YR 4/2	7,5YR 8/1
P15Bhm2	nd	nd	nd	2,378	10YR 2/2	10YR 6/1	7,5YR 8,5/1
P16Bh1	5,997	7,696	9,285	8,743	10YR 3/3	10YR 5/3	5YR 6/6
P16Bh2	4,835	5,808	7,170	8,666	7YR 2,5/2	10YR 4/3	7,5YR 6/6
P16Bh3	5,122	7,207	9,165	7,777	10YR 2/1	10YR 3/2	7,5YR 6/8
P17Bh1	nd	nd	nd	4,050	10YR 3/1	7,5YR 4/1	7,5R 8,5/1
P17Bh2	nd	nd	nd	0,560	10YR 2/1	10YR 2/2	7,5R 8,5/1
P17Bh3	nd	nd	nd	0,504	7,5YR 2,5/3	10YR 4/4	7,5YR 8,5/1

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

nd - não determinado por apresentar teores abaixo do limite de determinação (Fe<sub>p</sub> – 0,555; Fe<sub>ox</sub> – 0,516 e Fe<sub>d</sub> – 0,434 gKg<sup>-1</sup>)

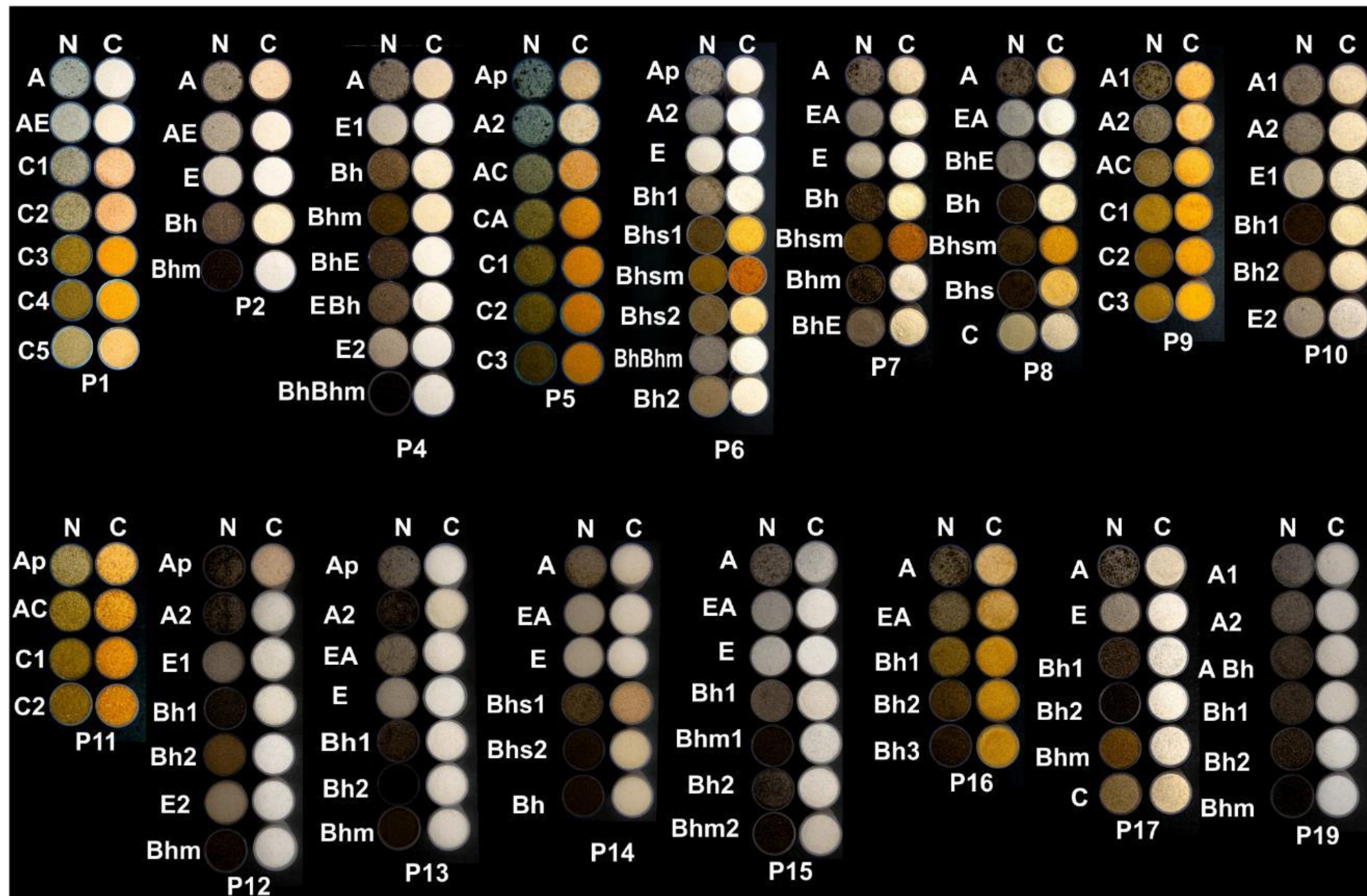
Em perfis com características morfológicas indicativas de horizontes Bs, após a calcinação foi observado que os teores de Fe são baixos e não imprimem cor indicativa da presença de Fe nas amostras e foi corroborado pelos teores de Fe apresentados na tabela 12. Apresentaram características de Bs à campo as amostras P12-Bh2 e P17-Bhm, em que a coloração foi acastanhada (Figura 15), mas após a queima verificou-se que era devida a matéria orgânica.

Importante salientar que amostras de Neossolos Quartzarênicos (P1, P5, P9, P11) apresentam coloração de croma elevado caracterizando a presença de quantidades mais altas de Fe em relação aos perfis de Espodossolos (Tabela 4, capítulo 1). Isto está relacionado ao material de origem que contém mais óxidos de ferro, e pode confundir o observador no que se refere ao perfil P16, pois tanto o perfil P8, P9 e P16 estão situados num mesmo compartimento geomórfico de idade pleistocênica. E neste compartimento com o passar do tempo processos pedogenéticos como a podzolização, passaram a atuar e formar os solos atuais.

Pode-se assim concluir que os solos desenvolvidos num mesmo compartimento geomórfico pleistocênico evoluem de Neossolo Quartzarênico para Espodossolo conforme as variações do relevo e as mudanças no ambiente hidrológico, com maiores teores de óxidos de Ferro nos solos bem drenados, com praticamente a eliminação dos óxidos de Ferro pedogenético nos solos mal drenados.



Figura 15 – Palheta comparadora de amostras em estado natural (N) comparadas com amostras calcinadas (C)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



### 3.3.2 Caracterização e Gênese dos solos

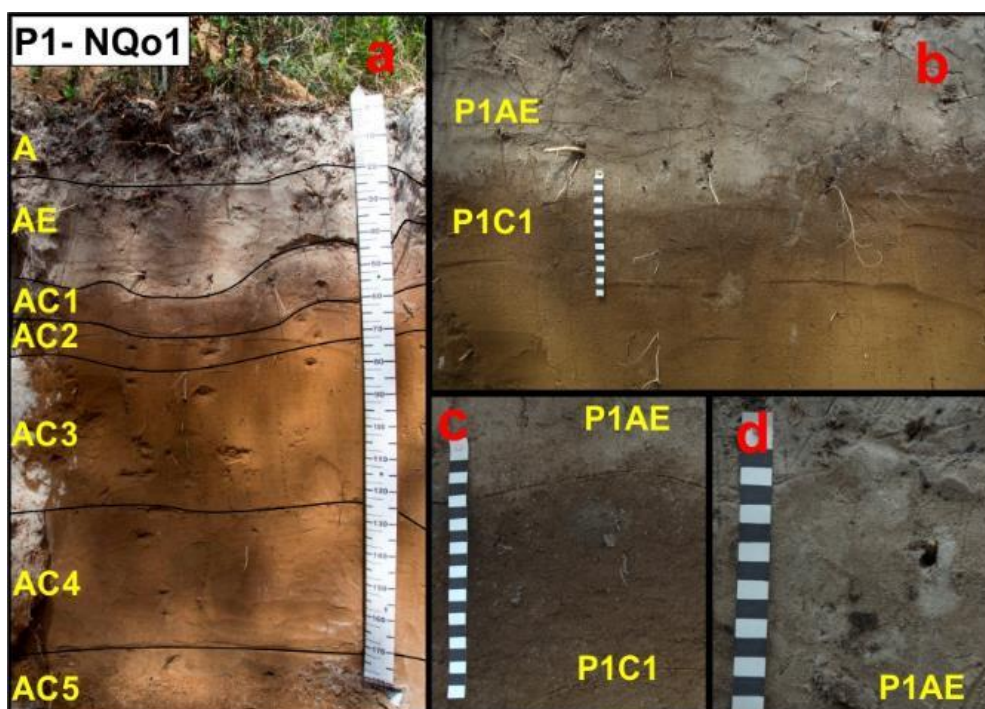
#### 3.3.2.1 Neossolo Quartzarênico Órtico espodossólico (RQo1)

Esta classe de solo corresponde a um único perfil denominado P1 que está situado na cota mais elevada em relação aos demais solos estudados e apresenta morfologia típica de Neossolo Quartzarênico (Figura 16) com um pequeno incremento de matéria orgânica nos horizontes C1 em relação ao horizonte AE. Este aumento de matéria orgânica não caracteriza um processo de podzolização, o que pode ser confirmado pelos resultados das análises na tabela 14.

Este perfil possui baixa fertilidade natural, comum em solos de ambientes de restingas, semelhante do encontrado por Gomes (2005) e Coelho (2008) em ambiente similar.

Comumente esse solo encontra-se em ambientes com pH baixo, no entanto, no perfil P1 os valores de pH variam de 6,7 a 7,3. Provavelmente isto se deve a preservação dos elementos oriundos da sua deposição original, tais como carbonatos, que podem refletir em pH mais elevado. Nota-se que o teor de carbono total aumenta em profundidade, com exceção dos horizontes AE e C5. Isto é explicado pelo processo incipiente de podzolização que transloca matéria orgânica dos horizontes A, e principalmente do AE para o C1.

Figura 16 – Neossolo Quartzarênico Órtico espodossólico: (a) fotografia do perfil; (b) detalhes da transição entre os horizontes AE e C1; (c) detalhe do horizonte C1; (d) detalhe do horizonte AE.





Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 13 – Dados de caracterização referentes ao perfil P1

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 1 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espodossólico													
A1	0-18	982	9	9	3,7	6,7	4,0	0,10	0,00	0,00	0,10	0,20	1,20
AE	18-45	982	12	7	0,0	7,3	4,8	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,90
C1	45-60	952	31	18	6,4	6,8	4,1	0,10	0,00	0,00	0,10	0,50	3,70
C2	60-73	940	39	22	7,8	6,9	4,3	0,00	0,00	0,00	0,10	0,60	5,00
C3	73-125	940	39	20	4,9	7,1	4,8	0,10	0,00	0,10	0,10	0,50	3,60
C4	125-175	921	22	57	5,6	7,0	4,8	0,10	0,00	0,00	0,10	0,60	3,60
C5	175-210	973	5	23	0,4	7,3	5,1	0,10	0,00	0,00	0,10	0,20	1,40

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Os horizontes C1 e C2 apresentaram coloração mais viva nos matizes 7,5YR 3/2 e 10YR 5/3 respectivamente, tratando-se de um perfil em que os sedimentos que deram origem ao solo já possuíam quantidades apreciáveis de óxidos de ferro, o que é confirmado pelos maiores teores de Fed nos horizontes C1, C2 e C3 (Tabela 14). Nos horizontes A e AE a presença de Fe e Al extraídos por pirofosfato, oxalato e ditionito são nulas ou muito baixas, indicando que houve complexação desses metais com a MO nos horizontes A e AE, os quais se acumularam nos horizontes C1 e C2. Na ausência de um horizonte eluvial típico, e face ao pequeno incremento de carbono no horizonte C, o perfil foi caracterizado como espodossólico no quarto nível categórico.

Tabela 14 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P1

Horiz.	Prof. (cm)	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----						
Perfil 1 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico espodossólico								
A1	0-18	nd	nd	0,17	2,01	nd	nd	nd
AE	18-45	nd	nd	0,31	1,72	nd	nd	1,37
C1	45-60	3,81	6,21	5,93	5,85	nd	nd	6,23
C2	60-73	4,17	8,28	8,58	9,76	0,66	1,52	12,4
C3	73-125	2,44	3,22	3,51	6,0	2,1	1,99	21,7
C4	125-175	1,53	1,89	2,91	6,42	3,45	3,45	42
C5	175-210	0,58	0,46	0,93	2,63	0,35	0,52	14

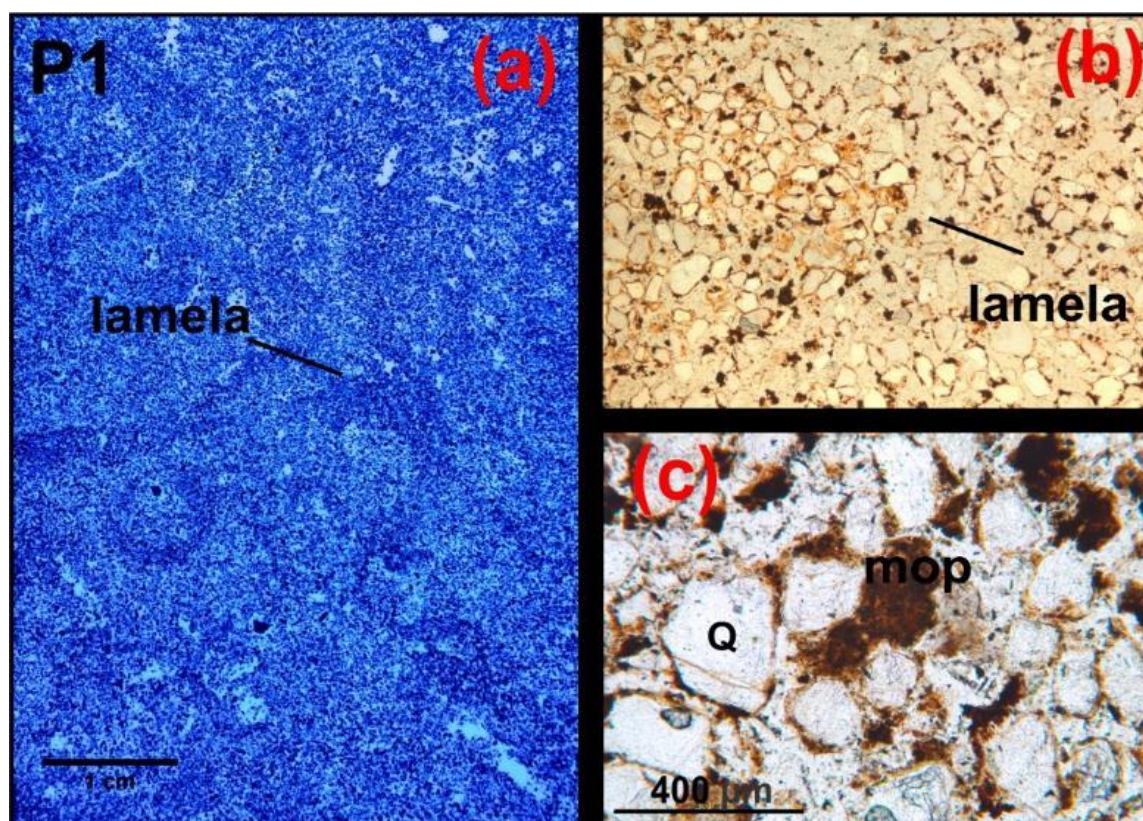
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A micromorfologia demonstrou que nos horizontes que apresentaram processo incipiente de podzolização, a matéria orgânica é do tipo polimórfica (Figura 17c), indicada na

figura como **mop**. A matéria orgânica polimórfica é típica de processos de podzolização vertical, oriunda da descida de complexos organometálicos.

As lamelas observadas nas figura 17a e 16b contribuem para a formação dos horizontes espódicos, atuando como uma barreira para a passagem da água rica em matéria orgânica dissolvida, dificultando a passagem do fluxo (VIDAL-TORRADO & FERREIRA, 2017).

Figura 17 – Imagens de lâminas delgadas do perfil P1, (a) lâmina delgada fotografada sob luz negra com feições realçadas pelo corante fluorescente, (b) detalhe da lamela aumento de 20X, (c) detalhe da matéria orgânica polimórfica (aumento de 40X)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 3.3.2.2 Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo2)

Todos os três perfis de RQo analisados (Figura 18) apresentaram as mesmas características morfológicas e se enquadram na mesma classe, a nível de subgrupo. São solos de baixa fertilidade natural e ocupam posição mais elevada na paisagem ou próximo de canais de drenagem, a exemplo do perfil P11 que está em uma posição mais baixa que o perfil 13. Mesmo estando próximo desta não apresenta nenhum horizonte mal drenado até a profundidade descrita.

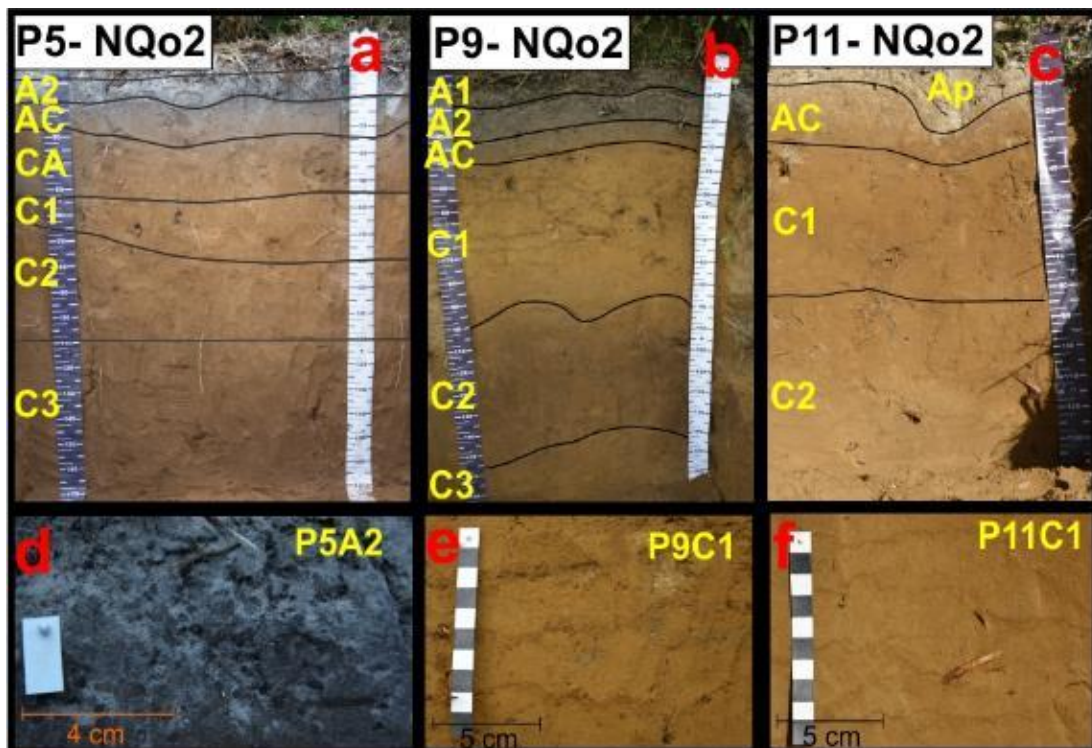
A figura 18d é relativa ao horizonte Ap do perfil P9, que possui matéria orgânica acumulada na forma de pequenos grânulos circulares preenchidos com teores maiores de matéria orgânica do que no seu entorno.

Todos os perfis apresentam baixa fertilidade natural (Tabela 15), com pH variando de 4,7 nos horizontes superficiais até 6,5 nos mais profundos.

Os perfis P5, P9 e P11 apresentam ligeiro crescimento nos teores de argila em profundidade. No caso dos horizontes C3 (P9) e C5 (P1), há um decréscimo acentuado do teor de argila devido a flutuação do lençol freático. Nestes horizontes sob condição redutora os finos são carregados pela água, porém não apresentam alteração significativa a ponto de alterar a distribuição granulométrica ao longo dos perfis, estando por sua vez todos classificados como areia fina.

O perfil P5, possui granulometria mais fina que os demais, devido a maior influência do sistema lagunar. Como estão localizados sobre sedimentos retrabalhados, a natureza mais fina pode estar relacionada a essa dinâmica, os sedimentos são depositados pelo corpo lagunar e transportados pelo vento. Ambientes lagunares possuem menos energia e transportam sedimentos mais selecionados e finos (Angulo, 2004).

Figura 18 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico: (a) fotografia do perfil P5; (b) fotografia do perfil P9; (c) fotografia do perfil P11; (d) detalhes do horizonte Ap do perfil P5; (e) detalhes das lamelas do horizonte C1 do perfil P9; (f) detalhe das lamelas do horizonte C1 do perfil P11.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 15 – Dados da caracterização química e física dos perfis P5, P9 e P11.

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH (1:2,5)		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 5 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico													
Ap	0-10	954	21	24	23,4	4,7	3,4	0,20	0,10	0,00	0,10	0,80	4,30
A2	10-20	961	19	20	31,2	4,8	3,5	0,30	0,10	0,00	0,10	0,70	4,30
AC	20-35	939	42	19	8,3	5,8	4,3	0,10	0,00	0,00	0,00	0,70	3,60
CA	35-55	928	53	19	6,6	6,2	4,6	0,10	0,00	0,00	0,00	0,60	3,20
C1	55-78	931	54	16	6,2	6,3	4,7	0,10	0,00	0,00	0,00	0,50	3,40
C2	78-115	926	40	34	5,4	6,3	4,8	0,10	0,00	0,00	0,00	0,50	3,60
C3	115-165	915	31	55	4,6	6,4	4,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	3,30
Perfil 9 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico													
A1	0-12	866	82	52	37,9	5,9	4,3	0,60	0,80	0,10	0,10	0,90	7,00
A2	12-25	881	68	51	34,2	5,9	4,3	0,80	0,30	0,10	0,00	1,30	7,00
AC	25-30	865	76	59	28,8	5,9	4,5	0,20	0,00	0,10	0,00	1,00	6,00
C1	30-90	852	79	68	7,6	6,2	4,8	0,20	0,00	0,00	0,00	0,50	3,80
C2	90-165	832	76	92	6,8	6,1	4,9	0,30	0,00	0,00	0,00	0,40	3,70
C3	165-185	889	47	65	0,8	6,1	4,8	0,30	0,10	0,10	0,00	0,30	2,00
Perfil 11 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico													
Ap	0-20	967	17	16	4,8	6,2	4,4	0,10	0,00	0,00	0,00	0,50	2,10
AC	20-35	947	29	25	5,5	6,4	4,8	0,10	0,00	0,00	0,00	0,40	2,60
C1	35-80	939	32	29	5,9	6,5	4,9	0,20	0,00	0,00	0,00	0,40	3,70
C2	80-140	935	29	36	3,6	6,5	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	2,80

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Todos os três perfis apresentaram baixos conteúdos de carbono, os quais decrescem em profundidade, com exceção do P11, cujos conteúdos foram baixos e similares até o horizonte C1. Nota-se que, apesar da coloração mais escura dos horizontes mais profundos do perfil P9, seus conteúdos de carbono foram muito baixos, e inferiores aos dos horizontes mais claros sobrejacentes. Isto pode estar relacionado a diferenças na qualidade da matéria orgânica desses horizontes, possivelmente mais estável. Teores expressivamente mais altos de Al<sub>p</sub> e Al<sub>ox</sub> nesses horizontes corroboram essa interpretação (Tabela 16).

A análise micromorfológica desse solo (Figura 19), em adição à do P01, confirmou a presença de Fe na superfície dos grãos de areia imprimindo, coloração avermelhada característica de solos com presença de óxidos de ferro, corroborando com as observações de Suguio, (1973), de que sedimentos de coloração avermelhada ao longo da costa brasileira possuem idade pleistocênica, devido ao longo tempo necessário para ocorrência de pedogênese requerido para conferir tal coloração. As idades pleistocênicas do material de origem destes perfis podem ser confirmadas na tabela 6 (capítulo I).

Tabela 16 – Dados das análises de extração seletiva e teores total de Ferro e Alumínio dos perfis P5, P9 e P11.

Horizonte	Profundidade (cm)	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----						
Perfil 05 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico								
Ap	0-10	0,43	0,43	0,63	2,33	nd	nd	3,57
A2	10-20	0,41	0,51	0,75	1,83	nd	nd	3,17
AC	20-35	2,87	3,55	3,51	7,57	1,15	1,03	12,6
CA	35-55	3,24	4,45	4,32	6,48	1,59	1,72	13,0
C1	55-78	3,86	4,49	4,2	7,84	2,11	2,41	20,9
C2	78-115	2,59	3,84	3,9	9,49	3,35	2,53	31,0
C3	115-165	2,29	2,36	3,3	8,09	2,54	2,91	37,1
Perfil 09 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico								
A1	0-12	2,67	3,23	4,29	9,15	1,22	1,34	27,7
A2	12-25	3,6	4,15	5,42	8,82	1,96	1,77	25,0
AC	25-30	5,3	5,55	7,41	10,60	3,07	2,42	33,4
C1	30-90	4,87	5,86	8,13	11,70	6,33	3,72	49,8
C2	90-165	3,91	5,72	7,22	13,0	7,81	4,64	66,8
C3	165-185	2,56	2,13	4,79	8,38	4,13	1,53	53,7
Perfil 11 – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico								
Ap	0-20	1,43	1,86	3,89	6,28	nd	nd	12,6
AC	20-35	3,46	4,39	6,38	8,52	0,71	1,48	17,0
C1	35-80	2,66	3,41	5,67	9,78	2,02	2,35	27,7
C2	80-140	2,06	1,99	3,42	9,52	2,83	2,46	31,9

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

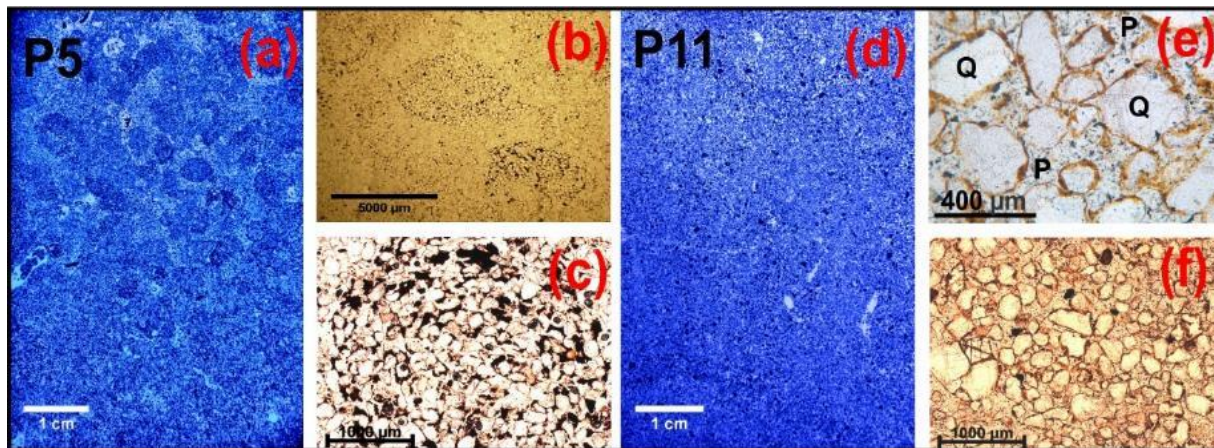
Os Neossolos Quartzarênicos estudados são de extrema importância para o entendimento, tanto da evolução da paisagem como do material fonte que originou os Espodossolos. Todos são de idade pleistocênica e com teores de Fe presentes em todos os horizontes (Tabela 16), o que pode explicar, pelo menos em parte, a origem e a presença do ferro observada nos Espodossolos Ferri-Humilúvicos.

Na figura 19 são apresentadas feições micromorfológicas referentes ao horizonte Ap do perfil P5, nas quais a matéria orgânica se acumula na forma macroscópica de grânulos circulares que apresentam aumento de MO em relação às áreas adjacentes, como pode ser observado nas figura 19a, b e c. As atividades dos organismos retribuem a matéria orgânica.

No perfil P11 (Figura 19) os grãos de quartzo estão recobertos por materiais ferruginosos (Figura 19e), conferindo coloração amarelada com valores de Fe<sub>t</sub> entre 6,2 a 9,7 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 16).



Figura 19 – Lâminas delgadas sob luz negra dos perfis P5 e P11. (a) lâmina do horizonte Ap evidenciando a morfologia da matéria orgânica acumulada neste horizonte; (b) detalhes dos grânulos de MO acumulada no horizonte Ap; (c) detalhes do acúmulo de MO de um único grânulo; (d) lâmina delgada sob luz negra do horizonte C1 apresentando revestimento ferruginoso sobre os grãos de quartzo; (e,f) detalhe do revestimento no horizonte C1.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

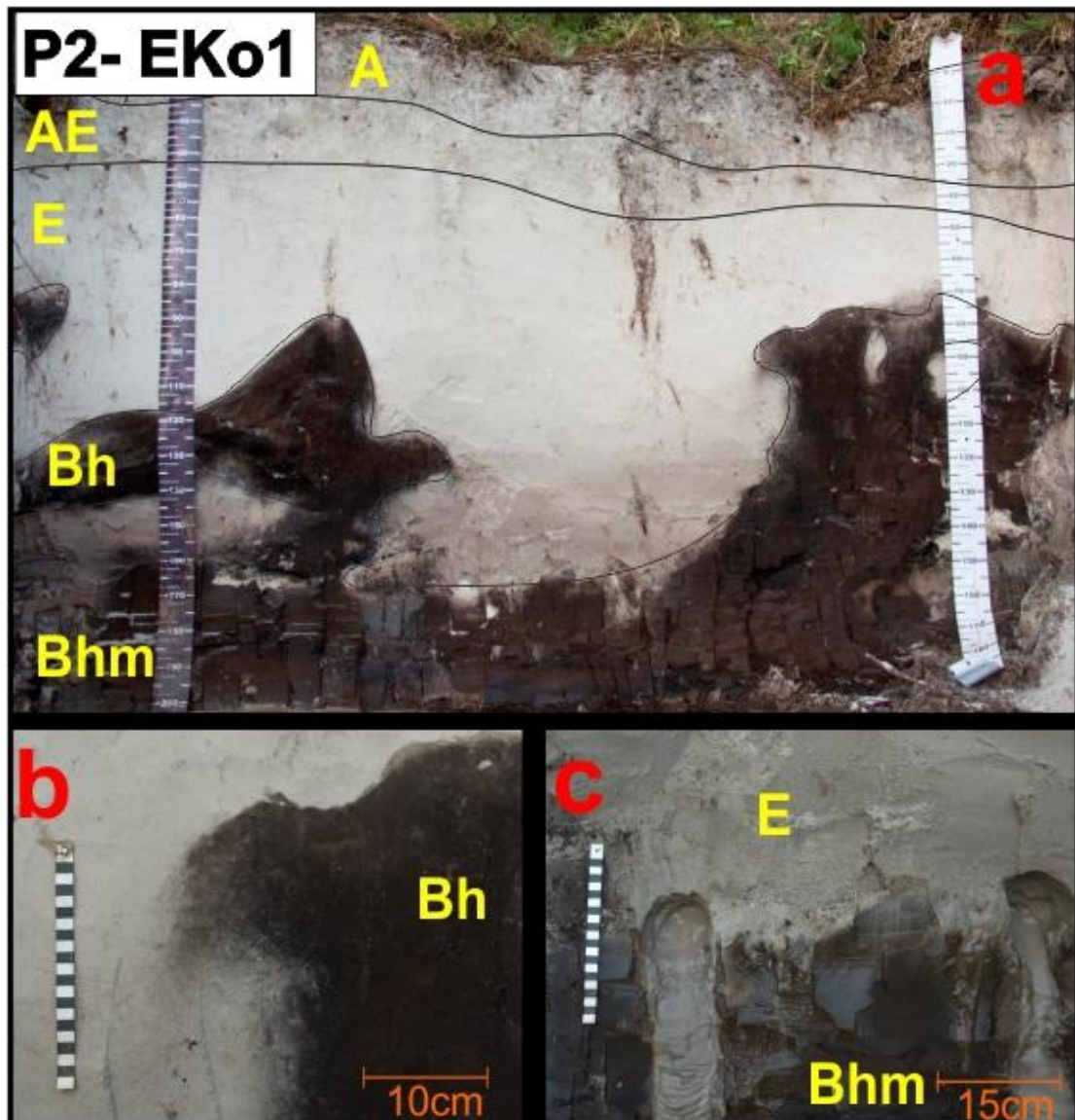
### 3.3.2.3 Espodossolo Humilúvico Órtico típico (Eko1)

Os perfis de Espodossolos estudados podem ser agrupados em duas morfologias distintas, aqueles que apresentam notavelmente a presença do lençol freático atuante na formação dos horizontes espódicos e aqueles que apresentam forte decomposição destes horizontes, como descrito por Buurman et al. (2013), assim como a observação do crescimento do horizonte E.

Em todos os perfis de Espodossolos a flutuação do lençol freático ocorre em conjunto com a podzolização, e nesta condição as feições de redução são mascaradas pela coloração da impregnação de matéria orgânica nos horizontes espódicos (EVANS & MOKMA, 1996). Em Espodossolos de regiões tropicais a drenagem deficiente impede ou dificulta que a água rica em material orgânico solúvel possa sair do sistema (ANDRIESSE, 1969).

O perfil analisado corresponde ao P2 e está situado no Terraço Marinho Pleistocênico (Tabela 4), assim como os perfis P1, P3, P4 e P15. Devido as variações do relevo e comportamento do nível do lençol freático o P2 é dentre os perfis o que apresenta maior avanço dos horizontes E sobre os horizontes Bh e Bhm (Figura 20). Este processo é natural em Espodossolos e também foi observado por Coelho (2008), Buurman et al. (2013) e Martinez (2015).

Figura 20 – Espodossolo Humilúvico Órtico típico: (a) fotografia do perfil P2; (b) detalhes da degradação entre os horizontes E e Bh; (c) detalhe do fluxo de água de dentro do perfil.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Os dados de caracterização química confirmam a baixa fertilidade natural desse solo (Tabela 17), mas os valores de pH em água nos horizontes não espódicos (A, AE e E) podem ser considerados altos para esta classe de solos, indicando situação discrepante em relação a maioria dos Espodossolos. No horizonte espódico há um aumento substancial nos teores de carbono, mas conforme aumenta o teor de carbono o pH diminui, bem como a acidez potencial aumenta. Esse solo também apresentou substancial acréscimo no teor de argila em profundidade, embora sua granulometria ainda situe os horizontes do perfil na classe areia e areia franca.

Tabela 17 – Dados da caracterização química e física do perfil P2.

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 02 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico típico													
A	0-10	965	21	13,8	6,1	6,3	4,4	0,30	0,10	0,00	0,10	0,10	1,40
AE	10-40	981	12	7,9	0,1	7	5	0,10	0,10	0,00	0,00	0,10	0,80
E	40-70	988	9	2,2	0,1	7,2	5,8	0,10	0,00	0,10	0,10	0,00	0,10
Bh	70-170	869	82	49,6	7,6	5,8	3,6	0,50	0,10	0,00	0,10	0,90	4,90
Bhm	170-200	944	11	45,3	33,6	5,3	3,3	0,50	0,10	0,10	0,10	1,40	14,50

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Os teores de Fe e Al extraído segundo os diferentes extratores, assim como os totais deste perfil estão apresentados na tabela 18.

Não foram detectados (nd) os elementos Fe nos extratos com pirofosfato (Fe<sub>p</sub>), oxalato ácido de amônio (Fe<sub>ox</sub>) e ditionito-citrato (Fe<sub>d</sub>). Isto está de acordo com os resultados obtidos pela calcinação, onde após a queima da matéria orgânica não se observou desenvolvimento de cores vivas nesse solo. Somente o Fe total (Fe<sub>t</sub>) foi detectado, pois o método de Fluorescência de raios-x (FRX) é uma análise que quantifica o Fe estrutural de outros minerais. Já quanto ao Al<sub>p</sub> e Al<sub>ox</sub>, houve incremento dos seus valores no horizonte espódico, indicando ter sido complexado pela matéria orgânica, principalmente no horizonte Bhm.

Tabela 18 – Dados das análises de extração seletiva e teores totais (FRX) de Ferro e Alumínio do perfil P2.

Horizonte	Profundidade (cm)	C.T.	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Perfil 02 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico típico									
A	0-10	6,1	nd	nd	0,24	0,57	Nd	nd	2,31
AE	10-40	0,1	nd	nd	0,03	0,14	Nd	nd	0,63
E	40-70	0,1	nd	nd	nd	0,05	Nd	nd	Nd
Bh	70-170	7,6	nd	nd	0,06	0,45	0,01	nd	8,4
Bhm	170-200	33,6	nd	nd	0,07	0,46	1,12	1,52	9,64

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

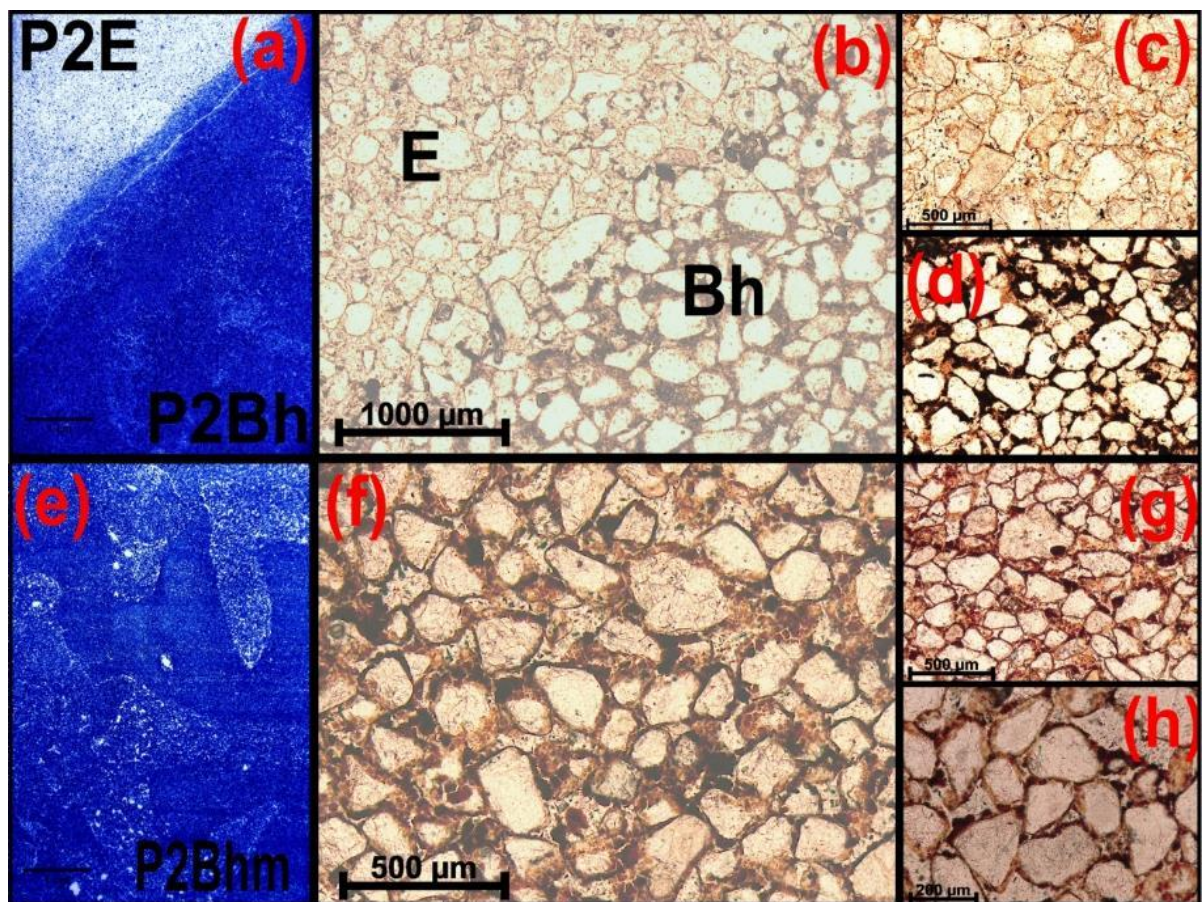
Foram analisadas duas lâminas delgadas para este perfil (Figura 21) onde pode-se observar que o horizonte Bhm apresenta os poros preenchidos por matéria orgânica monomórfica, que indica predominância de processos de podzolização lateral (Coelho et al., 2010; Buurman et al., 2013).

A morfologia heterogênea da região do contato entre os horizontes E e Bh ou Bhm deste perfil, como também de outros similares (P4, P6, P7, P10, P15), aliado a grande espessura do



horizonte espódico, indica tratar-se de um horizonte contínuo formado em momento pretérito por processos de acúmulo de matéria orgânica por fluxos laterais. Entretanto, devido a mudanças no ambiente hidrológico, com rebaixamento do nível do lençol freático, o horizonte espódico atualmente encontra-se em processo de degradação, culminando com o aprofundamento do horizonte E.

Figura 21 – Lâminas delgadas do perfil P2 (a) lâmina da transição entre horizontes E e Bh, (b) maior nível de detalhe da lâmina em transição de horizontes E e Bh, (c) detalhe dos revestimentos em torno dos grãos com reduzidos teores de MO no E, (d) detalhe de preenchimento de MO monomórfica no Bh, (e) lâmina delgada do horizonte Bhm, (f) detalhe da lâmina delgada do horizonte Bhm, (g) detalhe de revestimento de MO com presença de Fe, (h) detalhe de revestimento de MO monomórfica.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

É possível observar que no detalhe da figura 21g ocorrem revestimentos no entorno dos grãos do horizonte Bhm, onde sua morfologia é característica de Fe, indicada pela coloração mais viva. No entanto é comum que em Espodossolos alguns tipos de matéria orgânica sejam confundidos com revestimento por Fe. As análises da tabela 18 mostram teores baixos de Fe, mas poderiam ser suficientes para que em porções das lâminas seja identificada a presença de revestimentos contendo Fe junto com matéria orgânica monomórfica e/ou polimórfica.

### 3.3.2.4 Espodossolo Humilúvico Órtico dúrico (Eko2)

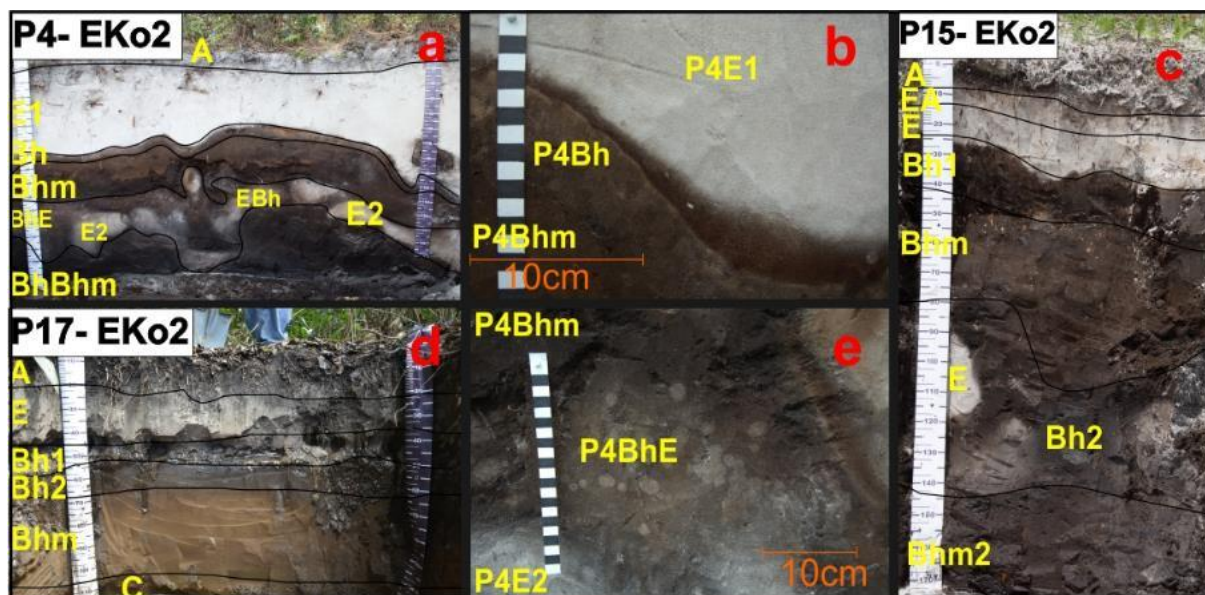
Os perfis P4 e P15 (Figura 22), cujos atributos do horizonte B espódico atendem sua classificação no quarto nível como dúricos, estão situados sobre o mesmo Terraço Pleistocênico e apresentam condições de drenagem similares, sendo diferenciados pelo uso da terra. O P4 é coberto com vegetação comercial de pinus e o P15 permanece com a vegetação natural de restinga arbórea. Isto provavelmente seja responsável pelas diferenças na profundidade de ocorrência do B espódico nos dois solos. No P4, sob cultivo de pinus e artificialmente drenado, o espódico ocorre a partir de 70 cm da superfície, enquanto no P15, com lençol freático natural mais próximo da superfície, o espódico ocorre a partir 35 cm. A drenagem artificial do P4, portanto, pode ter favorecido a destruição parcial do horizonte espódico original, causando um aprofundamento do horizonte eluvial E.

O perfil P17, igualmente dúrico, foi o único perfil que apresentou idade holocênica datada por Luminescência opticamente estimulada (LOE), com idade de 6.400 a uma profundidade de 60cm.

O horizonte Bh (Figura 22b) do perfil P4, correspondente a porção superior mais clara do horizonte espódico em contato com o horizonte E, é identificado como um horizonte em degradação, em que a matéria orgânica da porção superior está sendo oxidada. Isto pode ser responsável pelo aumento significativo do silte e argila nesse horizonte (Tabela 19). A oxidação da matéria orgânica do complexo metal-húmus pelos microorganismos libera metais (Buurman e Jongmans, 2005; Buurman et al, 2005), que são novamente complexados pelos ácidos orgânicos de baixo peso molecular e podem ser transportados para os horizontes mais profundos do perfil (Buurman, et al. 2013). O resultado parcial da ação dos microorganismos em consumir a MO é visível na figura 22e no horizonte BhE.

Na figura 22d, correspondente ao perfil P17, nota-se que o processo de podzolização está ocorrendo sobre um horizonte cimentado do tipo Bhm, possivelmente resultante de processos pretéritos em relação ao processo pedogenético observado no horizonte Bh2, onde a matéria orgânica dissolvida aparenta estar migrando para dentro do Bhm, dada a descontinuidade hidráulica que ocorre entre os horizontes Bh e Bhm.

Figura 22 – Espodossolos Humilúvicos Órticos duros: (a) fotografia do perfil P4; (b) fotografia do perfil P17; (c) fotografia do perfil P15; (d) detalhe da degradação do topo do horizonte Bhm do perfil P4; (e); detalhe da degradação do horizonte Bh do Perfil P4; (f) detalhe da podzolização ocorrendo sobre um horizonte Bhm do perfil P17.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

São perfis que apresentam baixa fertilidade natural e são extremadamente arenosos, conforme apresentado na tabela 19.

Tabela 19 – Dados da caracterização química e física referentes aos perfis P4, P15 e P17.

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 4 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico dúrico													
A	0-20	964	23	13	6,3	5,4	3,5	0,10	0,10	0,00	0,10	0,40	2,60
E1	20-70	981	16	3	0,1	6,4	5,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bh	70-75	859	74	66	31,2	5,1	3,9	0,10	0,10	0,00	0,10	2,10	9,80
Bhm	75-100	932	40	28	52,2	5,0	3,8	0,10	0,00	0,00	0,10	3,00	18,60
BhE	105-150	964	17	20	5,3	5,9	3,3	0,10	0,00	0,00	0,00	0,80	4,60
EBh	115-145	965	26	9	4,1	6,0	3,5	0,10	0,00	0,00	0,00	0,80	3,30
E2	101-140	986	7	6	0,2	6,3	4,5	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	1,00
BhBhm	110-170	939	12	49	22,5	5,0	3,0	0,30	0,10	0,00	0,00	2,30	14,40
Perfil 15 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico dúrico													
A	0-10	939	40	22	33	5,2	3,6	0,00	0,20	0,00	0,00	1,00	4,50
EA	10-15	978	15	7	6,1	5,9	3,7	0,00	0,50	0,00	0,00	1,80	6,80
E	15-35	980	16	4	0,4	6,4	4,6	0,00	0,30	0,00	0,00	1,60	6,90
Bh1	35-50	843	87	69	22,6	4,8	3,6	0,00	0,10	0,00	0,00	1,30	7,40
Bhm1	50-110	923	21	57	57,8	4,9	4,0	0,00	0,10	0,00	0,00	0,90	5,90
Bh2	110-135	918	30	52	44	4,8	3,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	3,90
Bhm2	135-180	897	54	49	37,4	5,0	3,5	0,10	0,20	0,00	0,00	0,70	3,90



Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 17 – ESPODOSSOLO HUMULÚVICO Órtico dístico													
A	0-20	912	56	31	60,2	5	3,4	0,00	0,10	0,00	0,00	1,40	4,30
E	20-40	991	4	4	1,4	6,3	4,4	0,00	0,10	0,00	0,00	2,60	6,60
Bh1	40-50	978	4	17	11,4	4,6	3,9	0,20	0,10	0,00	0,00	2,60	7,80
Bhm	50-65	929	36	36	30,7	5,5	3,7	0,40	0,20	0,00	0,00	2,60	8,70
Bh3	65-100	979	5	15	8,2	5,6	4,2	0,40	0,20	0,00	0,00	2,80	8,40
C	100-120	987	3	10	2,5	3,8	3,9	0,50	0,20	0,00	0,00	3,00	8,00

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Como encontrado por Coelho (2008), alguns perfis apresentam coloração típica de um horizonte Bs segundo o SiBCS, no entanto os dados analíticos (Tabela 20) não corroboram com tal indicação. Este exemplo é visualizado no horizonte Bhm do perfil P17 (Figura 22) que apresenta coloração úmida 10YR 2/1, o que indicaria um horizonte Bs, mas os teores de Fe encontrados estão abaixo do limite de detecção do método utilizado, que é de 0,550 g kg<sup>-1</sup> para Fe<sub>p</sub>, 0,516 g kg<sup>-1</sup> para Fe<sub>ox</sub> e 0,434 g kg<sup>-1</sup> para Fe<sub>d</sub>. Além disso, não mantiveram cores vivas após a calcinação (Figura 15).

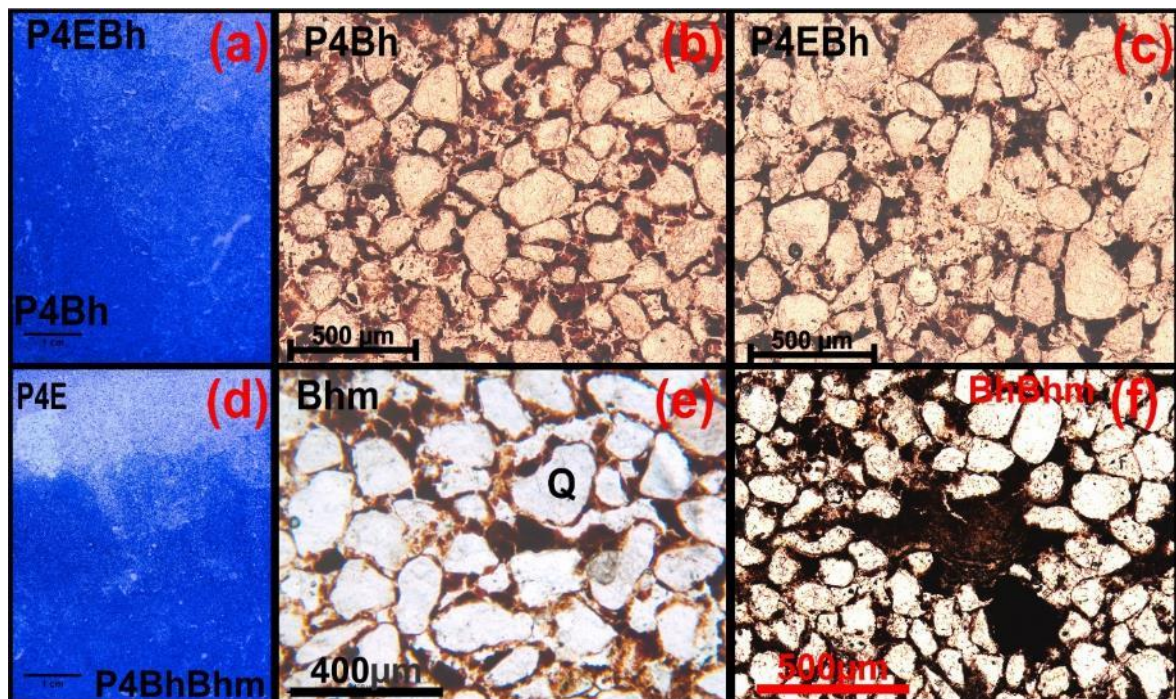
Tabela 20 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P4, P15 e P17.

Horizonte	Profundidade (cm)	C.T.	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Perfil 4 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico dúrico									
A	0-20	6,3	nd	nd	0,13	0,5	nd	0,69	1,96
E1	20-70	0,1	nd	nd	0	0,26	nd	0,69	0,27
Bh	70-75	31,2	nd	nd	0,11	1,18	2,48	2,64	27,9
Bhm	75-100	52,2	0,43	0,66	0,86	1,97	9,67	11,67	61
BhE	105-150	5,3	nd	nd	0,03	0,45	nd	nd	4,16
EBh	115-145	4,1	nd	nd	nd	0,55	nd	nd	4,59
E2	101-140	0,2	nd	nd	nd	0,57	nd	nd	1,12
BhBhm	110-170	22,5	nd	nd	nd	0,25	0,68	0,91	11,2
Perfil 15 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico dúrico									
A	0-10	33	nd	nd	nd	25,5	0,6	nd	7,68
EA	10-15	6,1	nd	nd	nd	1,89	nd	nd	0,56
E	15-35	0,4	nd	nd	nd	2,39	nd	nd	0,48
Bh1	35-50	22,6	nd	nd	nd	3,2	1,44	1,12	21,5
Bhm1	50-110	57,8	nd	nd	nd	11,2	2,57	2,63	21,2
Bh2	110-135	44	nd	nd	nd	1,98	1,42	0,94	13,7
Bhm2	135-180	37,4	nd	nd	nd	3,4	5,06	6,63	45
Perfil 17 – ESPODOSSOLO HUMULÚVICO Órtico dúrico									
A	0-20	60,2	nd	nd	0,14	2,1	0,26	nd	6,3
E	20-40	1,4	nd	nd	nd	0,82	nd	nd	4,17
Bh	40-50	11,4	nd	nd	nd	5,79	nd	nd	9,57
Bhm1	50-65	30,7	nd	nd	nd	0,8	1,28	0,5	13,8
Bhm2	65-100	8,2	nd	nd	nd	0,72	0,73	nd	19
C	100-120	2,5	nd	nd	0,14	3,84	0,26	nd	18,8

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A micromorfologia do perfil P4 revelou por meio da lâmina delgada dos horizontes Bh e Bhm (Figura 23b,e) que há predominância de matéria orgânica polimórfica, evidenciando processo vertical de podzolização, característicos de solos melhor drenados (Buurman et al. 2013). No entanto, no mesmo perfil, observa-se matéria orgânica monomórfica no horizonte BhBhm (Figura 23f) sob condição de má drenagem, entre 1,10 e 1,70 metros de profundidade, evidenciado predominância de podzolização por fluxo lateral.

Figura 23 – Lâminas delgadas do perfil P4. (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes EBh e Bh; (b) micrografia do horizonte Bh evidenciando matéria orgânica polimórfica; (c) detalhe do horizonte EBh com parcial impregnação de matéria orgânica monomórfica; (d) lâmina com pigmento fluorescente da transição do entre horizonte E e BhBhm; (e) detalhe da micrografia com preenchimento de matéria orgânica polimórfica; (f) detalhe de preenchimento de matéria orgânica monomórfica no horizonte BhBhm.



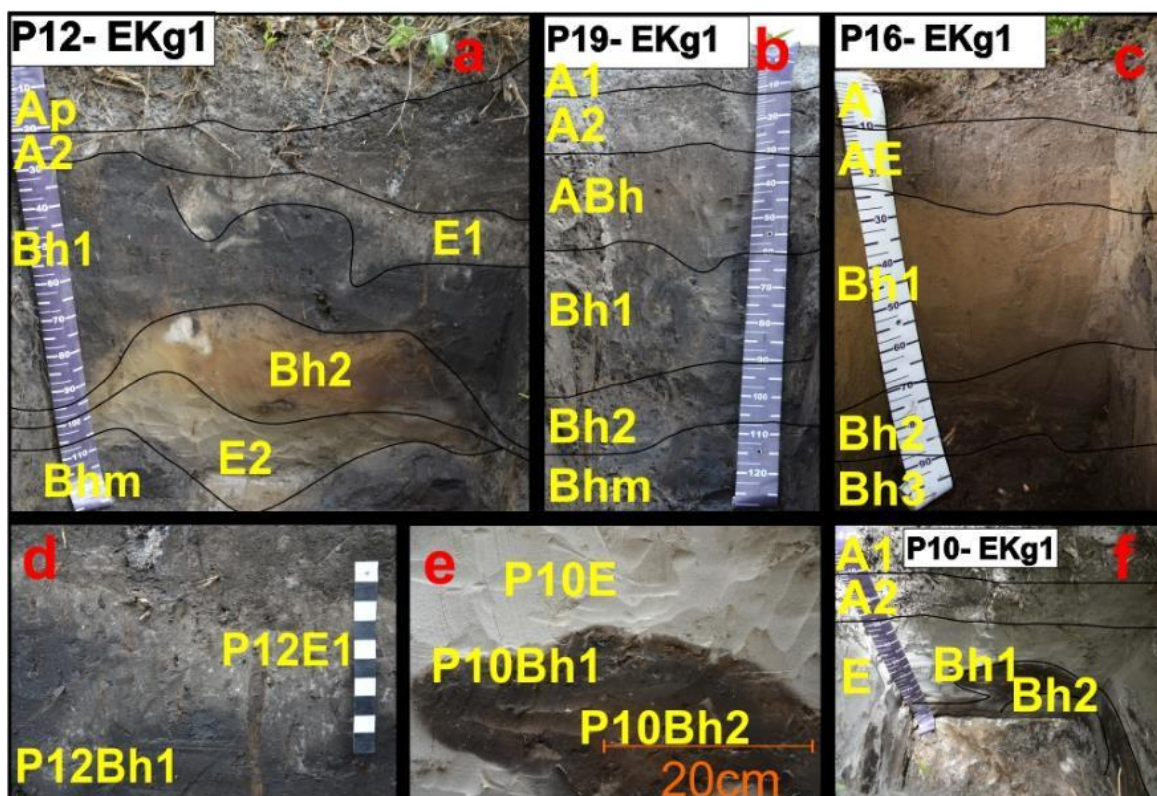
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Isto parece corroborar a hipótese de que o espesso horizonte espódico foi formado originalmente por acumulação de matéria orgânica por fluxos laterais. Entretanto, a drenagem artificial procedida para os cultivos de pinus na área promoveu rebaixamento no nível do freático, favorecendo a oxidação da porção superior desse horizonte, com redução da sua tonalidade escura. Concomitantemente, a formação de complexos organometálicos e os fluxos verticais de água favorecem sua descida e acumulação como matéria orgânica polimórfica, fazendo com que ambas as formas ocorram conjuntamente.

### 3.3.2.5 Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico (EKg1)

Dentre os perfis classificados como EKg1, dois deles apresentam morfologia intrigante. O perfil P16 e o P19 (Figura 24) apresentam distribuição de horizontes com acumulação de matéria orgânica sem a existência de horizonte E. Foram descritos somente horizontes AE (P16) e ABh (P19). Ambos estão em uma zona de transição de ambientes, o P19 está situado entre o Terraço mais baixo e a Planície Lagunar, em que a altitude vai decrescendo e a transição de ambientes vão se sobrepondo.

Figura 24 – Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico: (a) fotografia do perfil P12; (b) fotografia do perfil P19; (c) fotografia do perfil P16; (d) detalhe da degradação do horizonte E1 do perfil P12; (e) Detalhes dos horizontes E-Bh1-Bh2; (f) fotografia do perfil P10;



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O Perfil P16 também está em uma cota intermediária entre o P8 e P9, pois a unidade geomórfica é a mesma e os dados de granulometria são similares. Embora não haja evidência de acúmulo de carbono por podzolização vertical que desenvolveria um horizonte álbico, os horizontes Bh do P16 e P19 são nitidamente mais escuros (Figura 24).

Embora o horizonte Bh2 do perfil 12 ter apresentado coloração 10YR 3/2, indicando presença de óxido de ferro (SANTOS et al., 2013), foi identificado, tanto pela queima de

matéria orgânica em mufla como por análises de extração seletiva ferro (Tabela 21), que trata-se de horizonte com predominância de matéria orgânica, a qual mesmo em baixos teores é capaz de imprimir tal coloração mais viva, confundindo a identificação do horizonte Bs à campo. Por isso sugere-se a queima da matéria orgânica em mufla, um método rápido e fácil de ser executado e permite definir, quando trata-se de coloração provocada por óxido de Fe e/ou MO.

Na figura 25j, é possível identificar a presença de material orgânico como revestimento dos grãos de quartzo, referente ao horizonte Bh2. Neste horizonte não foram detectados a presença de Fe na análise extração seletiva. Somente na análise por FRX.

Tabela 21 – Dados da caracterização química e física referentes aos perfis P10, P12, P16 e P19.

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 10 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico													
A1	0-15	961	29	9	35,5	5,9	4,3	0,40	0,20	0,10	0,10	1,10	7,00
A2	15-30	966	26	9	4,9	6,2	3,7	0,10	0,00	0,00	0,00	0,20	1,50
E1	30-60	976	21	4	0,1	6,6	5,2	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
Bh1	60-70	905	45	49	16,7	5,6	3,9	0,20	0,00	0,00	0,00	2,90	14,40
Bh2	70-80	965	17	19	3,5	6,1	4,1	0,20	0,00	0,00	0,00	0,60	3,20
E2	80-100	991	6	4	0,1	6,5	5,4	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,80
Perfil 12 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico													
Ap	0-20	820	117	63	66,4	5,5	3,9	0,40	0,10	0,10	0,00	1,90	12,70
A2	20-40	787	151	62	99,3	5,1	3,4	0,20	0,10	0,10	0,00	2,90	16,30
E1	40-50	863	105	33	10,8	4,6	3,9	0,20	0,00	0,10	0,00	1,10	4,10
Bh1	30-80	872	61	67	18,1	4,6	4,3	0,30	0,00	0,00	0,00	2,10	8,80
Bh2	70-100	966	16	17	7,7	5,7	4,7	0,10	0,00	0,00	0,00	0,60	3,90
E2	100-120	981	11	8	1,5	6,4	5	0,20	0,00	0,00	0,00	0,20	1,30
Bhm	110-130	903	63	34	38,6	4,7	4,4	0,10	0,00	0,00	0,00	1,60	12,40
Perfil 16 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico													
A	0-10	883	66	50	40,4	5,3	3,8	0,10	0,30	0,00	0,00	0,90	4,10
AE	10-25	873	90	37	23,6	5,9	4,3	0,10	0,20	0,00	0,00	0,50	3,30
Bh1	25-60	851	89	60	18	6,2	4,6	0,00	0,10	0,00	0,00	0,20	2,40
Bh2	60-75	964	84	72	19,1	6,5	4,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	2,30
Bh3	75-95	846	78	77	21,8	6,4	4,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	2,10
Perfil 19 - ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico													
A1	0-10	843	42	27	21,9	6,1	4,2	0,30	0,60	0,00	0,00	1,40	4,90
A2	10-30	793	54	39	23,7	5,8	4,2	0,00	0,20	0,00	0,00	1,20	4,40
ABh	30-60	797	51	40	38,5	5,7	4,4	0,00	0,20	0,00	0,00	1,20	4,50
Bh1	60-90	771	62	36	40,3	5,5	4,5	0,00	0,20	0,00	0,00	1,00	4,40
Bh2	90-125	912	4	13	39,8	5,6	4,6	0,00	0,10	0,00	0,00	0,80	4,20
Bhm	125-150	888	11	12	71,6	5	4,4	0,10	0,10	0,00	0,00	0,70	4,60

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



O perfil P16 (Figura 24) apresenta morfologia típica de Neossolo Quartzarênico até 90 cm, no entanto, o horizonte mais colorido foi identificado como horizonte Bh1 ao invés de C1, seguido de Bh2 e Bh3, por apresentar teores de CT relativamente elevados (Tabela 18) e cor muito escura em profundidade. Foi considerada a hipótese de que numa fase inicial pode se formar um Neossolo Quartzarênico e com a evolução do relevo e do sistema hidrológico iniciam-se os processos de podzolização. O perfil P16 pode representar uma situação em que a formação de horizonte espódico pode ter ocorrido sem o desenvolvimento de um horizonte E, desde que a podzolização seja totalmente por fluxo lateral, que acompanhe a flutuação do nível do lençol freático.

Tabela 22 – Dados químicos de Fe e Al referentes aos perfis P8, P10, P12, P16 e P19

Horizonte	Profundidade (cm)	C.T.	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----							
P10 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico									
A1	0-15	35,5	nd	nd	Nd	3,41	Nd	nd	1,99
A2	15-30	4,9	nd	nd	Nd	3,24	Nd	nd	1,27
E1	30-60	0,1	nd	nd	Nd	3,9	Nd	nd	0,53
Bh1	60-70	16,7	nd	nd	0,1	4,29	3,16	4,93	27
Bh2	70-80	3,5	nd	nd	Nd	4,92	Nd	nd	6,56
E2	80-100	0,1	nd	nd	Nd	5,18	Nd	nd	1,68
P12 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico									
Ap	0-20	66,4	0,75	0,82	1,49	5,29	0,88	1,41	33
A2	20-40	99,3	nd	nd	0,15	1,48	0,92	1,46	19,2
E1	40-50	10,8	nd	nd	Nd	0,99	Nd	nd	10,1
Bh1	30-80	18,1	nd	nd	Nd	1,96	2,85	2,66	39
Bh2	70-100	7,7	nd	nd	Nd	1,12	0,42	1,48	8,77
E2	100-120	1,5	nd	nd	Nd	1,25	Nd	0,41	3,2
Bhm	110-130	38,6	nd	nd	Nd	1,48	4,25	4,23	37
P16 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico									
A	0-10	40,4	2,4	3,83	32,12	5,08	1,19	0,43	14,8
AE	10-25	23,6	4,72	5,31	6,66	9,24	1,88	0,68	22,8
Bh1	25-60	18	6	7,7	9,29	12,5	3,99	3,05	31,3
Bh2	60-75	19,1	4,83	5,81	7,17	12,4	4,34	6,57	53,9
Bh3	75-95	21,8	5,12	7,21	9,17	11,1	7,8	8,06	46,3
P19 - ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico									
A1	0-10	21,9	na	na	Na	1,3	Na	na	9,33
A2	10-	23,7	na	na	Na	0,97	Na	na	11,3
ABh	30-60	38,5	na	na	Na	1,56	Na	na	33,7
Bh1	60-90	40,3	na	na	Na	1,35	Na	na	38,6
Bh2	90-125	39,8	na	na	Na	0,57	Na	na	25,8
Bhm	125-150	71,6	na	na	Na	1,25	Na	na	41,6

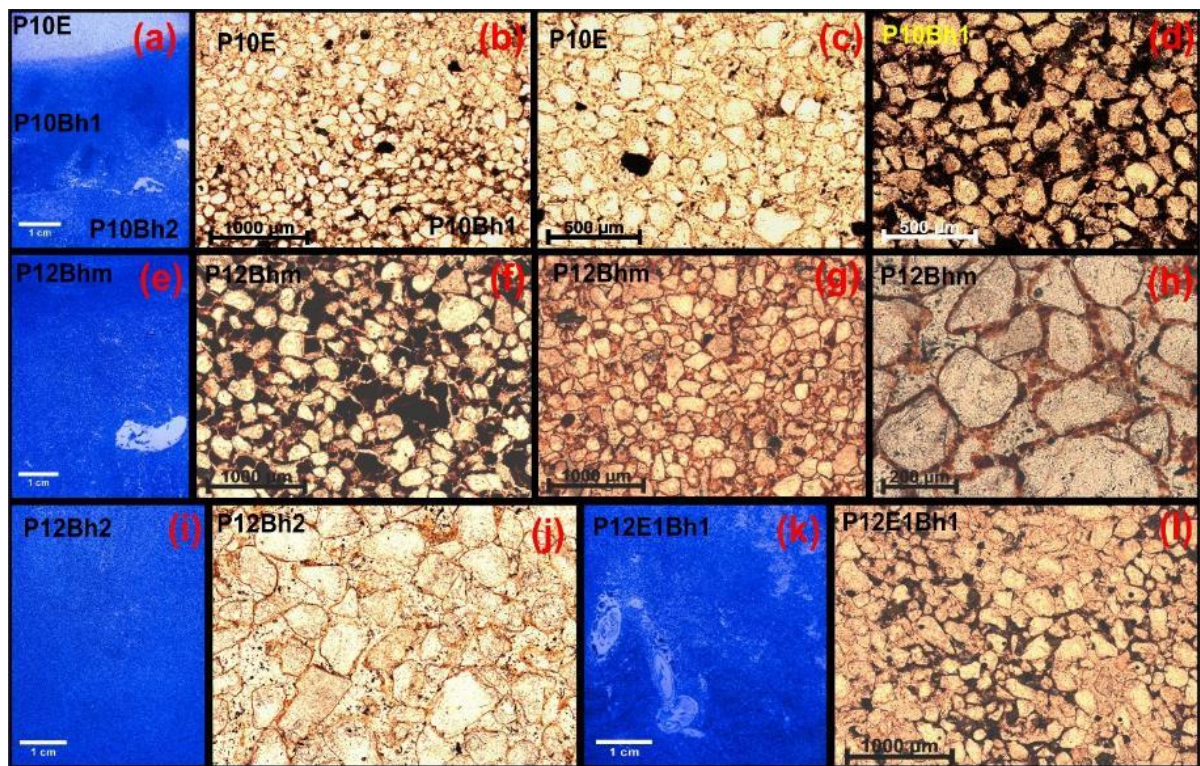
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Na figura 25 são apresentadas as lâminas delgadas referentes aos perfis P10 e P12. Neste último é possível observar que a coloração do horizonte Bh2 (Figura 25j) se confunde com a de



um horizonte Bs, mas na verdade trata-se de revestimento de matéria orgânica conforme descrito anteriormente. Nota-se que somente foi encontrado preenchimento com matéria orgânica monomórfica em todas as lâminas delgadas do perfil P12.

Figura 25 – Lâminas delgadas dos perfis P10 e P12; (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes E-Bh1-Bh2 do perfil P10; (b) micrografia da transição entre horizonte E e Bh1; (c) micrografia do horizonte E; (d) micrografia do horizonte Bh1 evidenciando o preenchimento com matéria orgânica monomórfica; (e) lâmina com pigmento fluorescente do horizonte Bhm do perfil P12; (f) detalhe de preenchimento de matéria orgânica monomórfica; (g) detalhe de região da lâmina delgada P12Bhm sem preenchimento de matéria orgânica monomórfica; (h) detalhe do revestimento dos grãos da região descrita na figura (g); (i) lâmina com pigmento fluorescente do horizonte Bh2 do perfil P12, (j) detalhe evidenciando o revestimento dos grãos com matéria orgânica sem óxidos de ferro; (k) lâmina com pigmento fluorescente da entre horizontes E1Bh1 do perfil P12; (l) detalhe da alteração desta transição com porções com e sem matéria orgânica monomórfica.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

É notável que em muitos perfis há uma “substituição” de matéria orgânica polimórfica para matéria orgânica monomórfica nos horizontes de perfis de solos bem drenados. Isto ocorre porque na gênese de Espodossolos bem drenados predomina a matéria orgânica polimórfica e com a mudança na drenagem ocorre um incremento de matéria orgânica monomórfica, onde os teores de Fe começam a diminuir.

Nas porções da lâmina delgada do perfil P10 (figura 25a) que corresponde o horizonte Bh1 e Bh2 foram analisados por FRX os teores de óxidos de ferro, que foram de 0,281% e

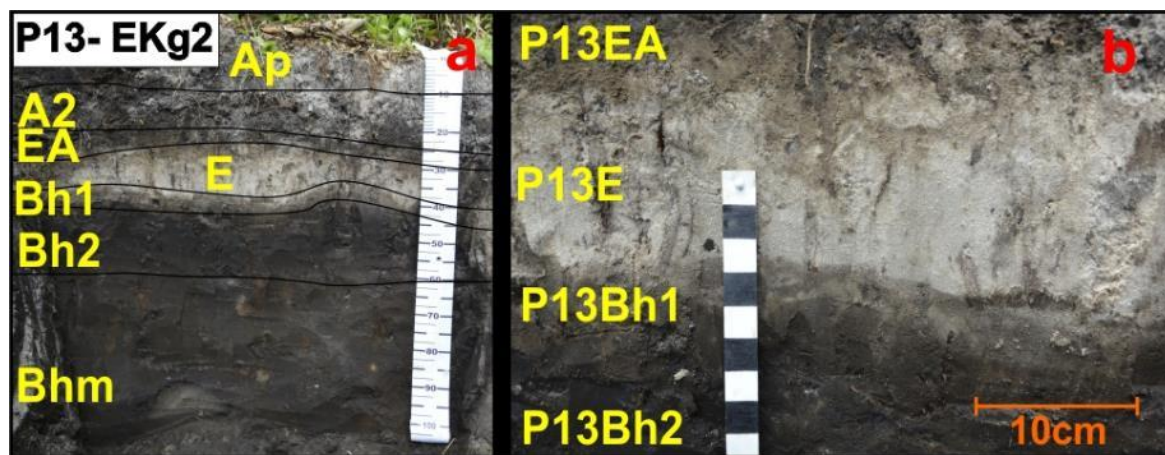
0,424% respectivamente. Isto indica que há uma sequência de alteração do teor de óxido de ferro no sentido do E para o interior dos horizontes espódicos Bh1 e Bh2.

A morfologia no perfil P10 aparenta uma degradação dos horizontes espódicos, sendo o horizonte Bh2 situado no interior do horizonte Bh1, que por sua vez está “inserido” no horizonte E. Portanto, entende-se que inicialmente em outras condições hidrológicas houve a formação do horizonte espódico, e que atualmente, é possível que com a evolução do relevo os processos predominantes que atuaram na formação do horizonte espódico não sejam os mesmos.

### 3.3.2.6 Espodossolo Humilúvico Hidromórfico dúrico (EKg2)

O perfil 13 é o que apresenta morfologia típica e modal de um Espodossolo mal drenado. Com horizonte E pouco espesso em relação aos demais estudados é um perfil em que o processo de formação do horizonte espódico, principalmente Bhm, é praticamente por podzolização por fluxo lateral. Buurman et al. (2013), consideram um indicativo de perfil formado por fluxo lateral a transição do horizonte E com o Bh, quando esta é plana.

Figura 26 – Espodossolo Humilúvico Hidromórfico dúrico: (a) fotografia do perfil P13; (b) detalhe da transição dos horizontes E e Bh1 do perfil P13.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Conforme pode ser observado na tabela 23 os valores de pH desse solo são muito baixos, assim como a fertilidade natural. Apresenta redução nos teores de argila, silte e MO no horizonte E, e no horizonte Bh1, tendo esse uma morfologia nítida de alteração (Figura 26b), os teores de silte no Bh1 e Bh2 apresentam os valores mais elevados.

Tabela 23 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P13.

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 13 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico dúrico													
Ap	0-10	924	46	30	44,7	5,5	3,4	0,30	0,20	0,00	0,00	1,00	6,30
A2	10-25	876	94	30	128	4,7	3	1,10	0,90	0,10	0,10	1,40	19,50
EA	25-29	917	58	25	49,1	5,5	3,3	0,20	0,10	0,00	0,00	0,50	5,70
E	29-40	973	19	8	1,1	6,3	4	0,20	0,00	0,00	0,00	0,10	1,10
Bh1	40-46	803	115	81	34,7	4,3	3,1	0,20	0,10	0,10	0,00	2,80	15,70
Bh2	46-60	771	177	53	92,2	3,8	3,9	0,30	0,20	0,10	0,00	7,00	35,50
Bhm	60-100	866	77	58	51,7	4,7	3,7	0,20	0,00	0,00	0,00	3,90	19,20

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Os valores de silte mais altos são resultantes da ação dos ácidos orgânicos provenientes da podzolização nestes horizontes sobre um material já podzolizado. Este processo remove o Al complexado com MO, deixando-o mais lábil para os microorganismos que promovem a decomposição da MO. Processo similar é descrito por vários autores (Vidal-Torrado & Ferreira, 2017; Buurman et al., 2013)

As análises seletivas não detectaram teores de Fe nos extratos dos horizontes, embora o Fe<sub>t</sub> por FRX tenha sido observado em níveis crescentes em profundidade, o que pode estar relacionado a presença de ferro estrutural na constituição dos minerais, de mesmo modo que os teores de alumínio. Já os teores de Al das análises seletivas (Al<sub>p</sub> e Al<sub>ox</sub>) foram detectados em níveis crescentes do Bh1 até o Bhm, acompanhando aproximadamente o aumento nos conteúdos de carbono.

Tabela 24 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P13

Horizonte	Profundidade (cm)	C.T.	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Perfil 13 – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico dúrico									
Ap	0-10	44,7	nd	nd	nd	0,65	nd	nd	4,32
A2	10-25	128	nd	nd	0,06	1,3	nd	nd	5,32
EA	25-29	49,1	nd	nd	nd	0,75	nd	nd	1,6
E	29-40	1,1	nd	nd	nd	0,66	nd	nd	Nd
Bh1	40-46	34,7	nd	nd	nd	0,97	0,13	0,41	12,1
Bh2	46-60	92,2	nd	nd	nd	1,11	2,67	3,51	33,1
Bhm	60-100	51,7	nd	nd	nd	1,32	4,27	6,18	42,5

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



### 3.3.2.7 Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico dúrico (ESKo1)

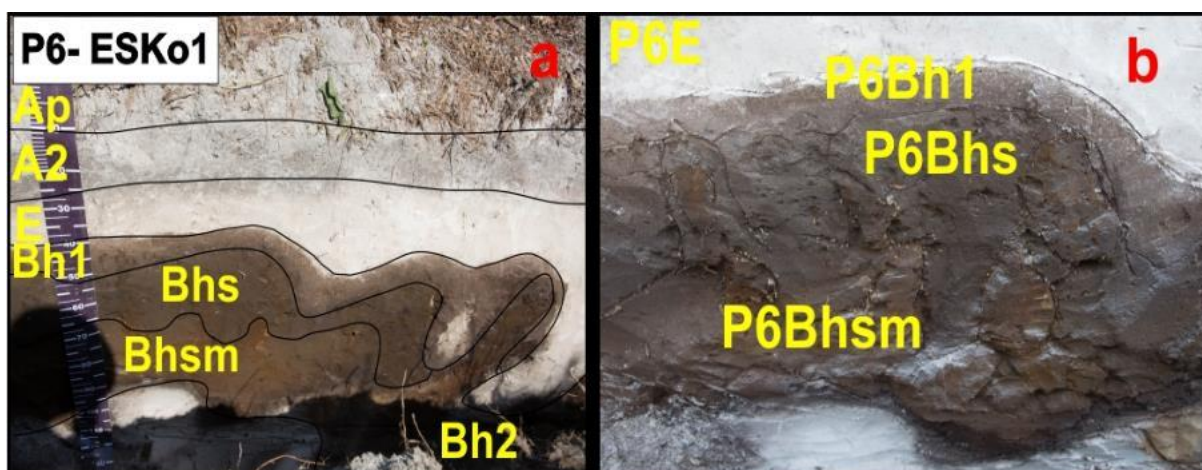
Importante ressaltar que os horizontes espódicos são muitas vezes encontrados em forma descontínua como no exemplo do perfil P6 a seguir (Figura 27), que apresenta um Bhsm circundado por um Bhs, que por sua vez contacta com o horizonte Bh1, indicando níveis diferenciados de alteração, cuja gênese é difícil de ser estabelecida, se foi por processos de degradação ou formação.

A hipótese sugerida é de que o horizonte espódico deste solo, após formado, provavelmente por acumulação de MO pelos fluxos laterais, vem sofrendo processo de paulatino de degradação, tanto por processos naturais, como por mudanças no uso da terra. O solo está sob cultura de Pinus desde muitos anos.

O horizonte Bh1 é nitidamente um horizonte de degradação do topo do horizonte espódico, e apresenta decaimento nos teores de carbono total (Tabela 25) em relação ao horizonte Bhs, e também decaimento nos teores de Ferro e Alumínio (Tabela 26).

A teoria descrita no item anterior de que o alumínio é removido do material podzolizado durante a destruição do horizonte espódico (BUURMAN et al., 2007; SILVA et al., 2015), pode ser a explicação para o aumento da acidez potencial no horizonte Bh1 mesmo com teor inferior de MO em relação ao horizonte Bhs.

Figura 27 – Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico dúrico: (a) fotografia do perfil P06; (b) fotografia frontal do perfil P06.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 25 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P6

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 6 – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Órtico dúrico													
Ap	0-10	940	40	20	28,4	5,2	3,6	0,20	0,10	0,00	0,00	0,50	2,80
A2	10-20	962	24	13	3,4	6,2	3,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	1,70
E	20-40	971	25	3	0,1	6,7	5,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,50
Bh1	40-45	862	71	67	11,1	5,6	4,1	0,10	0,00	0,00	0,00	1,80	8,10
Bhs1	45-90	877	89	34	31,6	6,3	4,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	6,30
Bhsm	70-90	911	62	28	42,7	6	4,7	0,20	0,00	0,00	0,00	0,90	8,20
Bhs2	55-110	885	73	42	33,1	5,6	4,3	0,10	0,00	0,00	0,00	2,20	13,70
BhBhm	110-120	856	85	58	8,5	5,9	3,8	1,20	0,30	0,10	0,00	0,80	5,40
Bh2	110-130	964	12	23	3,2	6,4	4,8	0,10	0,00	0,00	0,00	0,30	2,20

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 26 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P6

Horizontes	Profundidade (cm)	CT	Fep	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Perfil 6 – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Órtico dúrico									
Ap	0-10	28,4	nd	Nd	0,03	0,6	nd	nd	3,66
A2	10-20	3,4	nd	Nd	nd	0,27	nd	nd	1,83
E	20-40	0,1	nd	Nd	nd	0,18	nd	nd	0,66
Bh1	40-45	11,1	0,54	0,66	0,74	2,13	2,6	2,43	29,9
Bhs1	45-90	31,6	2,26	4,75	4,14	9,06	6,13	8,32	58,3
Bhsm	70-90	42,7	12,78	9,55	20,43	25,1	8,75	9,83	49,3
Bhs2	55-110	33,1	2,17	3,81	3,68	8,27	10,09	10,85	72,4
BhBhm	110-120	8,5	nd	Nd	nd	0,59	0,09	0,25	9,55
Bh2	110-130	3,2	nd	0,31	0,15		0,67	0,89	

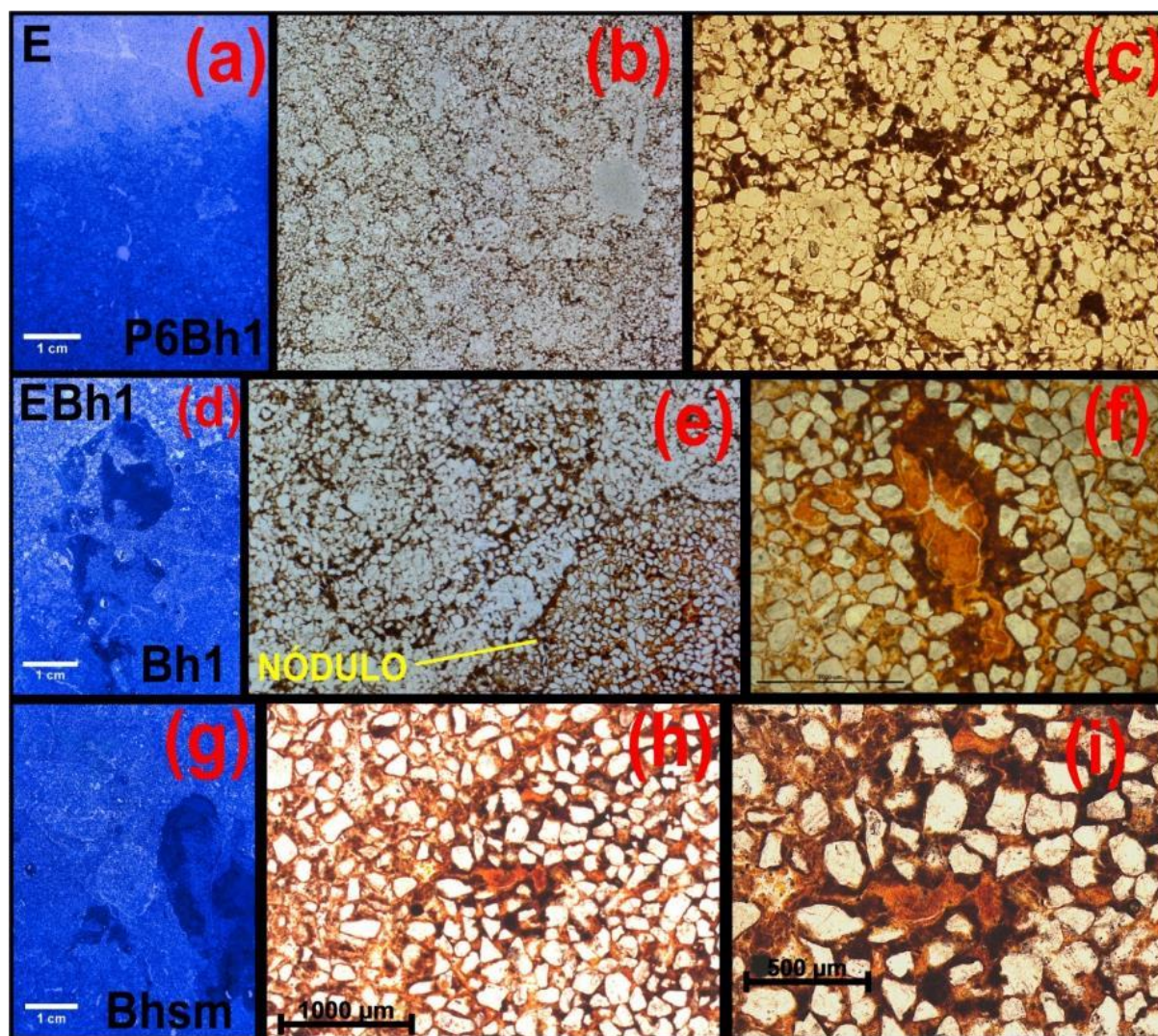
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A lâmina delgada do horizonte EBh1 do perfil P6 (Figura 28d) apresentou nódulos com morfologia típica de óxido de ferro, no entanto, a técnica de microscopia não permitiu sua confirmação. As lâminas foram então analisadas no FRX, localizando a região de interesse sobre o feixe do equipamento. O resultado demonstrou que a região dos nódulos apresentou 77% mais ferro total (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) que o entorno, sendo de 1,101% para a região do nódulo e 0,254% de para região do entorno do nódulo.

Na lâmina delgada da figura 28g os teores de ferro nos nódulos são de 2,716% ao passo que na região do entorno é de 0,875%, totalizando uma diferença de 67%. Quando comparado os teores entres as duas lâminas analisadas é possível notar que o nódulo do horizonte Bhsm possui maiores teores de óxido de ferro em relação ao horizonte Bh1.

Por outro lado, na lâmina delgada da figura 28a, não houve diferença nos teores de óxido de ferro nas zonas analisadas dos horizontes E e Bh1, sendo encontrado 0,881% e 0,887% respectivamente.

Figura 28 – Lâminas delgadas do perfil P6. (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes E e Bh1; (b) micrografia do horizonte Bh1 com aumento de 20X; (c) detalhe do aumento das feições de degradação do horizonte EBh com aumento de 30X; (d) lâmina com pigmento fluorescente da transição do entre horizonte EBh e Bh1 com nódulo de óxido de ferro em evidencia; (e) detalhe do nódulo de ferro na transição entre horizontes; (f) detalhe de preenchimento com óxido de ferro; (g) lâmina com pigmento fluorescente do horizonte Bhsm; (h) micrografia do horizonte Bhsm; (i) detalhe do preenchimento de com óxido de ferro e matéria orgânica.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

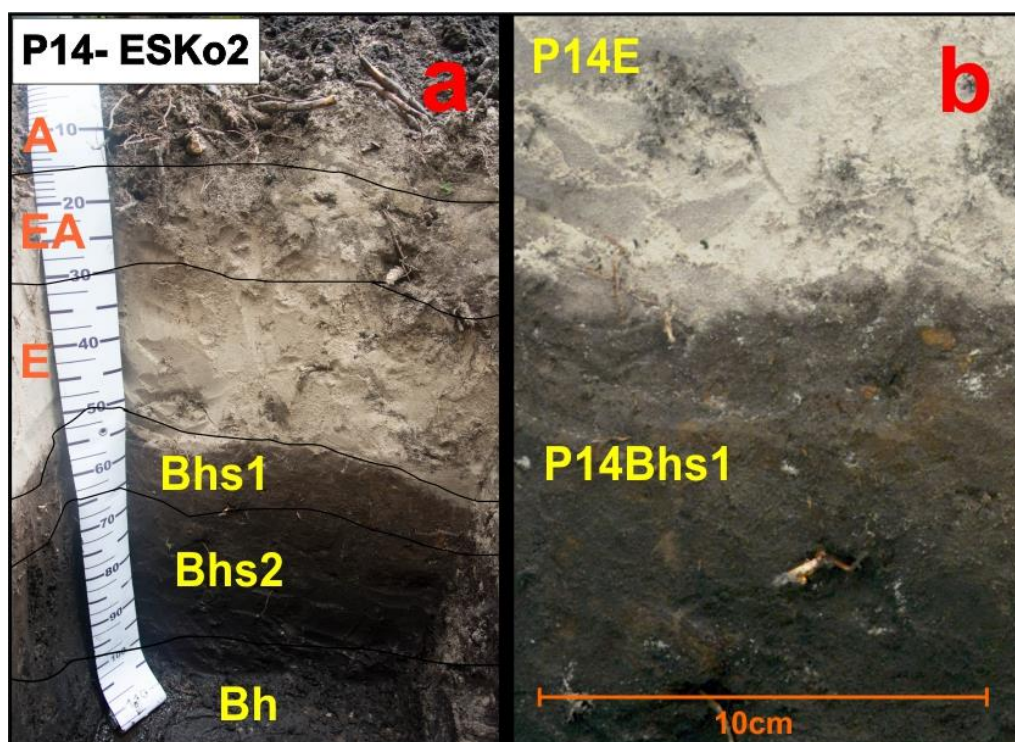
### 3.3.2.8 Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico típico (ESKo2)

O perfil P14 (Figura 29), localizado na borda do terraço (vide Figura 3 capítulo I), caracterizado como perfil de solos bem drenado (SANTOS et al., 2013), apresenta horizontes Bhs, indicando que o hidromorfismo não foi intenso o suficiente para depleção total dos óxidos



de ferro no perfil. Neste perfil, o horizonte espódico que apresenta má drenagem está situado a uma profundidade superior a 1 metro e com teores baixíssimos de ferro, foi classificado como Bh, com base no método descrito no item 3.2.2.

Figura 29 – Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico típico: (a) fotografia do perfil P14; (b) detalhe das transições entre os horizontes E, Bh<sub>s1</sub> e Bh<sub>s2</sub>.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Trata-se de solo de baixa fertilidade natural (Tabela 27) e arenoso, localizado no terraço mais baixo próximo do contato com a planície lagunar, sugerindo que a água do lençol freático flui em direção a leste, como pode ser observado na figura 44.

Tabela 27 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P14

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 14 – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Órtico típico													
A	0-15	940	38	21	32,7	4,7	3,1	0,20	0,30	0,10	0,00	2,20	7,20
EA	15-30	968	27	5	2,4	6,3	4,2	0,10	0,60	0,10	0,00	0,70	4,20
E	30-50	974	23	4	0,7	6,5	5	0,10	0,30	0,00	0,00	0,40	3,30
Bhs1	50-65	878	55	67	31,1	6	4,1	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	2,30
Bhs2	65-100	885	76	39	42,2	5,9	4,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	2,30
Bh	100-110	929	33	38	12,7	6,3	4,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	2,30

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Neste perfil não foram coletadas amostras para análise micromorfológica, porém é possível observar a presença de nódulos no horizonte Bhs1 na figura 29b. Neste horizonte Bhs1 os teores de ferro das análises seletivas (Tabela 28) foram os mais altos dentre os horizontes espódicos não cimentados.

Tabela 28 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P14

Horizonte	Profundidade (cm)	C.T.	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Perfil 14 – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Órtico típico									
A	0-15	32,7	nd	nd	0,06	1,08	nd	Nd	3,14
EA	15-30	2,4	nd	nd	nd	0,74	nd	Nd	1,37
E	30-50	0,7	nd	nd	nd	0,68	nd	Nd	1,42
Bhs1	50-65	31,1	5,84	8,4	6,63	9,65	4,42	5,2	32,3
Bhs2	65-100	42,2	0,93	1,09	1,76	4,24	8,5	11,98	78,6
Bh	100-110	12,7	nd	0,26	0,34	1,69	2,79	3,13	29

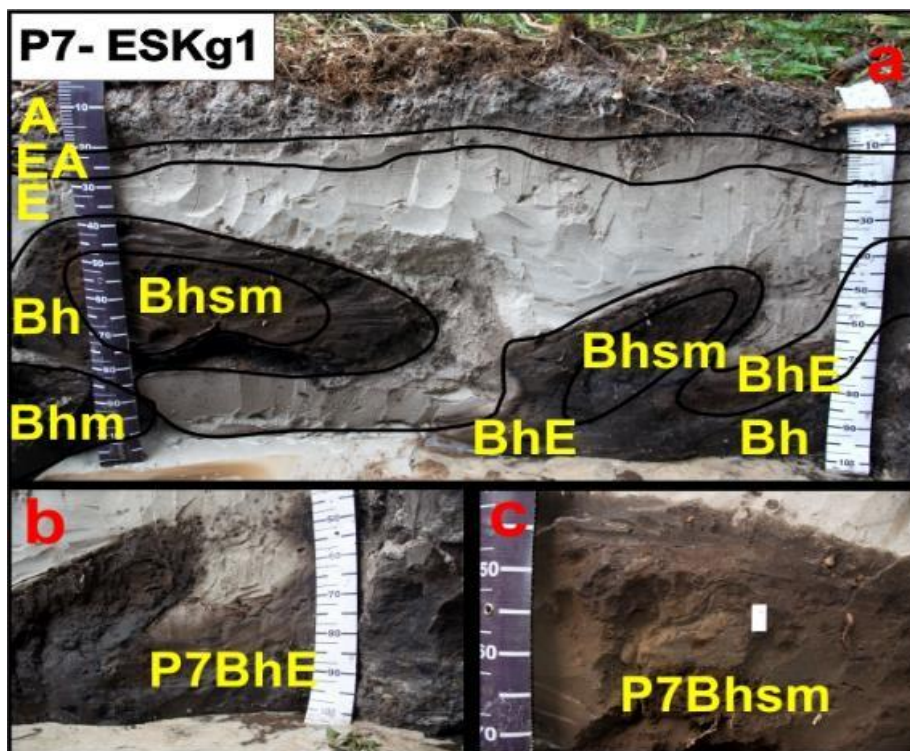
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 3.3.2.9 Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico dúrico (ESKg1)

Este solo, correspondente ao perfil P7 (Figura 30) faz parte de uma topossequência de solos coletados muito próximos entre si, dos quais o perfil P5 corresponde a um Neossolo Quartzarênico, o P6 a um Espodossolo em cota altimétrica intermediária e o P7 na posição mais baixa que os demais, sob condição de má drenagem, em local muito próximo de um canal de drenagem natural que drena a água para a planície lagunar. No entanto, há indicativo de que a sua gênese inicial tenha sido sob ambiente bem drenado ou sob condições similares. Esta afirmativa, baseia-se na existência de óxidos de ferro no interior dos horizontes espódico Bhsm, que por sua vez, está circundado pelo horizonte Bh. Sugerindo que a formação destes horizontes não foi em uma condição de total saturação do perfil por água.



Figura 30 – Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico dúbico: (a) fotografia do perfil P7; (b) detalhe das transições entre os horizontes E-BhE- Bh; (c) detalhe do horizonte cimentado Bhsm.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Entende-se que a atual condição de hidromorfia do perfil P7 pode ser mais recente que no período em que ocorreu a formação desses horizontes espódicos, devido a ação dos agentes modeladores da paisagem. Interessante que o horizonte Bhsm, possivelmente o resquício do horizonte pretérito, apresenta menor teor de MO (Tabela 29) em relação aos outros horizontes espódicos.

Tabela 29 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P7

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 7 – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Hidromórfico dúbico													
A	0-12	957	29	14	28,7	5,2	3,4	0,30	0,20	0,00	0,00	0,40	3,60
EA	12-20	968	23	9	0,8	6,1	4	0,20	0,00	0,00	0,10	0,10	0,80
E	20-35	975	23	2	0,2	6,5	5,2	0,20	0,00	0,00	0,00	0,10	0,30
Bh	35-45	869	82	49	45,1	4,9	3,7	0,20	0,00	0,10	0,00	4,20	19,30
Bhsm	45-70	896	73	31	34,9	5,3	4,1	0,10	0,00	0,00	0,00	2,30	13,40
Bhm	85-100	921	44	36	46,9	5,4	3,6	0,10	0,00	0,00	0,00	1,80	13,00
BhE	65-80	780	151	69	8,1	5,4	3,7	0,20	0,10	0,00	0,00	1,40	6,40

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Apesar de nos horizontes Bh e Bhm do perfil P7 terem sido identificadas quantidades significativas de ferro nas análises de extração seletiva (Tabela 30), os teores não foram suficientes para imprimirem cores mais vivas conforme descrito no item 3.2.2. A discrepância entre os horizontes Bh e Bhm em relação ao horizonte Bhsm é muito grande no que tange aos teores de ferro, tanto o  $Fe_p$  como o  $Fe_{ox}$ .

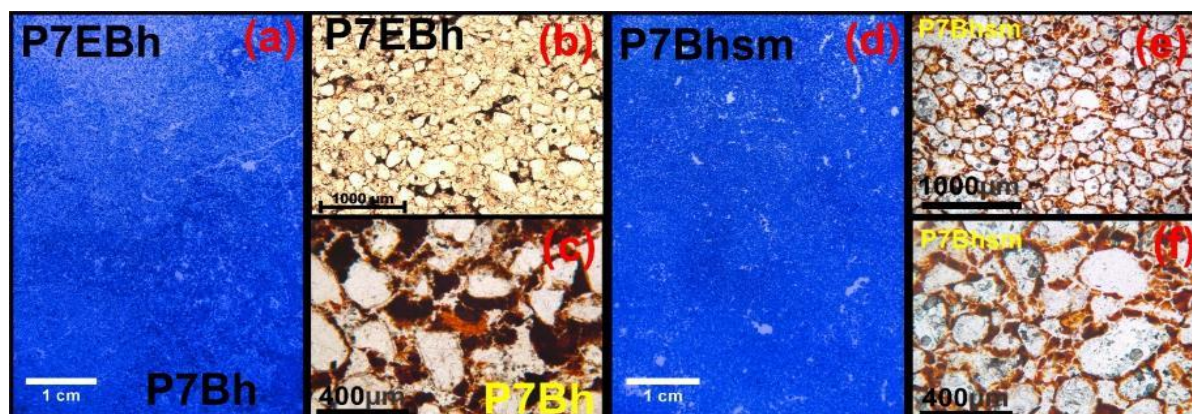
Tabela 30 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P7

Horizonte	Profundidade (cm)	C.T.	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Perfil 7 – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Hidromórfico dúrico									
A	0-12	28,7	nd	nd	nd	1,29	nd	nd	0,85
EA	12-20	0,8	nd	nd	nd	1,35	nd	nd	0,09
E	20-35	0,2	nd	nd	nd	1,61	nd	nd	0,66
Bh	35-45	45,1	0,31	0,27	0,2	2,91	6,58	6,84	53,4
Bhsm	45-70	34,9	8,34	7,97	13,25	19,6	11,3	12,82	61,6
Bhm	85-100	46,9	0,21	nd	0,04	2,63	5,69	6,36	38,9
BhE	65-80	8,1	nd	nd	nd	1,94	0,41	0,63	14,9

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Em solos hidromórficos o Fe é reduzido e removido do sistema, e a podzolização é basicamente constituída de Al complexado pela matéria orgânica. Com o passar do tempo o ambiente hidromórfico promove a formação de Espodossolo Humilúvico. No entanto o perfil P7 apresenta teores elevados de Fe, o que pôde ser constatado na análise micromorfológica (Figura 31).

Figura 31 – Lâminas delgadas do perfil P7. (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes EBh-Bh; (b) micrografia do horizonte EBh; (c) detalhe do horizonte Bh com preenchimento de matéria orgânica monomórfica e preenchimento de óxido de ferro; (d) lâmina com pigmento fluorescente do horizonte Bhsm; (e) detalhe da micrografia com revestimento de óxido de ferro, (f) detalhe do revestimento de óxido de ferro nos grãos do horizonte Bhsm.



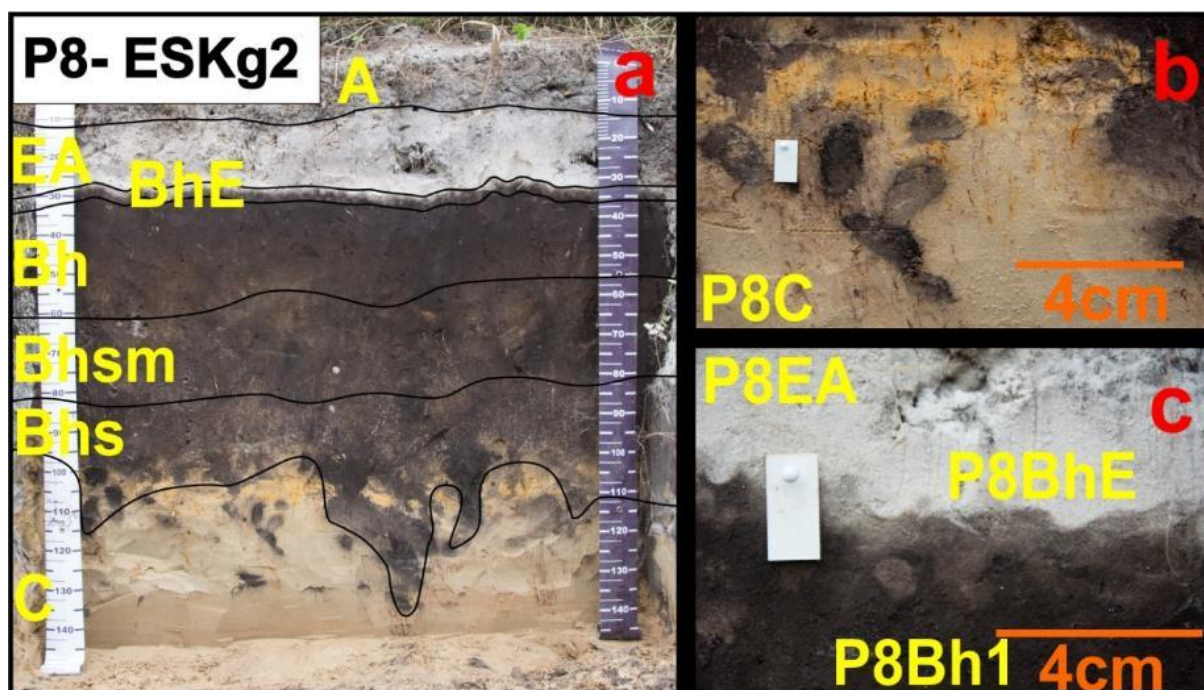
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A análise micromorfológica permitiu a observação de que o processo de impregnação com matéria orgânica monomórfica lixivia os óxidos de ferro do perfil devido ao ambiente ser mal drenado. Nota-se que na figura 31c a presença de matéria orgânica monomórfica e óxido de ferro como preenchimentos no Bh. Já na lamina delgada do horizonte Bhsm é visível a predominância de revestimento dos grãos de quartzo por óxidos de ferro. Nesta lâmina delgada foi identificado um teor de óxido de ferro por FRX, analisado direto na lâmina, de 0,399% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

### 3.3.2.10 Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico típico (ESKg2)

O perfil P8 refere-se a um Espodossolo mal drenado, apesar de que a figura 32 mostrar que até a profundidade de aproximadamente 1,50 metros não é possível observar o nível do lençol freático conforme preconiza o SiBCS. Esse solo está localizado numa vala de drenagem artificial às margens da rodovia BR280, e recentemente havia sido realizada sua limpeza e aprofundamento.

Figura 32 – Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico típico: (a) fotografia do perfil P8; (b) detalhe da transição entre os horizontes Bh<sub>s</sub>-C; (c) detalhe das transições entre os horizontes EA-Bh<sub>E</sub>-Bh<sub>1</sub>.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



Tabela 31 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P8

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 8 – ESPODOSSOLOS FERRI-HUMILÚVICO Hidromórfico típico													
A	0-12	894	63	44	13,6	5,7	4,3	0,70	0,10	0,00	0,00	0,70	4,90
EA	12-25	956	38	7	2,5	6,3	4,5	0,20	0,00	0,00	0,00	0,10	1,20
BhE	25-27	769	182	48	6,2	5,9	3,9	0,60	0,10	0,10	0,00	0,50	3,60
Bh	27-60	852	76	72	24,4	5,5	4,0	1,50	0,20	0,00	0,00	2,50	14,90
Bhsm	60-75	850	71	79	29,4	5,8	4,5	0,50	0,00	0,00	0,00	1,50	8,30
Bhs	75-115	883	55	61	7,6	6,1	4,7	0,30	0,00	0,00	0,00	0,90	4,80
C	115-145	945	26	28	1,1	6,3	4,6	0,30	0,00	0,00	0,00	0,60	3,90

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Os dados obtidos com a extração seletiva do ferro apresentados na tabela 32 nos horizontes Bhsm e Bhs, indicaram diferença significativa de Fe<sub>p</sub> em relação ao Fe<sub>ox</sub>. O teor de MO é maior no Bhsm e relação ao Bh. Possivelmente essa diminuição nessa profundidade está relacionada a lixiviação dessa MO pelo nível freático atual, visto que está na zona de flutuação do mesmo.

Com isso o teor Fe<sub>p</sub> é maior e acompanha o teor de MO, o que sugere que essa “substituição” de MO pode ser um mecanismo que lixivia o ferro do perfil. Como encontrado em outros perfis a ausência quase que completa de ferro está relacionado a este mecanismo, pois, todos os perfis estudados apresentaram idade pleistocênica, e estes sedimentos apresentam teores de ferro maiores que dos sedimentos holocênicos.

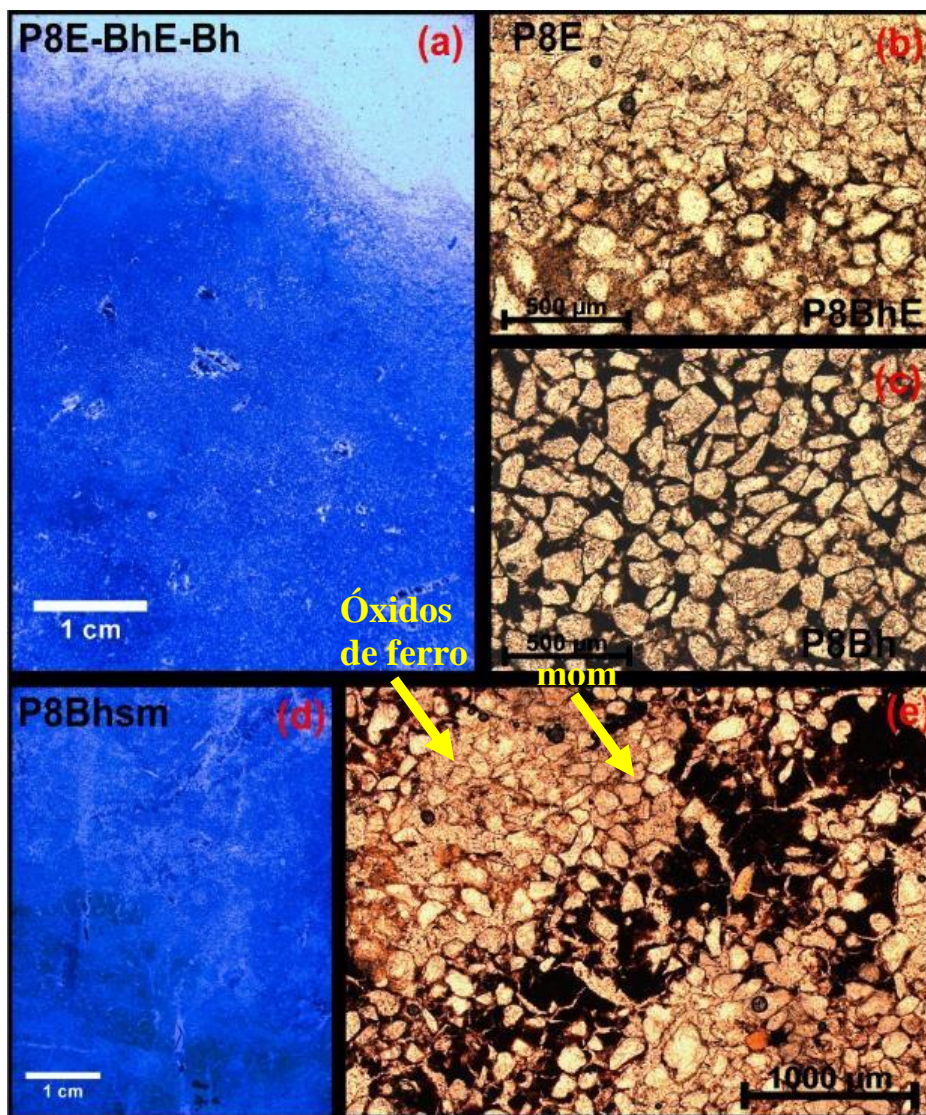
Tabela 32 – Dados químicos de Fe e Al referentes ao perfil P8

Horizonte	Profundidade (cm)	C.T.	Fe <sub>p</sub>	Fe <sub>ox</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Al <sub>p</sub>	Al <sub>ox</sub>	Al <sub>t</sub>
		----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Perfil 8 – ESPODOSSOLOS FERRI-HUMILÚVICO Hidromórfico típico									
A	0-12	13,6	0,28	0,35	0,54	2,05	0,19	0,91	18,8
EA	12-25	2,5	nd	nd	nd	0,35	nd	nd	1,0
BhE	25-27	6,2	nd	nd	0,02	0,97	nd	nd	8,04
Bh	27-60	24,4	0,27	0,24	0,3	2,37	4,6	9,49	53,2
Bhsm	60-75	29,4	2,54	0,7	0,36	12,7	5,87	7,72	57
Bhs	75-115	7,6	0,79	0,62	1,06	4,82	2,73	6,74	49,8
C	115-145	1,1	nd	nd	nd	3,65	0,7	6,07	79,8

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A micromorfologia do perfil P8 indicou que os horizontes espódicos são constituídos praticamente por matéria orgânica monomórfica. Isto é observado nas duas lâminas delgadas analisadas (Figura 33) em que o Bh apresenta maior densidade do preenchimento de MO.

Figura 33 – Lâminas delgadas do perfil P8. (a) lâmina com pigmento fluorescente da transição entre horizontes E-BhE-Bh; (b) micrografia do horizonte E e BhE; (c) detalhe do horizonte Bh com preenchimento de matéria orgânica monomórfica; (d) lâmina com pigmento fluorescente do entre horizonte Bhsm; (e) detalhe da micrografia com preenchimento de matéria orgânica monomórfica.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Já na micrografia da figura 33e, correspondente ao Bhsm, observa-se distribuição irregular da matéria orgânica monomórfica. Como trata-se de um horizonte cimentado é possível que este horizonte esteja sendo degradado pela mudança antrópica na drenagem.

A lâmina delgada da figura 33d, possui uma feição com morfologia aparente de nódulo. Este “nódulo” e a região do seu entorno, foram analisados por FRX apontando grandes

diferenças. No nódulo o teor de  $\text{Fe}_t$  foi de 2,146% e fora dele o teor foi de 0,311%, indicando teor 85% mais baixo no entorno.

Analisando a lâmina delgada no FRX, na porção referente ao horizonte Bhsm do perfil P8 (Figura 33d) o teor médio é de 0,86% de óxido de ferro. Na (Figura 33e) na porção da lâmina que não possui preenchimento de matéria orgânica monomórfica é possível observar a presença não expressiva de preenchimento por óxido de ferro.

### 3.3.2.11 Organossolo Háptico Fíbrico típico (OXfi)

O perfil P3 (Figura 34) está situado na topossequência interceptando um ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico (P2), formado em um ambiente constantemente alagado, que drena toda água de seu entorno para o canal onde ocorre o Organossolo.

Devido a sua gênese ter como mecanismo a deposição de sedimentos paludiais foi possível identificar 4 horizontes que diferem principalmente pelo grau de decomposição da matéria orgânica. A datação dos horizontes H1 e H3, resultaram respectivamente em 3.970 e 5.480 anos de idade.

Extremamente ácidos e com teores de MO variando de 205 a 481  $\text{g kg}^{-1}$  (Tabela 33) são em parte responsáveis pelo armazenamento de carbono orgânico dissolvido (COD) nas adjacências do sistema. Desenvolvem-se nas áreas mais baixas dos entre-cordões dunares.

Tabela 33 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P3

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 3 – ORGANOSSOLO HÁPLICO Fíbrico típico													
H1	0-25	na	na	na	481	3,1	2,3	7,50	5,10	0,30	0,20	7,80	108,30
H2	25-45	na	na	na	433	3,2	2,3	6,10	5,60	0,30	0,20	9,30	119,00
H3	45-75	na	na	na	205	3,8	2,7	1,80	2,50	0,10	0,10	7,70	50,10
H4	75-110	na	na	na	240	4,1	2,9	0,80	0,60	0,00	0,00	14,00	68,80

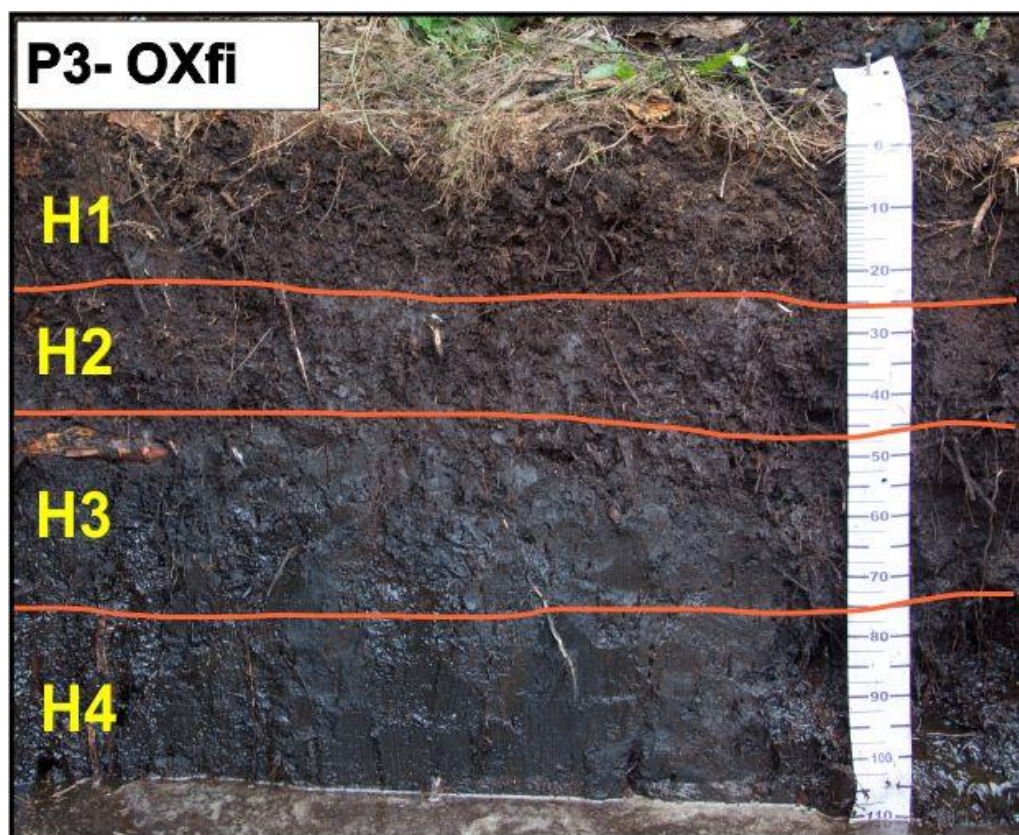
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Apresentam valores de pH extremamente baixos, apesar dos teores relativamente altos de cálcio, de magnésio, quando comparados ao demais perfis estudados. Entretanto possuem teores de Al muito elevados, acompanhado os teores de carbono total.

Este tipo de solos é frequente nas áreas mais baixas, principalmente, acompanhando as drenagens naturais que recortam os Terraço.



Figura 34 – Perfil P3 Organossolo Háplico Fíbrico típico



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

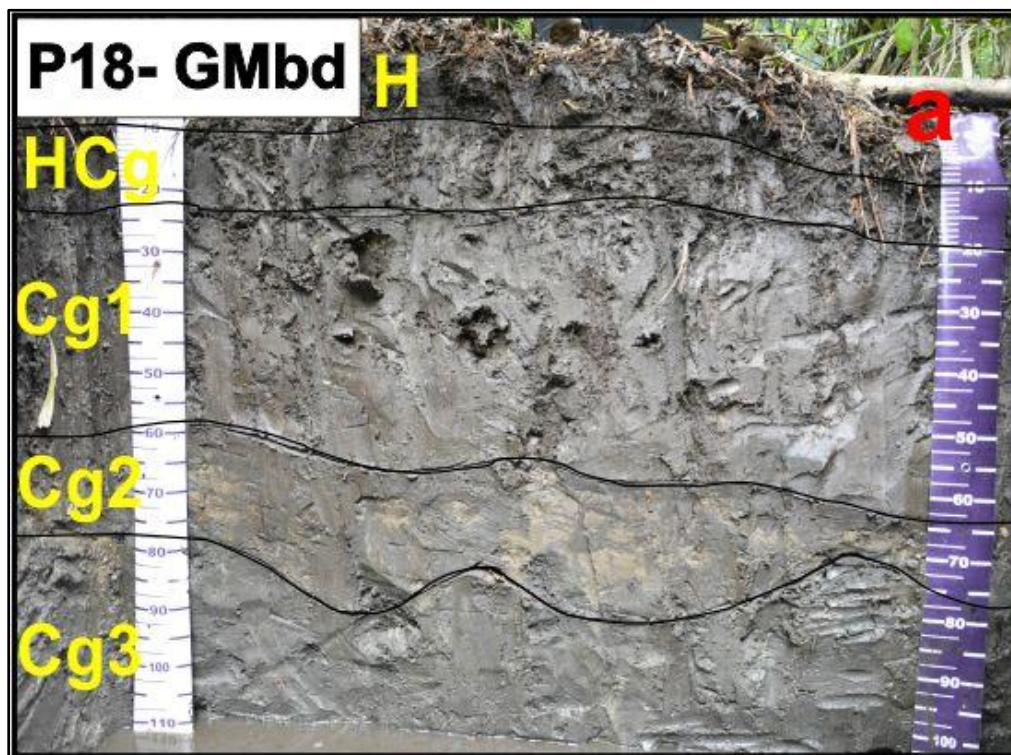
### 3.3.2.12 Gleissolo Melânico Tb Distrófico organossólico (GMbd)

Os Gleissolos ocorrem na planície como uma transição de ambiente entre a porção mais baixa onde ocorrem os Organossolos e o Terraço. A topossequência I (vide Figura 4) ilustra bem a associação que existe entre os Gleissolos e os Organossolos na planície costeira estudada. Como a principal característica morfológica que difere o Gleissolo do Organossolo segundo os SiBCS, na região de estudo, é a espessura do horizonte H é natural encontrarmos este tipo de associação, pois trata-se de ambientes de acumulação e deposição de materiais finos que são transportados pela água.

São solos ácidos de fertilidade natural melhor que os demais solos formados na planície costeira, bem como apresentam os maiores teores de argila (Figura 35). Na região de estudo este solo é drenado artificialmente é utilizado para pastagem.



Figura 35 – Perfil P18 Gleissolo Melânico Tb Distrófico organossólico



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 34 – Dados da caracterização química e física referentes ao perfil P18

Horiz.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	CT	pH <sub>(1:2,5)</sub>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		----- g kg <sup>-1</sup> -----				H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					
Perfil 18 – GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico organossólico													
H	0-15	621	296	82	167	4,2	3,2	0,50	0,20	0,00	0,00	2,90	7,60
HCg	15-25	588	269	143	105,5	4,2	3,5	0,40	0,20	0,00	0,00	3,40	9,80
Cg1	25-65	589	239	171	82,1	4,3	3,7	0,20	0,10	0,00	0,00	4,00	12,20
Cg2	65-82	830	84	86	20,6	3,1	3,1	0,30	0,40	0,00	0,00	2,80	8,50
Cg3	82-115	865	67	67	12,2	3	3	0,30	0,60	0,00	0,00	1,40	4,90

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 3.4 CONCLUSÕES

A planície costeira estudada apresenta grande heterogeneidade de relevo e drenagem, e os processos envolvidos na gênese de Espodossolos estão intimamente ligados a dinâmica de formação.

A classificação dos horizontes espódicos Bhs e Bhsm pela coloração a campo não é adequada devido a colorações impressas pela matéria orgânica. Alguns revestimentos dos grãos de quartzo por matéria orgânica apresentam croma altos, confundindo com colorações impressas por óxidos de ferro. O oposto também ocorre, teores elevados de matéria orgânica mais escura camuflam a existência de óxidos de ferro, fazendo com que o descritor do perfil seja conduzido a classificar um horizonte Bhs em Bh por exemplo.

A pedogênese e a morfogênese atuam simultaneamente na formação e manutenção dos horizontes espódicos. As alterações hidrológicas antrópicas influenciam na degradação desses solos.

O alumínio é o principal metal envolvido na podzolização dos solos estudados, e os maiores teores encontrados foram nos horizontes que predominam matéria orgânica monomórfica.

Os Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos estudados apresentam baixa soma por bases, ácidos, sendo a capacidade de troca de cátions dependente da matéria orgânica e elevados teores de alumínio trocável.

Os óxidos de ferro pedogenéticos dos Neossolos Quartzarênicos coincidem com os sedimentos pleistocênicos conforme descrito na literatura, sendo eles, aparentemente, responsáveis pelo aporte de ferro encontrado nos horizontes Bhs e Bhsm de alguns Espodossolos.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, H.A ; BERROW, M.L ; FAMER, V.C ; HEPBURN, A ; RUSSEL, J.D; WALKER. A.D. A reassessment of podzol forming processes. **Journal of Soil Science**. Oxford. V.323p 125-136. 1982

ANDRIESSE, J.P. A study of the environment and characteristic of tropical podzols in Sarawak (east-Malaysia). **Geoderma**, Amsterdam, v.2, n4, p. 201-227, 1969

ANGULO R.J. **Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná**. 1992. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 334 p. 1992.

ANGULO, R.J., Mapa do cenozóico do litoral do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, UFPR, n. 55, p. 25-42, 2004.

BEN-DOR, E., Levin, N., Singer, A., Karnieli, A., Braun, O., Kidron, G.J. Quantitative mapping of the soil rubification process on sand dunes using an airborne CASI hyperspectral sensor. **Geoderma** 131 p.1–21, 2006.

BIGARELLA J.J.. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. **Arq. Biol. Tecn.**, Curitiba, v.1. p. 75-11,1946.

BIGARELLA J.J. Nota explicativa acompanhando a folha geológica de Paranaguá. **Boletim Paranaense Geologia**., Curitiba, (13):15 p. 1965.

BIGARELLA, J. J. Os sambaquis na evolução da paisagem litorânea sul-brasileira. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 9-10, p. 199- 221, 1954.

BOCQUIER, G. Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad: interprétation biogéodynamique. Mém. **ORSTOM**, v. 62, 351 p. 1973.

BOGO, M. Arquitetura deposicional da barreira holocênica na região meridional da ilha de São Francisco do Sul, SC. 2013. Dissertações (**Mestrado**) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR. 2013. 135p.

BOULAIN, J. Remarques sur quelques notions élémentaires de la pédologie. 1. Pédon, Profil et Sol. 2. Les Horizons. 3. La variabilité latérale des sols. Cah. **ORSTOM**, Sér. Pédol., 19:19-41, 1982.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.; FREITAS, S.S. **A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 79-90.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F.X. & LUCAS Y. Analyse structurale et cartographie en Pédologie, I- Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique : les études de toposséquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. Paris, Cah. **ORSTOM** sér. Pédologie, XIX(4) : 309-322 ; 323-340 : 341-352, 1982.

BRASIL. CONAMA [Conselho Nacional do Meio Ambiente]. **Resolução n. 261**. Estabelece parâmetros básicos para a análise dos estágios sucessionais de vegetação de restinga para o Estado de Santa Catarina. 1999, Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/261-99.htm>>

BREEMEN, N. van & BUURMAN, P. **Soil formation**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1998. 376p.

BRESOLIN, A. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Ínsula** n.10, p 1-54, 1979.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. & TURSINA, T. **Handbook for soil thin section description**. Albrington, Waine Research, 1985. 152p

BUOL, S.W., HOLE, F.D., McCracken, R.J. **Soil Genesis and Classification**. The Iowa State University Press, Ames, 1973, p. 360.

BUURMAN, P.; LAGEN, B. ; VELTHORST, E.J. **Manual of soil and water analysis**. Leiden: Backhuys Publishers Leiden. 1996. 314p.

BUURMAN, P.; JONGMANS, A.G. Podzolisation and soil organic matter dynamics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 125, n. 1/2, p. 71-83, 2005.

BUURMAN, P. **Podzols**. The Nostrand Van Nostrand Reinhold: Soil Science Series, Washington, 1984. 450p.

BUURMAN, P.; JONGMANS, A.G. Podzolization and soil organic matter dynamics. **Geoderma**, 125: 71-83, 2005. 2005

BUURMAN, P.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINS, V.M. The podzol hydrosequence of Itaguaré (São Paulo, Brazil). 1. Geomorphology and interpretation of profile morphology. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 77, n. 4, p. 1294-1306, 2013.

CAMARGO, M. G. SYSGRAN - Análises e gráficos sedimentológicos. **Centro de Estudos do Mar**, Universidade Federal do Paraná, versão 3.0. 2006. Disponível em <<http://www.cem.ufpr/sysgran>>. Acesso em: 5 jan. 2010.

CASTRO, S.S.; COOPER, M.; SANTOS, M.C. & VIDAL TORRADO, P. Micromorfologia do solo: Bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.107-164.

COELHO, M.R. **Caracterização e gênese de Espodossolos da planície costeira do Estado de São Paulo**. 2008. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

COELHO, M.R.; MARTINS, V.M.; VIDAL-TORRADO, P.; GOUVEIA SOUZA, C.R. de; PEREZ, X.L.O.; VÁZQUEZ, F.M. Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 833-846, 2010b.

COELHO, M.R.; VIDAL-TORRADO, P.; PÉREZ, X.L.O.; MARTINS, V.M.; VÁZQUEZ, F.M.. Química e gênese de solos desenvolvidos sob vegetação de restinga no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1951-1964, 2010<sup>a</sup>

DE CONINCK, F. Major mechanisms in formation of spodic horizons. **Geoderma**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 101-128, 1980.

DE CONINCK, F.; RIGHI, D.; MAUCORPS, J. & ROBIN, A.M. Origin and micromorphology nomenclature of organic matter in sandy spodosols. In: RUTHEFORD, G.K., ed. **Soil microscopy**. Ontario, Limestone Press, p.263-273. 1974.

EMBRAPA . Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**, Rio de Janeiro, 2011. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistemas Pedológicos no Cerrado de Goiás: Município de Silvânia; Região Centro-oeste do Brasil**; Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 117. Rio de Janeiro, 2007.

FALKENBERG, D. B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Ínsula** n 28: 1-30, 1999.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27:3-27, 1957.

FOLK, R.L. Reddening of desert sands: Simpson desert, N. T., Australia. **Journal of Sedimentary Petrology**. Austin. v 46, n 3, p 604-615. 1976

GIANNINI P. C. F. **Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaquaruna e Imbituba, SC**. 1993. (Tese de Doutorado), Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 2v. e 2 mapas. 1993. 439 p.

GOMES, F. H. **Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga no Ilha do Cardoso - SP**. 2005. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2005.

HORBE, A. M. C. ; HORBE, M. A. ; SUGUIO, K.: Tropical Spodosols in northeastern Amazonas State, Brazil, **Geoderma**, 119, 55–68, 2004.

HUECK, K. **Plantas e formação organogênica das dunas no litoral paulista**. Instituto de Botânica., Secretaria da Agricultura, Instituto de Botânica. São Paulo 1955 129p

JANKOWSKI, M. The evidence of lateral podzolization in sandy soils of Northern Poland. **Catena**, Amsterdam, v. 112, n. 0, p. 139-147, 2014.

KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, Itajaí, v. 36, n. 36, p. 5-54, 1984.

KLINGE, H. Podzol soils in the Amazon Basin. **The Journal of Soil Science**, London, v. 16, n. 1, p. 95-103, 1965.

KODAMA, H.; WANG, C. Distribution and Characterization of Noncrystalline Inorganic Components in Spodosols and Spodosol-Like Soils. **Soil Science Society of America Journal**. V53 n2. p526-534. 1989

KÖEPPEN, W. **Climatologia. Con un estudio de los climas de la tierra.** México, FCE, 1948. p.145-378.

LESSA G.C., ANGULO R.J., GIANNINI P.C.F., ARAÚJO A.D. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. **Marine Geology**, 165(1-4):87-108. 2000.

LEVIN, N., BEN-DOR, E., SINGER, A. A digital camera as a tool to measure color indices and related properties of sandy soils in semi-arid environments. **International Journal of Remote Sensing** 26 (24), 2005, p.5475–5492

LUNDSTRÖM, U.S., VAN BREEMEN, N., JONGMANS, A.G.,. Evidence for microbial decomposition of organic acids during podzolization. **Eur. J. Soil Sci.** 46, 489–496. 1995

LUNDSTRÖM, U.S. The role of organic acids in soil solution chemistry in a podzolized soil. **J. Soil Sci.** 44, 121–133. 1993

LUNDSTRÖM, U.S.; VAN BREEMEN, N.; BAIN, D. The podzolization process: a review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 94, n. 2/4, p. 91-107, 2000.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; A. J. MELFI; VOLKOFF, B. Pedogênese numa sequência Latossolo-Espodosolo na região do Alto Rio Negro, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.2, p. 381-394, 2002.

MARTIN L.; SUGUIO K.; FLEXOR J. M.; AZEVEDO A. E. G. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Série Geol. DNPM**. Brasília, 28/18, 40 p. 1988.

MARTINEZ, P.H.R.M. **Relações sedimentologia-geomorfologia-hidrologia e seus efeitos na gênese de Espodosolos sob Restinga na Ilha Comprida-SP.** 2015. Dissertação (Mestrado) ESALQ. 2015. 157p

MARTINS, V. M. Relação solo-relevo-substrato geológico na planície costeira de Bertioga (SP). 2009. Tese (**Doutorado**) ESALQ, Piracicaba, 2009.

MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. Londres, **Soil Research**, suppl. Proc. Int. Soc. Soil Sci. IV(3):183-198, 1935.

NORRIS, R.M. Dune reddening and time. **Journal of Sedimentary Petrology** 39 (1), 1969, p.7–11.



REITZ, P. R. A vegetação da Zona Marítima de Santa Catarina. **Sellowia** 13: 17 – 115, 1961

ROSA, R.O. & HERMANN, M.L.P. **Geomorfologia**. In: Atlas de Santa Catarina. Aspectos Físicos. GAPLAN, Rio de Janeiro, pp.31-32. 1986.

RUELLAN, A. Classification of Pedological Systems:a Challenge for the Future of Soil Science. **Annals of Agrarian Science**, Tbilisi (Georgia), vol. 3, n° 3, p. 24-28, 2005

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; TATUMI, S. H. ; YEE, M. ; SANTOS, J. ; BARRETO, A. M. F. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. São Paulo: **Revista Brasileira de Geociências**, 37(2):401-412. 2007

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 92 p.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. **Soil genesis and profile differentiation**. In. Soils Genesis and Geomorphology, Cambridge New York. 2005. p833

SILVA, K.; VIDAL-TORRADO, P.; LAMBAIS, M. Bacterial and archaeal communities in bleached mottles of tropical podzols. **Microbial Ecology**, New York, v. 69, n. 2, p. 372-382, 2015.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 12th ed. Washington: USDA, Natural Resources Conservation Service, 2014. 362 p.

SOMMER, M., D. HALM, C. GEISINGER, I. ANDRUSCHKEWITSCH, M. ZAREI, AND K. STAHR. **Lateral podzolization in a sandstone catchment**. *Geoderma*. 103: 231-247, 2001

SOUZA M.C. **Estratigrafia e evolução das barreiras holocênicas Paranaenses, Sul do Brasil**. 2005. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná. 2005.

SOUZA M.C. de. **Mapeamento da planície costeira e morfologia e dinâmica das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina: subsídios à ocupação**. 1999. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999. 196 p.

SUGUIO K. **Geologia sedimentar**. São Paulo. Blücher. 416 p. 2003

SUGUIO K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo. Blücher. 317 p. 1973

SUGUIO K., MARTIN L. Mecanismos de gênese das planícies sedimentares Quaternárias do litoral do Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 29. Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, SBG, v.1.295-305p. 1976.

VAN BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil formation**. New York: Springer, 2002. 393 p.

VELOSO, H. P. & KLEIN, R.M. As comunidades e associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil. III. As associações es das planícies costeiras do quaternário, situadas entre o Rio Itapocu (SC) e a Baía de Paranaguá (PR). **Sellowia** 13: 205 - 260. 1961.

VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, O. Solos de restingas e áreas úmidas costeiras p 494-537. In CURI, N.; KER, J.C.; NOVAIS, R.F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C.R.G.R. **Pedologia: solos dos biomas brasileiros**. SBCS. Viçosa. 597p. 2017;

VILLWOCK, J. A. Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul. 1972. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1972. 113 p

VILLWOCK, J.A.; LESSA, G.C.; SUGUIO, K.; ANGULO, R.J.; DILLENBURG, S.R. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: C.R. de G. SOUZA et al. (eds.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2005. p. 94-113.

WAECHTER, I.L. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, **série Botânica** (33): 49-68. 1985.

WAECHTER, I.L. Comunidades vegetais das restingas do Rio Grande do Sul. 11 Simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: estrutura, função e manejo. **ACIESP**. v.3, p.223-48. (Publicação ACIESP, 71-3). 1990.

WALLINGA, J.; MURRAY, A.; WINTLE, A. The single-aliquot regenerative-dose (SAR) protocol applied to coarse-grain feldspar. **Radiation Measurements**, Oxford, v. 32, n. 5, p. 529-533, 2000.

WANG, C.; MCKEAGUE, J.; BEKE, G. Site characteristics, morphology and physical properties of selected ortstein soils from the Maritime Provinces. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 58, n. 3, p. 405-420, 1978.

WILLIAMS, C., YAALON, D.H. An experimental investigation of reddening in dune sand. **Geoderma** 17, 1977, p.181–191.WRB-FAO, 2014

**ZULAR, A. Sedimentologia e cronologia por luminescência da ilha de São Francisco do Sul (SC): considerações sobre a evolução holocênica de barreiras arenosas da costa sul e sudeste do Brasil.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2011, 108p.

## **4 CAPÍTULO III – SISTEMAS PEDOLÓGICOS DA PLANÍCE COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE ARAQUARI E BALNEÁRIO BARRA DO SUL, SANTA CATARINA.**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

As paisagens desenvolvem-se pela atuação de processos naturais que atuam integrados na superfície terrestre e o resultado disto é a configuração das formas do relevo, constituídas por um conjunto de superfícies morfológicas. Os solos desenvolvidos ao longo do relevo apresentam feições distintas, que podem ser tomadas como resultado da ação conjunta dos processos geomórficos e pedogenéticos, ambos condicionados principalmente pela dinâmica das águas superficial e subsuperficial (HUGGETT, 1975), em resposta a distintos climas.

Ao se tratar de Espodossolos em planície costeira os processos laterais (deslocamento hidrológicos) são predominantes na formação dos horizontes espódicos. Esta variação lateral, comum em Espodossolos de planície costeira é explicada pela dinâmica do lençol freático associada ao relevo. A gênese dos horizontes espódicos nesse ambiente está relacionada ao transporte lateral e à acumulação de matéria orgânica dissolvida (Buurman et al, 2013).

O clima, o material de origem, a forma da vertente, os processos geomorfológicos e a infiltração de água atuando de maneira conjunta, são alguns dos elementos responsáveis pela formação de solos diferenciados em um mesmo compartimento morfológico. De acordo com Boulaine (1982), o solo é um corpo contínuo, com feições tridimensionais, sendo os perfis apenas um referencial concebido para facilitar a sua análise e delimitação na paisagem.

Uma topossequência é definida por Bocquier (1973), como uma sequência de diversos tipos de solos distribuídos de maneira regular e sistemática na paisagem de acordo com as variações na topografia sobre o mesmo material de origem. Estudar a sucessão de perfis alinhados do topo à base de uma vertente, permite identificar a distribuição dos horizontes de solo e suas relações entre si (CASTRO et al., 2003).

Os sistemas pedológicos correspondem a sucessões verticais e laterais de horizontes de solos dispostos continuamente do topo dos interflúvios de uma paisagem aos fundos de vale, que permitem o reconhecimento dos tipos de solos e de suas relações genético-evolutivas e espaciais, com a topografia e o substrato (BOULET, 1988; QUEIROZ NETO, 1988). Guardam um conjunto de volumes com dinâmica evolutiva em comum definidos por atributos pedológicos descritos e interpretados (RUELLAN, 2005)

A técnica da análise estrutural das coberturas pedológicas proposta por Boulet et al. (1982), considera a geometria lateral e vertical de cada horizonte do solo. Esta técnica contribui

no entendimento da relação entre pedogênese e evolução do relevo e também na avaliação do comportamento e funcionamento hídrico do solo (QUEIROZ NETO, 1988).

O procedimento de análise da cobertura pedológica foi introduzido no início da década de 80 (QUEIROZ NETO et al., 1981) com avanços que permitiram superar algumas dificuldades propostas inicialmente pelo conceito de catena de Milne (1935), que via as sucessões de solos ao longo das encostas como uma simples justaposição de perfis verticais. Essa visão foi substituída por uma abordagem em que se percebe o solo como corpo contínuo, cujas diferenciações são também devidas ao movimento interno das soluções (QUEIROZ NETO, 1988). Segundo Queiroz Neto (2002), o estudo da cobertura pedológica deve ser realizado em todas as escalas de observação disponíveis, da macromorfológica de campo a micromorfológica em escala de microscopia óptica, incluindo caracterizações químicas e físicas dos perfis de solos, integrando diferentes escalas de observação que se complementam.

A elaboração deste capítulo reúne parte dos dados apresentados nos capítulos I e II, onde a análise das diferentes coberturas pedológicas é enfocada através do estudo integrado dos solos da planície costeira nos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul. Para tanto foram analisadas em detalhe as características de 19 (dezenove) perfis de solo dispostos em três topossequências no sentido Oeste – Leste (continente-oceano), procurando entender como os diferentes solos se relacionam na paisagem através das mudanças no relevo e das condições hidrológicas.

## 4.2 METODOLOGIA

### 4.2.1 Delimitação e identificação das formas de relevo

O mapa geomorfológico da área estudada foi elaborado a partir dos produtos do aerolevantamento realizado pelo estado de Santa Catarina entre os anos de 2010 e 2013. As delimitações das unidades geológico-geomorfológicas foram realizadas com auxílio de fotografias aéreas e levantamento de campo. Foram utilizadas fotografias aéreas de 1978 e 2010, com escalas 1:25.000 e 1:10.000 respectivamente. Também foram utilizados o modelo digital de superfície e o modelo digital de terreno disponibilizado pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina.

As descrições das formas de relevo seguiram a terminologia apresentada no Manual Técnico de Geomorfologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009). As investigações foram efetuadas em três etapas: 1 – análise integrada da paisagem a partir da

interpretação de fotografias aéreas; 2 – cruzamento dos dados de campo e laboratório com material bibliográfico existente; 3 – delimitação e mapeamento das formas de relevo.

Todos os dados obtidos ou editados foram trabalhados em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica), na plataforma de trabalho ArcGis 10.

#### **4.2.2 Definição das Topossequências**

As transeções para o estudo dos solos nas topossequências foram estabelecidas de forma a abranger os diferentes tipos de relevo que melhor caracterizassem a distribuição e variação das tipologias dos solos na área de estudo. As extensões das topossequências correspondem a 10 km nas topossequências I e II e 12 km na topossequência III.

As transeções foram estabelecidas com auxílio de materiais cartográficos conforme descrições constantes no Capítulo I.

Com a três topossequências definidas, foram locados os pontos para descrição dos perfis representativos das unidades de solos. Nos perfis de solo de cada compartimento geomorfológico foram analisadas suas características físicas e químicas e morfológicas. Após a caracterização dos solos e reconhecimento dos diversos componentes do meio físico foram identificados e delimitados os sistemas de solos que melhor representassem a topossequência.

Para permitir uma adequada visualização das relações existentes entre topografia, geologia e solos foram elaboradas ilustrações com representações esquemáticas dos mesmos para cada topossequência, em que são apresentadas as diversas feições ambientais e sua localização na paisagem, assim como ilustradas as principais características dos perfis dos solos, conforme descrito por Embrapa (2007).

Nas representações foram utilizadas escalas da ordem de km, e apesar da escala altimétrica ser representada em metros, estas foram desconsideradas para melhor visualização, devido à dificuldade de evidenciar as espessuras dos horizontes que possuem escala na ordem de centímetros.

#### **4.2.3 Descrição morfológica dos perfis**

As topossequências estudadas estão distribuídas na área de estudo da seguinte maneira: a topossequência I está localizada na porção Sul com 10km de extensão, a topossequência II no centro com 11 km de extensão e a topossequência III está localizada no norte da área de estudo



com 12 km de extensão. Representam a distribuição dos solos na planície costeira estudada e foi a base para o entendimento da distribuição dos solos na paisagem costeira.

Para obtenção de dados suficientes para compreensão da distribuição dos solos na planície costeira, contou-se com a coleta, descrição e análises de 19 perfis e mais 16 solos observados por sondagem a trado, margem de lago artificial, e valas de drenagem ao longo de toda planície, preenchendo lacunas do entendimento da paisagem entre os perfis coletados.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos a partir dos estudos realizados nos capítulos I e II formaram a base deste capítulo III. A interpretação dos dados sobre a geomorfologia e os dados sobre a gênese destes solos permitiram desenvolver análise da relação solo-paisagem e definir como se apresenta a distribuição dos solos na planície costeira dos municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul.

#### 4.3.1 Topossequência I

A topossequência I intercepta duas unidades geomorfológicas distintas, o terraço marinho pleistocênico e a planície lagunar. Estes dois ambientes apresentam diversidades de ambientes deposicionais e processos erosivos naturais que reconfiguraram a paisagem ao longo do Holoceno.

Pode ser dividida em duas seções: Superfície I, que compreende 6 km de extensão sobre depósitos marinho praial de origem pleistocênica e cota que varia de 9 a 12 metros de altitude; e superfície II que compreende a porção mais baixa que sofreu retrabalhamento durante os últimos eventos transgressivos/regressivos do Holoceno (Souza & Ângulo, 2004).

Na superfície I foram estudados os perfis de solos P15, P1, P2, P3, e P4, numa sequência altitudinal decrescente, como pode ser observado na figura 41. Nesta sequência ocorrem os seguintes solos: Espodossolo Humilúvico Órtico dúrico → Neossolo Quartzarênico Órtico espodossólico → Espodossolo Humilúvico Órtico típico → Organossolo Háptico Fíbrico típico → Espodossolo Humilúvico Órtico dúrico → Espodossolo Humilúvico Órtico típico. Esses solos apresentam variações em sua morfologia indicadas pela mudança na topografia e diferenças quanto aos processos pedogenéticos.

Os canais do sistema de drenagem natural provenientes do dissecamento do terraço são preenchidos por sedimentos paludiais que deram origem a solos denominados de Organossolo

Háplico (EMBRAPA, 2013), a exemplo do perfil P3 (Figura 34) sendo estes de origem mais recente, com sedimentos datados em 3.970 e 5.480 anos AP em 60 e 90 cm de profundidade respectivamente, portanto tem idades referentes ao Holoceno.

Tabela 35 – Datação de sedimentos por LOE e Carbono 14 dos perfis e suas respectivas profundidades e topossequências

PERFIL	TOPOSSEQUÊNCIA	METODO	PROF. (cm)	IDADE (anos)
P01	Topossequência I	LOE	210	73.750 ± 8.000
P02	Topossequência I	LOE	130	82.000 ± 6.800
P04	Topossequência I	LOE	60	21.000 ± 3.320
P04	Topossequência I	LOE	130	85.530 ± 15.220
P11	Topossequência I	LOE	55	39.600 ± 7.000
P12	Topossequência I	LOE	100	77.250 ± 7.600
P19	Topossequência I	LOE	60	14.550 ± 2.300
P03	Topossequência I	14C	60	3.970 ± 30
P03	Topossequência I	14C	90	5.480 ± 30
P10	Topossequência II	LOE	50	15.100 ± 1.700
P14	Topossequência II	LOE	50	32.350 ± 4.500
P17	Topossequência II	LOE	100	6.400 ± 1.200
P05	Topossequência III	LOE	140	22.400 ± 3.250
P06	Topossequência III	LOE	150	81.150 ± 9.630
P08	Topossequência III	LOE	200	71.100 ± 8.500
P09	Topossequência III	LOE	60	20.400 ± 2.600
P09	Topossequência III	LOE	190	65.000 ± 12.800

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O sistema de drenagem de uma paisagem é considerado por Suguio e Bigarella (1990) como um dos agentes geomorfológicos mais importantes na evolução da paisagem, sendo responsável por grande parte do modelado do relevo. Os cursos d'água desempenham um papel importante na redistribuição de sedimentos ao longo dos seus cursos.

O perfil P1 (NEOSSOLO QUARTZRÊNICO Órtico espodossólico), situado na parte mais alta do terraço, está em uma condição bem drenada e apresenta processos incipientes de podzolização predominantemente verticais (vide Figura 16a,b capítulo II). No entanto os parâmetros químicos e morfológicos não satisfizeram os requisitos para enquadramento do mesmo como um Espodossolo. Perfis de Neossolos Quartzarênicos que apresentam processos incipientes de podzolização são comuns nesse terraço.

O perfil P2 (ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico típico), situado em cota altimétrica inferior à do P1, apresenta similaridade genética com o P4, no entanto a sua posição topográfica é em torno de 1 metro mais baixa do que aquele, sendo recortado pelo sistema de drenagem atual, conforme pode ser observado nos detalhes do perfil P2 (vide Figura 20 capítulo II).

Esta cobertura pedológica é cortada por um canal de drenagem natural, onde ocorre o perfil P3, um ORGANOSSOLO MELÂNICO Fíbrico típico, formado sobre sedimentos paludiais recentes.

O P2 apresenta maior grau de alteração dos horizontes espódicos do que o P4. Devido a sua posição topográfica ligeiramente mais baixa do que aquele, ocorre expansão do horizonte E sobre o Bh, bem como maior alteração morfológica nas regiões de contato entre os horizontes espódicos e os horizontes E formando línguas de material alábico (Figura 40), similares às descritas por Buurman et al. (2013) em solos do litoral paulista. A água da chuva infiltra e percola lateralmente nesse perfil com maior velocidade do que no P4, carreando matéria orgânica solúvel por fluxo lateral do topo dos horizontes espódicos para os canais de drenagem, o que contribui para a coloração escura das águas. Este processo é favorecido pela maior proximidade deste solo ao canal de drenagem natural, onde ocorre o Organossolo Háplico (Figura 41).

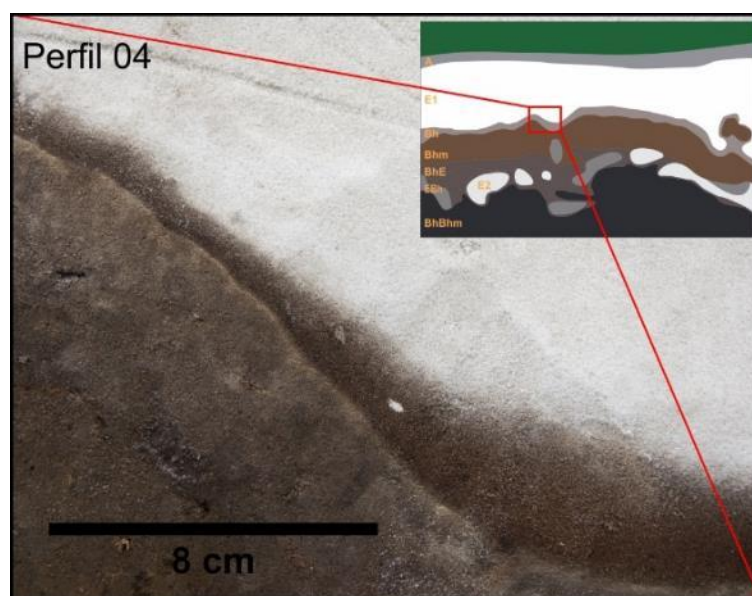
Figura 36 – Detalhe da percolação da água extravasando pela parede do perfil devido a diferença de condutividade hidráulica do horizonte E em relação ao Horizonte Bh.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O perfil P4 (ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico dúrico) possui um horizonte Bhm melhor drenado, com consistência muito dura na região central (ortstein). Considerando que se situa topograficamente em posição ligeiramente superior ao do perfil P2, o nível do lençol freático se mantém atualmente abaixo do horizonte espódico, devido a existência de vala de drenagem artificial às margens da estrada, provavelmente construída para favorecer o desenvolvimento de cultivo de pinus em área adjacente. Isto contribui para prevalência de um ambiente melhor drenado, favorecendo assim maior oxidação do material orgânico no topo desse horizonte. Disso resulta as diferenças na morfologia dos dois perfis, onde no P4 observa-se níveis decrescentes de degradação desde o contato do topo do horizonte Bh com o E, até o Bhm (Figura 40). Tal morfologia também foi constatada por Buurman et al. (2013) em ambiente similar de Espodossolos no litoral do estado de São Paulo. Já no perfil P2, o horizonte Bh apresenta-se relativamente mais preservado, com a matéria orgânica do horizonte sendo dispersada e transportada lateralmente mais pelo efeito da “passagem da água” através do topo desse horizonte, conforme fica evidenciado na figura 36.

Figura 37 – Detalhe da degradação do topo do Bh do perfil 04 indicando morfologia de degradação do topo.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

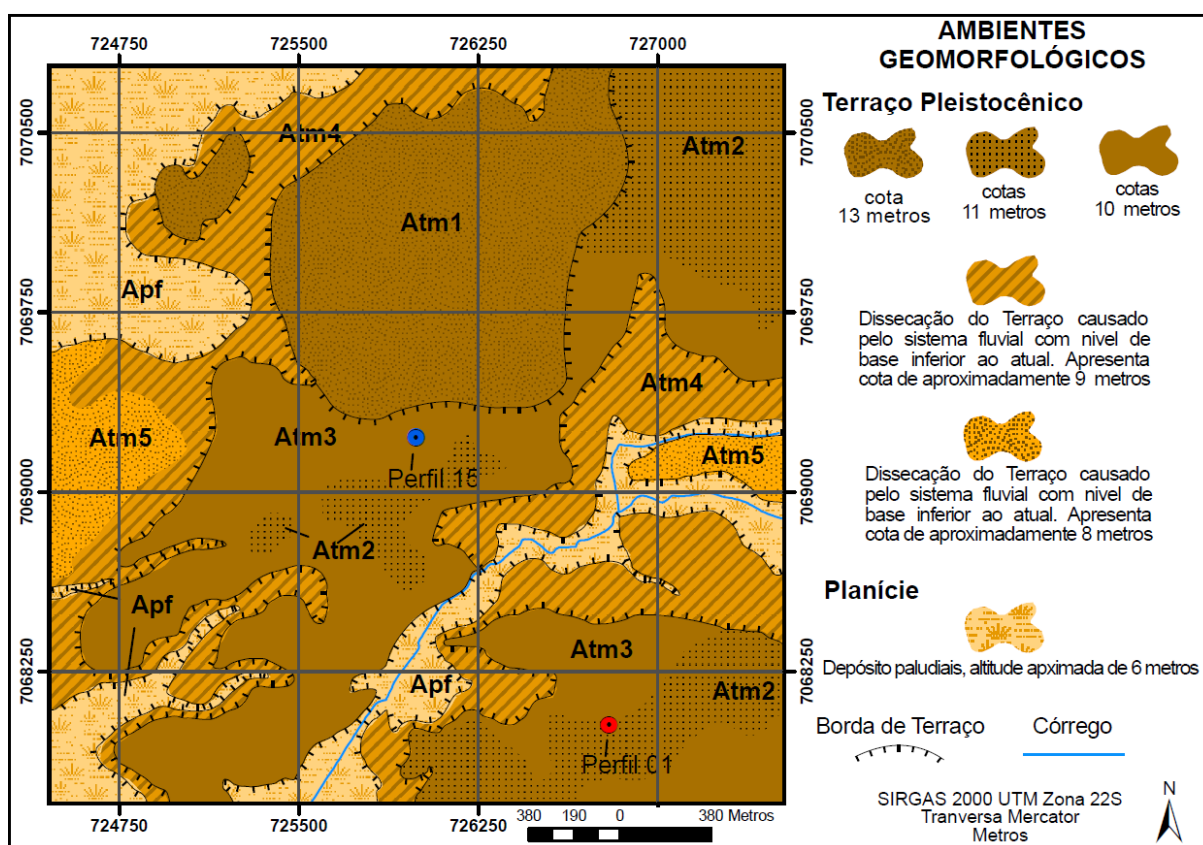
O perfil P15 (ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico dúrico), o primeiro na análise da topossequência I, está situado em uma condição topográfica similar ao perfil P4. Ambos apresentam morfologia similar (Figura 22), com horizonte Bh mais claro situado acima de um horizonte Bhm de consistência muito dura, de coloração mais escura. No entanto, a configuração topográfica do entorno do P15 é mais estável no que tange a dinâmica hídrica,

conforme é demonstrado na figura 38. Está localizado em área de vegetação nativa de restinga e com pouca influência de drenagem artificial em relação ao P4.

Esta similaridade morfológica indica que mesmo em áreas mais preservadas o processo de degradação dos horizontes espódicos pode ocorrer por processos naturais, no entanto a drenagem artificial pode acelerar este processo.

A superfície II da topossequência 1 é contemplada pelos perfis P11, P13, P19, P12 e P18 sucessivamente, no sentido da cota mais alta de 9 metros até a mais baixa de 3 metros. Essa sucessão é composta por Neossolo Quartzarênico Órtico típico, Espodossolo Humilúvico Hidromórfico dúrico, Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico, Organossolo Háptico Fíbrico típico e Gleissolo Melânico Tb Distrófico organossólico.

Figura 38 – Configuração morfológica da situação do perfil P15.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

Neste ambiente a sequência de solos foi formada a partir de processos em sua maioria condicionados pelo relevo, que determina a dinâmica hídrica. A flutuação do nível freático e o aporte de COD diante da evolução do ecossistema de restinga como um todo, contrinuiu com a formação dos diferentes tipos de solos ao longo da planície costeira.

A superfície II, secciona dois compartimentos morfológicos específicos, o terraço marinho praial pleistocênico e a planície lagunar e fluviomarinha. Essa sucessão de compartimentos morfológicos é comum em planícies costeiras e fazem parte da sua evolução natural (SUGUIO, 2003).

Para o entendimento dos sistemas pedológicos da planície costeira, destaca-se que um sistema pode ser composto por dois subsistemas morfológicos distintos. Neste sentido, os perfis relativos a superfície II da topossequência I elucidam a transformação lateral dos corpos naturais como um todo.

O perfil P11 (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico) está situado em uma posição topográfica média de aproximadamente 9 metros de altitude, situando-se muito próximo a um profundo canal de drenagem natural adjacente, fator provavelmente responsável pela sua boa drenagem.

No entanto, constatou-se ligeiro aumento da cota altimétrica deste perfil em direção ao P13 situado cerca de 1 km distante, mas neste perfil o lençol freático é mais superficial, condicionando uma situação de má drenagem. Neste local, ocorre um Espodossolo Humilúvico Hidromórfico Dúrico. A partir desse perfil, situado no limite entre o terraço marinho praial e a planície lacunar e fluviomarinha, as cotas topográficas vão diminuindo gradativamente, em declives longos, com relevo praticamente plano, até a porção mais baixa da planície lagunar, onde ocorrem os Organossolos e os Gleissolos.

Os perfis P19 e P12, ambos classificados como Espodossolos Humilúvicos Hidromórficos típicos, situam-se em área de borda do terraço marinho pleistocênico em que as altitudes são mais baixas (vide Figura 3 capítulo II) apresentam morfologia mais heterogênea (vide Figura 24a,b capítulo II), um tanto atípicas de Espodossolos enquadrados nesse subgrupo.

O perfil P12 (Figura 21a, capítulo II), apresenta dois horizontes Bh no sequum, separados por zona mais colorida abaixo do primeiro Bh, que aparenta ser um horizonte Bs. No entanto, após calcinação, esse horizonte não manteve a cor viva, indicando tratar-se de material orgânico. Esse horizonte é seguido de horizonte de cor clara, com morfologia semelhante à de um horizonte eluvial, abaixo do qual ocorre outro horizonte iluvial espódico, de cor escura. Tal perfil foi interpretado como sendo um perfil bisequum. Localiza-se sob área de reflorestamento com eucalipto, tendo sido drenado artificialmente para tal finalidade. Neste local, provavelmente pela intensa mobilização do solo durante o preparo e a condução da cultura, há maior heterogeneidade da morfologia de local para local.

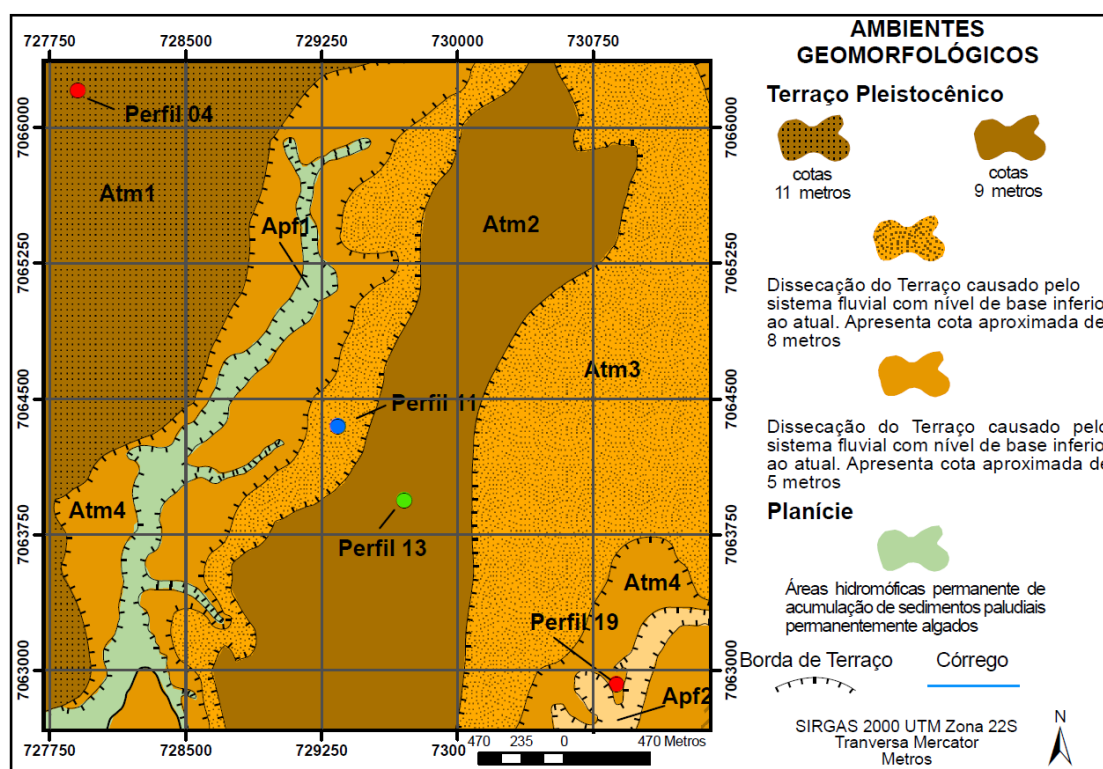
O perfil P19, situado em cota ligeiramente superior à do P12, diferentemente dos demais desta superfície, apresenta cores cinzento escuras ao longo de todo o perfil, sendo a máxima

intensidade da cor escura nos horizontes Bh1, Bh2 e Bhm. Entretanto, não apresenta horizonte eluvial, ou alábico, acima dos horizontes espódicos (Figura 24b, capítulo II). Embora estivesse em local naturalmente com pior drenagem interna do que do P12, estava sofrendo drenagem artificial no momento da observação.

A superfície II da topossequência I teve uma das mais complexas distribuições dos solos ocorrentes. Tratando-se de superfície relativamente extensa, totalmente plana e com frequentes pequenas variações na taxa dos declives em direção à planície lagunar, isto condicionou a formação de ambientes locais com condições hidrológicas muito variadas, que devem ter sido responsáveis pelas variações observadas.

Já o perfil 18, situado na planície lagunar, apresentou lençol freático mais superficial, e parece ter sido mais afetado pelas deposições de sedimentos de ambiente lacustre, favorecendo a formação dos Gleissolos.

Figura 39 – Localização na paisagem morfológica dos perfis P4, P11, P13 e P19.



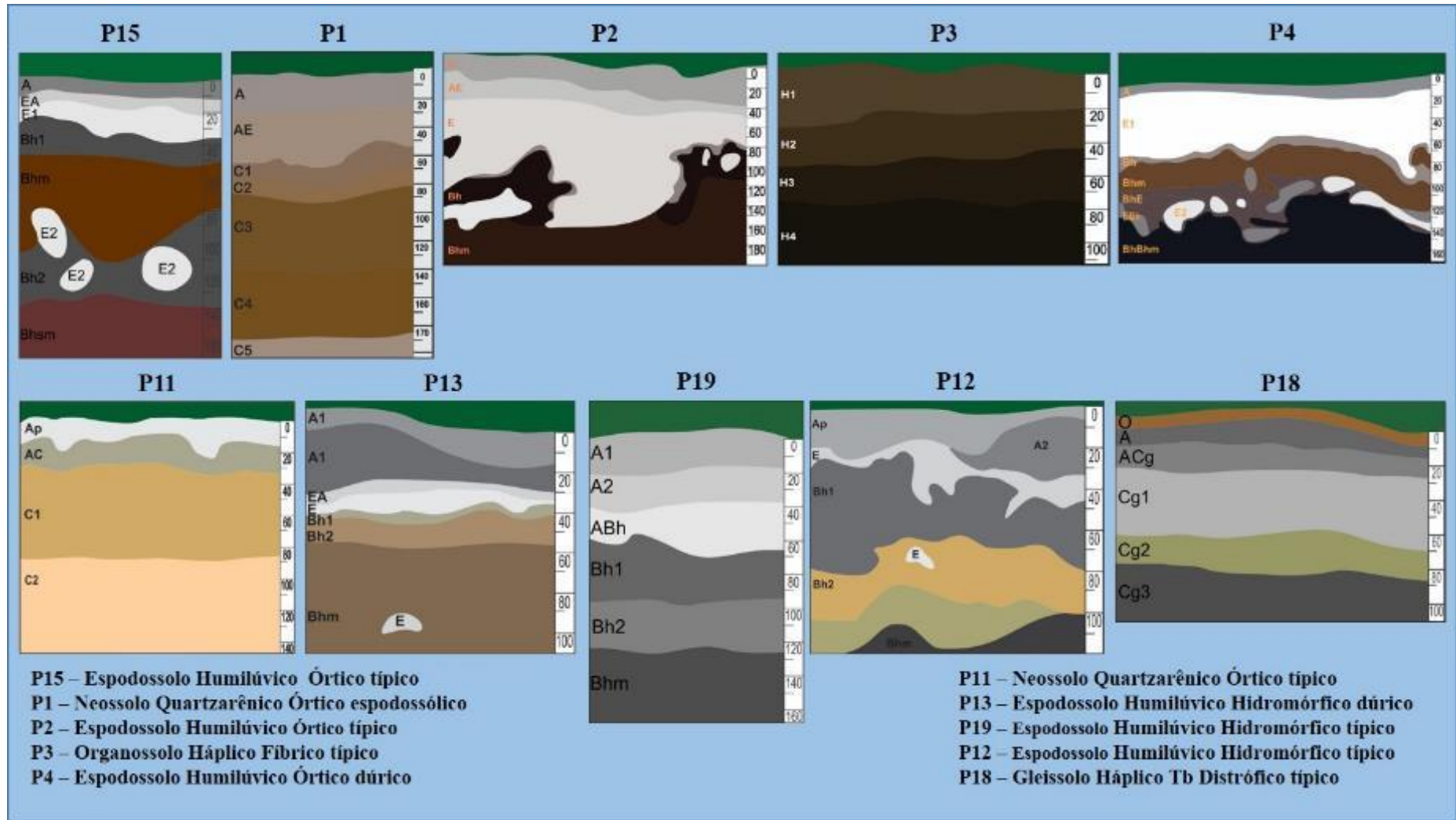
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

A configuração da superfície II, indicada na figura 41, sugere, portanto, que a condição de drenagem local é mais importante na definição desse sistema pedológico do que a cota altimétrica propriamente dita. Na figura 39, é possível observar a grande drenagem próxima do perfil P11, que mesmo estando numa cota menos elevada que o perfil 13 a sua proximidade



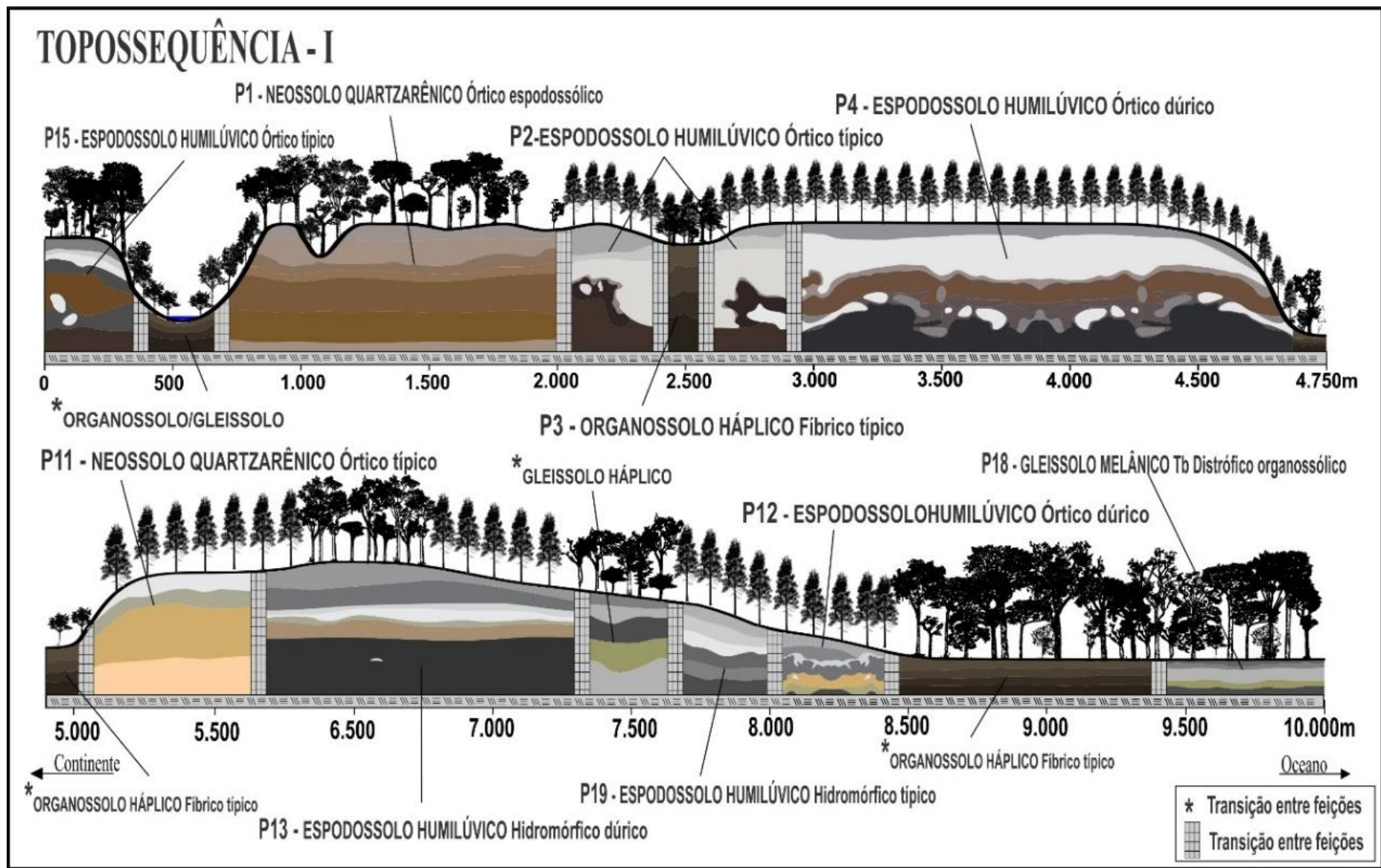
com a drenagem faz com que o nível do lençol freático flua em direção a jusante, não atingindo um nível próximo da superfície, e provavelmente numa velocidade maior do que a requerida para formação de horizontes espódicos.

Figura 40 – Painele das ilustrações esquemáticas dos perfis de solo referentes a topossequência I apresentados na mesma sequência que na transeção.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

Figura 41 – Perfil esquemático da topossequência I



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

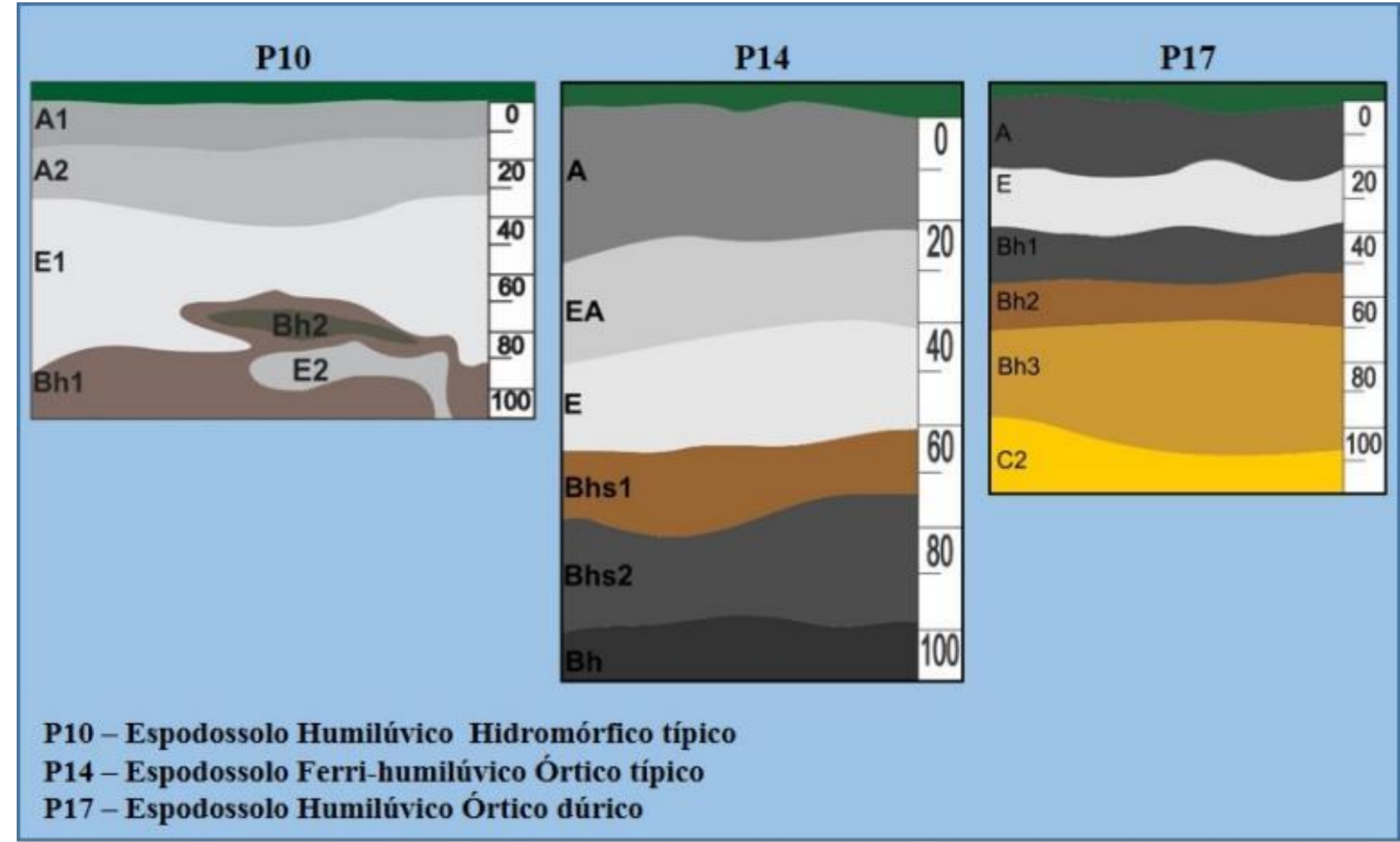
4.3.2 Topossequência II

A topossequência II intercepta duas unidades geomorfológicas distintas, o terraço marinho pleistocênico e a planície lagunar. Estes dois ambientes apresentam diversidades de ambientes deposicionais e processos erosivos naturais que reconfiguraram a paisagem ao longo do Holoceno.

Pode ser dividida em duas secções: Superfície I, que compreende 5,5 km de extensão sobre depósitos marinho praial de origem pleistocênica e cota que varia de 9 a 12 metros de altitude; e superfície II que compreende principalmente a porção mais baixa que sofreu retrabalhamento durante os últimos eventos transgressivos/regressivos do Holoceno (Souza & Angulo, 2004), com aproximadamente 3,7 km de extensão de um total de 5,5 km da superfície II.

Na superfície I foram estudados os perfis de solos P10, P14 e P17, numa sequência altitudinal decrescente, como pode ser observado na figura 45. Nesta sequência ocorrem os seguintes solos: Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico → Espodossolo Ferri-Humilúvico Órtico típico → Organossolo Háplico Fíbrico típico → Gleissolo Melânico Tb Distrófico organossólico → Espodossolo Humilúvico Órtico dúrico. Esses solos apresentam variações em sua morfologia indicadas pela mudança na topografia e diferenças quanto aos processos pedogenéticos que podem ser visualizados nas ilustrações da figura 42.

Figura 42 – Painele das ilustrações esquemáticas dos perfis de solo referentes a topossequência II apresentados na mesma sequência que na transeção.

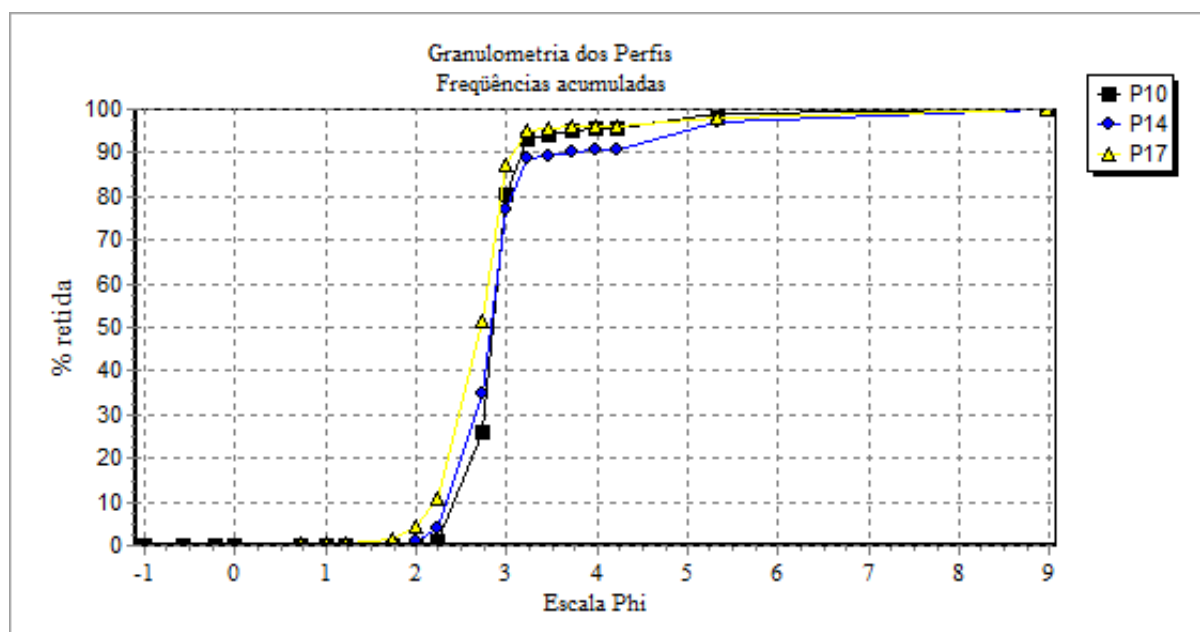


Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Trata-se de uma sequência em que a maior porção da área é muito homogênea e composta de solos representados pelo perfil P10, como aproximadamente 7,7 km de extensão dos 11 km totais da topossequência. No sentido do continente para o oceano, na região considerada neste estudo como região de borda do terraço pleistocênico, bem drenado, encontra-se o perfil P14, que apresenta teores de óxidos de ferro conforme discutido no Capítulo II (Tabela 28).

A distribuição granulométrica (Figura 43) não evidenciou diferença quanto ao tipo de depósito, todos os três perfis apresentaram classificação de areia fina, muito bem selecionado, em todos os horizontes analisados. O perfil P17, apesar de não estar situado na mesma unidade geomorfológica, apresenta muitas características similares com solos encontrados nos terraços, o que sugere que o local específico de descrição do perfil P17 pode ser uma porção do Terraço Holocênico, conforme discutido brevemente no capítulo II.

Figura 43 – Gráfico da frequência acumulada da granulometria dos perfis P10, P14 e P17.

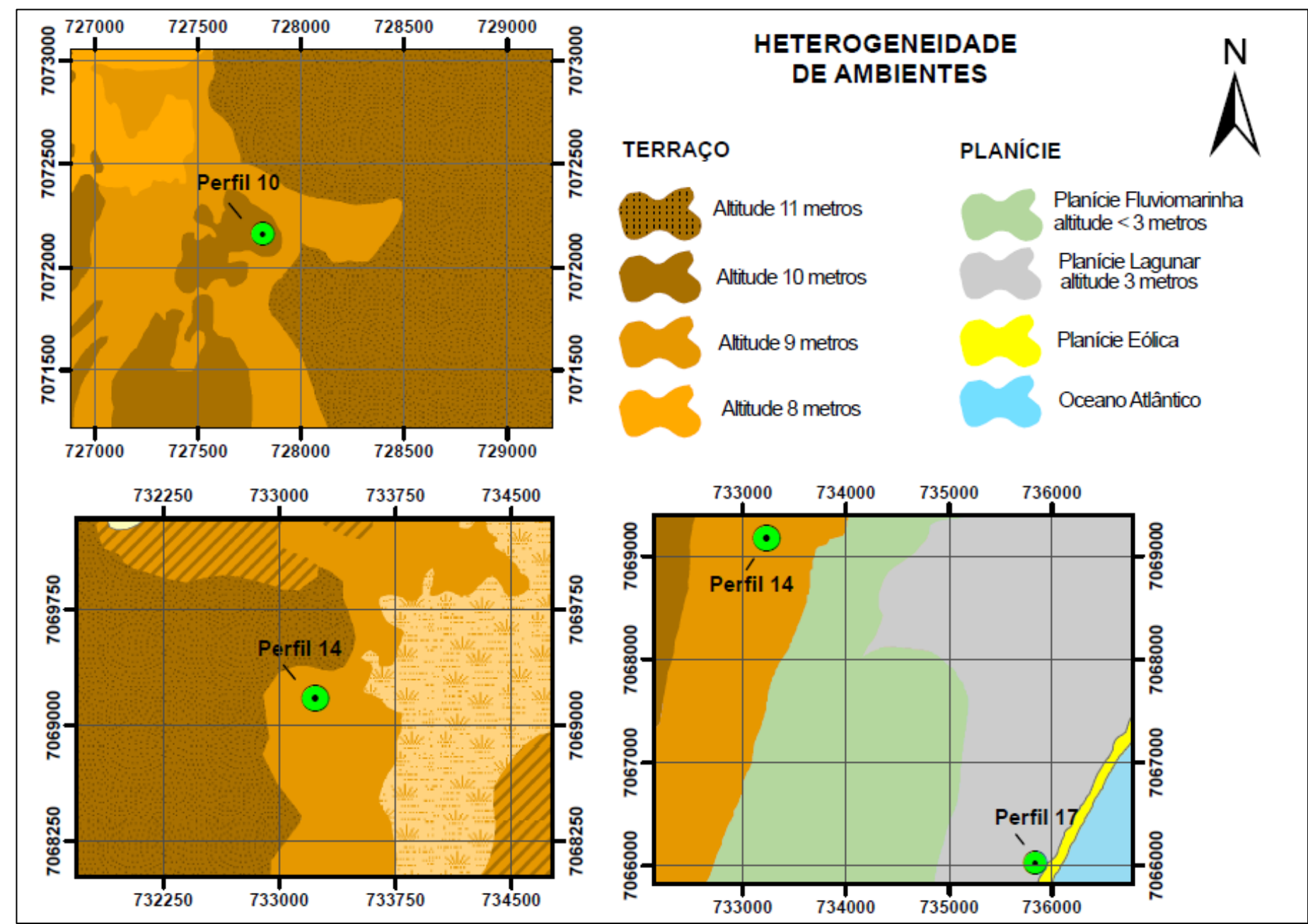


Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O ambiente deposicional representado pelo perfil P10 é uma área extremamente extensa e plana como pode ser observada na figura 44. Apesar dos perfis P10 e P14 estarem em ambientes homogêneos dentro dos seus respectivos ambientes, nota-se que há uma heterogeneidade topográfica menor que os demais perfis descritos anteriormente.

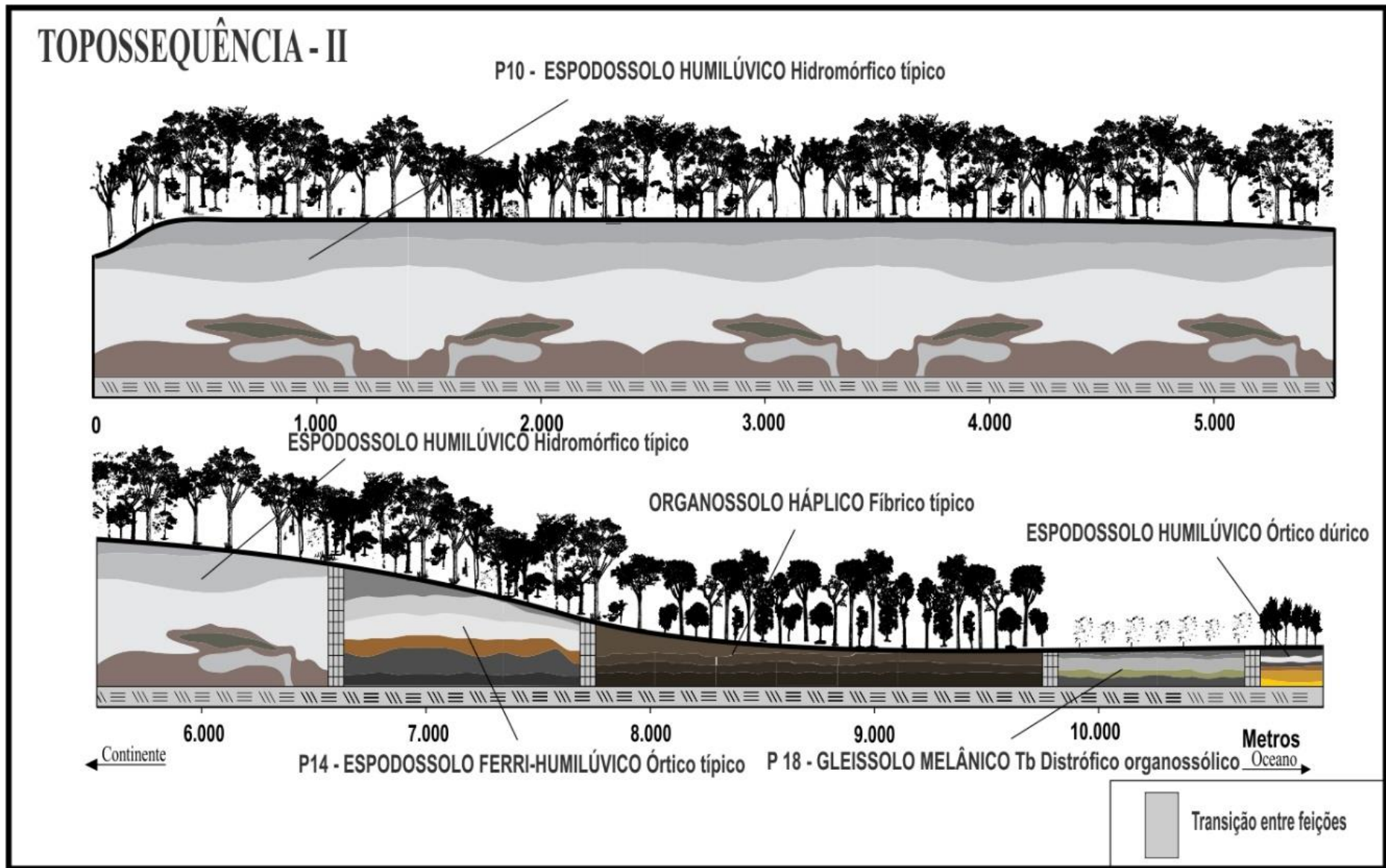


Figura 44 – Mapa detalhado a heterogeneidade ambiental local dos perfis P10, P14 e P17.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 45 – Perfil esquemático da topossequência II



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

### 4.3.3 Topossequência III

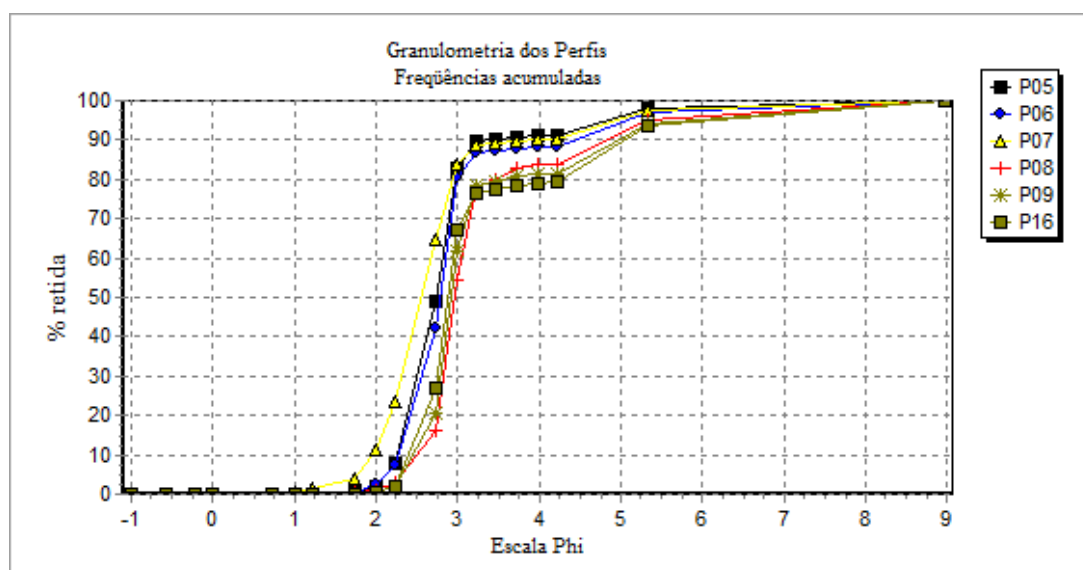
A topossequência III está localizada praticamente sobre a mesma unidade geomorfológica, terraço marinho pleistocênico. Este ambiente apresenta heterogeneidade de ambientes ocasionados pelos processos erosivos naturais que reconfiguraram a paisagem até os dias atuais.

Pode ser dividida em duas secções: Superfície I, que compreende 6 km de extensão sobre depósitos marinho praias de origem pleistocênica e cota que varia de 9 a 12 metros de altitude; e superfície II que compreende a porção mais baixa que sofreu retrabalhamento durante os últimos eventos transgressivos/regressivos do Holoceno (Souza & Ângulo, 2004).

Foram estudados os perfis de solos P8, P9, P16, P6, P5 e P7, como pode ser observado na figura 47. Nesta sequência ocorrem os seguintes solos: Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico → Neossolo Quartzarênico Órtico típico → Espodossolo Humilúvico Órtico típico → Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico dúrico → Neossolo Quartzarênico Órtico típico → Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico dúrico. Esses solos apresentam variações em sua morfologia indicadas pela mudança na topografia e diferenças quanto aos processos pedogenéticos.

Nota-se no perfil topográfico da figura 47, que o intervalo topossequencial até 7 Km, constitui um Terraço granulometricamente diferente do restante do perfil topográfico. O que sugere dois grupos de solos distintos.

Figura 46 – Gráfico da frequência acumulada da granulometria dos perfis P5, P6, P7, P8, P9 e P16.

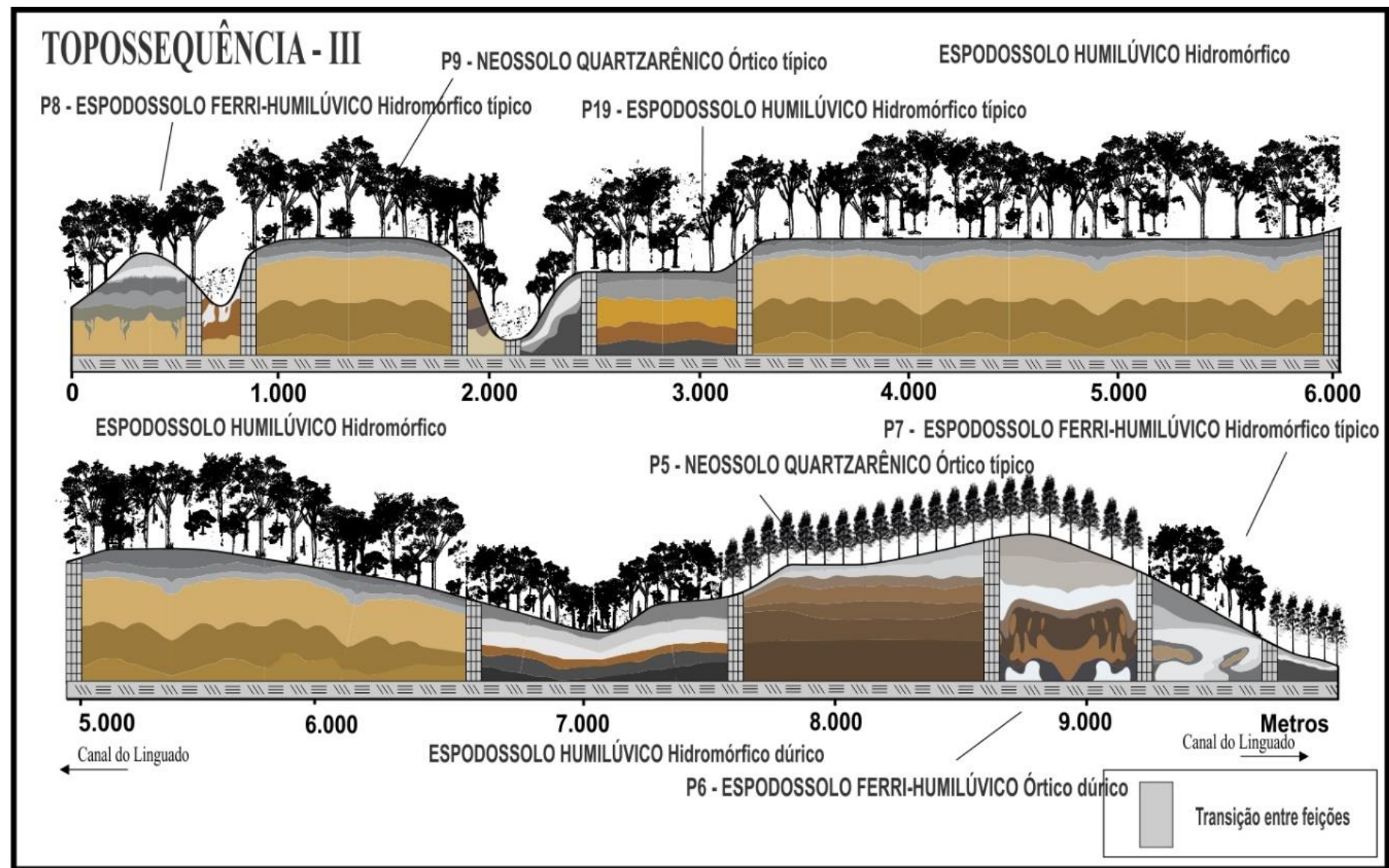


Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



A curva de frequência acumulada (Figura 46) apresentou pequena variação nos intervalos granulométrico de 3 a 4 *phi*, indicando que na topossequência (Figura 47) a porção mais elevada no intervalo de 0 – 7 km, é uma superfície mais plana e com pico de elevação menor do que a porção do intervalo entre 7 – 10 km. Esta variação indica duas unidades diferentes dentro do Terraço Marinho, que foram retrabalhadas diferentemente.

Figura 47 – Perfil esquemático da topossequência III



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

#### 4.3.4 Sistemas Pedológicos da Planície Costeira

A região de estudo apresenta sistemas pedológicos cuja sequência de solos é constituída por Neossolo Quartzarênicos no topo ou em áreas bem drenadas, passando lateral e gradualmente a Espodosolos, conforme vai aumentando o gradiente de umidade.

Quanto ao gradiente de umidade a região de estudo apresentou duas situações distintas. A primeira situação trata-se de canais de drenagens naturais que configuram um sistema fluvial com nível de base inferior ao atual, com padrão de drenagem retangular, com vales paralelos e transversais ao alinhamento dos antigos cordões litorâneos (ANGULO & SOUZA, 2004). A segunda situação é a mudança entre unidades geomorfológicas, o Terraço Marinho

Pleistocênio para a Planície Lagunar. Em ambos os casos ocorrem mudanças no gradiente e na convergência dos fluxos hidrológicos.

Na topossequência I pode ser observado dois sistemas pedológicos: Neossolo Quartzarênico Órtico espodossólico → Espodossolo Humilúvico Órtico típico → Organossolo Háptico Fíbrico típico → Espodossolo Humilúvico Órtico típico → Associação de Gleissolos/Organossolos. A interrupção do sistema pedológico se deve ao desenvolvimento do sistema fluvial de maior magnitude, que consegue convergir os fluxos a ponto de contribuir com a formação de ambiente bem drenado no seu entorno.

O segundo sistema pedológico da topossequência I é formado por Neossolo Quartzarênico Órtico típico → Espodossolo Humilúvico Hidromórfico dúrico → Gleissolo Háptico → Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico → Espodossolo Humilúvico Órtico dúrico → Organossolo Háptico Fíbrico típico → Gleissolo Melânico Tb Distrófico organossólico.

Na topossequência II observa-se sistema pedológico Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico → Espodossolo Ferri-humilúvico Órtico típico → Organossolo Háptico Fíbrico típico → Gleissolo Melânico Tb Distrófico típico → Espodossolo Humilúvico Órtico dúrico.

Na topossequência III também foi observado que os solos acompanharam o gradiente topográfico e principalmente o gradiente de umidade, que podem ou não estar congruentes em relação a altitude. O sistema pedológico é formado por Neossolo Quartzarênico Órtico típico → Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico típico → Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico, nas duas seções da topossequência o sistema pedológico é o mesmo.

Por tratar-se de um ambiente geomorfológico constituído de sedimento enriquecido com teores de óxidos de ferro pedogenético e com idades pleistocênicas, o gradiente de hidromorfia proporciona solos em que o ambiente não favorece a podzolização, mudando para ambiente que favorece a podzolização, mas ainda não o suficiente para a depleção total dos óxidos de ferros, como no caso dos solos formados em ambientes mais hidromórfico dentre os citados.

Numa situação onde analisa-se os solos na planície como um todo e não somente numa unidade geomorfológica, o sistema pedológico se repete conforme descrito anteriormente. Neossolos Quartzarênicos mudam lateralmente para Espodossolos (diversos), Gleissolos e Organossolos.



#### 4.4 CONCLUSÃO

Em termos gerais, a distribuição dos solos na Planície Costeira estudada obedece um gradiente topográfico que se apresenta na seguinte sequência: Neossolos Quartzarênicos → Espodossolos (bem drenados) → Espodossolos (mal drenados) → Gleissolos → Organossolo.

Em Terraço Marinho, a distribuição dos solos é dada pela sequência de Neossolos Quartzarênicos → Espodossolos → Organossolo, este último quando o terraço é recortado por drenagem fluvial.

Em Planície Lagunar, a distribuição dos solos é dada pela sequência de Gleissolos Háptico → Gleissolo Melânico → Organossolos Háptico.

As diferentes morfologias de Espodossolos encontrados na área de estudo acompanham um gradiente de drenagem e este gradiente está relacionado por sua vez com a heterogeneidade de horizontes espódicos, resultado de diferentes condições hidrológica. Cada perfil apresenta fluxos hidrológicos distintos que exercem papel importante e distinto na gênese de cada horizonte espódico.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOCQUIER, G. Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad: interprétation biogéodynamique. Mém. ORSTOM, v. 62, 351 p. 1973.

BOGO, M. **Arquitetura deposicional da barreira holocênica na região meridional da ilha de São Francisco do Sul, SC**. 2013. Dissertações (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR. 2013. 135p.

BOULAIN, J. Remarques sur quelques notions élémentaires de la pédologie. 1. Pédon, Profil et Sol. 2. Les Horizons. 3. La variabilité latérale des sols. Cah. ORSTOM, Sér. **Pédol.**, 19:19-41, 1982.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.; FREITAS, S.S. **A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 79-90.

BOULET, R.; CHAUVEL, A. ; HUMBEL, F.X. & LUCAS Y. Analyse structurale et cartographie en Pédologie, I- Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique : les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. Paris, Cah. ORSTOM sér. **Pédologie**, XIX(4) 309-322 ; 323-340 : 341-352, 1982.

BUURMAN, P.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINS, V.M. The podzol hydrosequence of Itaguaré (São Paulo, Brazil). 1. Geomorphology and interpretation of profile morphology. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 77, n. 4, p. 1294-1306, 2013.

CASTRO, S.S.; COOPER, M.; SANTOS, M.C. & VIDAL TORRADO, P. Micromorfologia do solo: Bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.107-164.

EMBRAPA . Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistemas Pedológicos no Cerrado de Goiás: Município de Silvânia; Região Centro-oeste do Brasil**; Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 117. Rio de Janeiro, 2007.

MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. Londres, **Soil Research**, suppl. Proc. Int. Soc. Soil Sci. IV(3):183-198, 1935.

QUEIROZ NETO, J.P. Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas. Anais. Campinas, CBCS, p. 415-430. 1987.

QUEIROZ NETO, J.P. Análise estrutural da cobertura pedológica: Uma experiência de ensino e pesquisa. R. Depto. Geografia USP, 15:77-90, 2002.

QUEIROZ NETO, J.P.; CASTRO, S.S.; FERNANDES BARROS, O.N.; MANFREDINI, S.; PELLERIN, J.; RUELLAN, A.; TOLEDO, G.S. Um estudo de dinâmica de solos: formação e transformação de perfis com horizonte B textural. In **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 18., Salvador. Resumos, comunicação 169. Salvador, SBCS, v.1. 1981.

RUELLAN, A. Classification of Pedological Systems:a Challenge for the Future of Soil Science. **Annals of Agrarian Science**, Tbilisi (Georgia), vol. 3, n° 3, p. 24-28, 2005

SUGUIO K. **Geologia sedimentar**. São Paulo. Blücher. 416 p. 2003

SUGUIO, K E BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. Ed. UFSC e Ed. UFPR, 183p., 1990

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entender a dinâmica do complexo sistema planície costeira é indispensável para a compreensão dos processos envolvidos e determinantes na formação dos Espodossolos. A pesquisa possibilitou conhecer a diversidade de processos envolvida na gênese dos horizontes espódicos que reflete diretamente na grande heterogeneidade mesmo em pequenas áreas.

A opção de conhecer a base do ambiente de formação dos Espodossolo foi uma decisão baseada em experiências passadas das quais o avanço no entendimento dos processos de podzolização em planície costeira.

O olhar pontual impossibilita o observador em entender os processos que dão origem a grandes diversidades de Espodossolo existentes em uma única topossequência, que de fato são insuficientes sem o conhecimento dos ambientes em que são formados e de como se formaram estes ambientes.

No que foi abordado no capítulo I, a metodologia empregada permitiu o reconhecimento das unidades geomorfológicas, e com isso diferenciar os processos e as gerações de cada feição.

O produto mapa, não tem a pretensão de ser um mapeamento geomorfológico aprofundado, até porque um estudo da geomorfologia e de seus processos necessitaria de aprofundamentos de várias novas metodologias. Mas isto em hipótese alguma invalida sua importância para o entendimento da planície costeira estudada.

As informações contidas permitiram entender os fluxos envolvidos na transferência de matéria na formação dos horizontes espódicos, bem como a evolução de diferentes processos envolvidos na sua formação.

Esta parte do estudo viabiliza, e pressupõe que desperte interesse da geociência e de novos estudos na planície costeira de Araquari e Balneário Barra do Sul. Está região vem sendo ignorada pelos cientistas catarinenses, mesmo apresentando imensa riqueza pedológica, vegetacional e antropológica, visto que grande parte da área é demarcada como área indígena.

A mudança no uso da terra, como a retirada de vegetação, acarreta na interrupção do ciclo de produção e acúmulo de matéria orgânica no solo. A produção de serapilheira é um fator importante no aumento do teor de carbono dissolvido, principal contribuinte na formação de horizonte espódico, e quando há uma diminuição da produção de matéria orgânica, consequentemente há uma diminuição no aporte de carbono dissolvido.

As plantações pinus também contribuem para a diminuição de matéria orgânica no solo, pois a serapilheira, apesar de apresentar acumulação sob o solo elevada, a decomposição é lenta quando comparada a serapilheira da vegetação nativa. As raízes penetram nos solos e perfuram

os horizontes espódicos abrindo canais para passagem de água em maior velocidade contribuindo para maior lixiviação de matéria orgânica.

A degradação dos horizontes espódicos é um processo natural nos solos estudados, no entanto, alguns perfis apresentam indícios de aceleração da degradação por causa da drenagem artificial que existe em quase toda planície onde há uso da terra. O resultado da drenagem não somente acelera a degradação como interrompe o processo natural de formação de horizontes espódicos. Considerando que o fluxo interno de água é de extrema importância para a distribuição e acumulação do carbono orgânico dissolvido por exemplo, a drenagem artificial impede que a água permaneça estagnada por tempo suficiente para a acumulação e precipitação do carbono orgânico dissolvido.

Estudos sobre o impacto negativo dessa drenagem artificial no solo e consequentemente no estoque de carbono, pode vir a contribuir com o entendimento da relação solos-vegetação nessas áreas de restinga do norte do estado.

Este estudo é considerado pioneiro para Santa Catarina porque uniu conhecimentos da gênese da planície costeira com a gênese de solos. Por meio da análise da geomorfologia conseguiu-se interpretar os processos envolvidos na formação dos solos. Por tratar-se de estudos iniciais, sugere-se outros estudos, tais como: impacto da rede de drenagens artificiais na vegetação; dinâmica do ferro na planície costeira; geologia da planície costeira no intuito de entender a sedimentação em cada unidade geomorfológica; estudos aprofundados dos tipos de matéria orgânica que ocorrem nos diferentes ambientes, dentre outros.

## **APÊNDICES**

### **APÊNDICE A – Descrição Morfológicas e Classificação dos Solos**

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P01**

DATA: 08/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espodossólico, textura arenosa, A fraco, bem drenado, não pedregoso, floresta arbórea de restinga, relevo plano.

COORDENADAS – 26°29'24.47" S ; 48°43'28.76" O.

MUNICÍPIO – Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico com relevo plano, vegetação secundária de Restinga Arbórea.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE – ≈11 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Restinga Arbórea (secundária)

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Jaime Antonio de Almeida e Pablo Vidal-Torrado.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-18 (0-20) cm, (10YR 4/1, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual.
- EA 18-45 (20-55) cm, (10YR 5/2, úmida e 10YR 6/2, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara.
- C1 45-60 (56-67) cm, (7,5YR 3/2, úmida e 7,5YR 5/2, seca); areia, maciça que se desfaz em em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara
- C2 60-73 (68-78) cm, (10YR 3/4, úmida e 10YR 5/3, seca); areia, maciça que se desfaz em em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara.
- C3 73-125 (79-125) cm, (10YR 4/4, úmida e 10YR 5/4, seca); areia, maciça que se desfaz em em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara.
- C4 125-175 cm, (10YR 3/4, úmida e 10YR 4/4, seca); areia, maciça que se desfaz em em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara.
- C5 175-210<sup>+</sup> cm, (10YR 5/3, úmida e 10YR 6/3, seca); areia, maciça que se desfaz em em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara.



**PERFIL P02**

DATA: 08/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Ortico típico, textura arenosa, A fraco, bem drenado, não pedregoso, floresta de pinus, relevo plano.

COORDENADAS – 26°29'54.61" S ; 48°43'16.21" O.

MUNICÍPIO – Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico com relevo plano, reflorestamento de pinus.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE – ≈11 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Restinga Arbórea (secundária)

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Jaime Antonio de Almeida, Ricardo Clair Basso e Pablo Vidal-Torrado.*

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A 0-10 cm, (10YR 4/1, úmida e 10YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual.
- EA 10-40 cm, (10YR 5/1, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara.
- E 40-70 (40-170) cm, (7,5YR 3/2, úmida e 7,5YR 5/1, seca); areia, maciça que se desfaz em em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual.
- Bh 70-170 (120-140) cm, (7,5YR 3/1, úmida e 7,5YR 5/3, seca); areia, maciça, firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e difusa.
- Bhm 170-200<sup>+</sup> cm, (7,5YR 2,5/2, úmida e 10YR 4/3, seca); areia, maciça, muito firme, não plástico, não pegajoso.

## **DESCRIÇÃO GERAL**

### **PERFIL P03**

DATA: 09/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ORGANOSSOLO HÁPLICO Fíbrico típico, A hístico, mal drenado, não pedregoso, vegetação típica de áreas alagadas, relevo plano.

COORDENADAS – 26°29'56.40" S ; 48°43'13.83" O.

MUNICÍPIO – Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em ambiente paludial sob Terraço Marinho Pleistocênico, vegetação restinga.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE – ≈10 metros

LITOLOGIA – Sedimentos paludiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos paludiais holocênico

PERÍODO – Quaternário

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Paludiais

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga herbácea-arbustiva

USO ATUAL – Restinga Arbórea (secundária)

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Jaime Antonio de Almeida, Ricardo Clair Basso e Pablo Vidal-Torrado.*

## **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- H1 0-25 cm, (7,5YR 2,5/0, úmida e 7,5YR 2,5/3, seca);
- H2 25-45 cm, (2,5YR 2,5/0, úmida e 7,5YR 2,5/2, seca);
- H3 45-75 cm, (5YR 2,5/0, úmida e 5YR 3/1, seca);
- H4 75-110<sup>+</sup> cm, (10YR 2/0, úmida e 10YR 2/1, seca);

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P04**

DATA: 08/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Ortico dúrico, textura arenosa, A fraco, bem drenado, não pedregoso, floresta de pinus, relevo plano.

COORDENADAS – 26°30'22.98" S ; 48°42'47.56" O.

MUNICÍPIO – Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico com relevo plano, reflorestamento de pinus.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE – ≈11 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Restinga Arbórea (secundária)

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Jaime Antonio de Almeida, Ricardo Clair Basso e Pablo Vidal-Torrado.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-20 cm, (10YR 4/1, úmida e 7,5YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual.
- E1 20-70 cm, (10YR 7/2, úmida e 10YR 7/2, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e abrupta.
- Bh 70-75 cm, (10YR 3/1, úmida e 10YR 5/1, seca); areia, maciça que se desfaz em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e abrupta.
- Bhm 75-100 cm, (10YR 2,5/1, úmida e 10YR 4/3, seca); areia, maciça e firme a muito firme, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara a gradual.
- BhE 105-150 cm, (7YR 3/1, úmida e 7,5YR 4/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição descontínua e clara a gradual.
- EBh 115-145 cm, (7,5YR 3/1, úmida e 7,5YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, transição descontínua e clara gradual.
- E2 101-140 cm, (7,5YR 6/2, úmida e 10YR 7/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara a gradual
- BhBhm 110-170<sup>+</sup> cm, (10YR 2/0, úmida e 7,5YR 2,5/2, seca); areia, maciça, firme, não plástico, não pegajoso.

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P05**

DATA: 09/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – NEOSSOLO QUARTAZARÊNICO Órtico típico, textura arenosa, A moderado, bem drenado, não pedregoso, reflorestamento de pinus, relevo plano.

COORDENADAS – 26°24'52.60" S ; 48°38'59.57" O.

MUNICÍPIO – Balneário Barra do Sul

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Plesitocênico dissecado com relevo plano, vegetação secundária de Restinga Arbórea.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE –  $\approx$  9 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos-Eólico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Reflorestamento de pinus

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR *Daniel Alexandre Heberle, Jaime Antonio de Almeida, Ricardo Clair Basso e Pablo Vidal-Torrado.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |    |   |
|----|---|
| Ap | 0-10 cm, (10YR 5/2, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara;        |
| A2 | 10-20 cm, (10YR 3/1, úmida e 10YR 4/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara;       |
| AC | 20-35 cm, (7,5YR 4/2, úmida e 10YR 5/2, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara;      |
| CA | 35-55 cm, (10YR 4/4, úmida e 10YR 5/4, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;     |
| C1 | 55-78 cm, (10YR 4/6, úmida e 10YR 5/4, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;     |
| C2 | 78 – 115 cm, (7,5YR 3/3, úmida e 10YR 4/4, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual; |
| C3 | 115-165 <sup>+</sup> cm, (7,5YR 3/3, úmida e 10YR 4/43, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso.               |

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P06**

DATA: 09/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Órtico dúrico, textura arenosa, A fraco, bem drenado, não pedregoso, floresta de pinus, relevo plano.

COORDENADAS – 26°25'3.92" S ; 48°38'56.17" O.

MUNICÍPIO – Balneário Barra do Sul

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico dissecado com relevo plano, reflorestamento de pinus.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE –  $\approx$ 10 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Reflorestamento de pinus

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Jaime Antonio de Almeida, Ricardo Clair Basso e Pablo Vidal-Torrado.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap 0-10 cm, (7,5YR 4/1, úmida e 7,5YR 5,5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual;
- A2 10-20 cm, (7,5YR 4/2, úmida e 7,5YR 5,5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual;
- E 20-40 cm, (10YR 7/2, úmida e 7,5YR 7/1, seca); areia, maciça que se desfaz em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição irregular e abrupta.
- Bh1 40-45 cm, (7,5YR 3/2, úmida e 7,5YR 5/2, seca); areia, maciça e friável, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara a gradual;
- Bhs1 45-90 cm, (7,5YR 3/1, úmida e 10YR 3/2, seca); areia, maciça e firme a muito firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e descontínua e clara;
- Bhsm 70-90 cm, (7,5YR 3/1, úmida e 10YR 4/4, seca); areia, maciça e muito firme a extremamente firme, transição descontínua e clara gradual;
- Bhs2 55-110 cm, (7,5YR 3/2, úmida e 7,5YR 4/2, seca); areia, maciça e firme a muito firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e descontínua e clara;

BhBhm 110-120 cm, (7,5YR 3/1, úmida e 7,5YR 4/1, seca); areia, maciça, firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e gradual

Bh2 110-130<sup>+</sup> cm, (10YR 3/4, úmida e 10YR 5/3, seca); areia, maciça e friável, não plástico, não pegajoso.



## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P07**

DATA: 10/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Hidromórfico dúrico, textura arenosa, A fraco, mal drenado, não pedregoso, floresta nativa de restinga, relevo plano.

COORDENADAS: 26°25'10.37" S ; 48°38'38.97" O.

MUNICÍPIO: Balneário Barra do Sul

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico dissecado com relevo plano, reflorestamento de pinus.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE –  $\approx$  8 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Mata nativa de restinga

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Jaime Antonio de Almeida, Ricardo Clair Basso e Pablo Vidal-Torrado.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A     0-12 cm, (10YR 5/1, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;
- EA    12-20 cm, (10YR 6/1, úmida e 7,5YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual;
- E     20-35 cm, (10YR 7/1, úmida e 7,5YR 7/1, seca); areia, maciça que se desfaz em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição irregular e abrupta.
- Bh1   35-45 cm, (10YR 2/2, úmida e 7,5YR 3/2, seca); areia, maciça e friável, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara;
- Bhsm 45-70 cm, (5YR 2,5/2, úmida e 10YR 4/4, seca); areia, maciça e firme a muito firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e descontínua e clara;
- Bhm   85-100 cm, (10YR 2/0, úmida e 10YR 3/2, seca); areia, maciça e muito firme a extremamente firme, transição descontínua e clara gradual;
- BhE   65-80 cm, (10YR 2/0, úmida e 7,5YR 6/1, seca); areia, maciça e firme a muito firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e descontínua e clara.

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P08**

DATA: 10/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Hidromórfico dúrico, textura arenosa, A fraco, mal drenado, não pedregoso, floresta nativa de restinga, relevo plano.

COORDENADAS: 26°23'8.46" S ; 48°43'44.73" O.

MUNICÍPIO: Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico dissecado com relevo plano, reflorestamento de pinus.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE –  $\approx$  7 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Mata secundária

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Jaime Antonio de Almeida, Ricardo Clair Basso e Pablo Vidal-Torrado.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-12 cm, (10YR 3/1, úmida e 10YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;
- EA 12-25 cm, (10YR 5/1, úmida e 7,5YR 7/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e abrupta;
- BhE 25-27 cm, (10YR 5/2, úmida e 7,5YR 7/1, seca); areia, maciça que se desfaz em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e abrupta.
- Bh 27-60 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 3/2, seca); areia, maciça e friável, não plástico, não pegajoso, transição gradual e clara;
- Bhsm 60-75 cm, (5YR 2 /2, úmida e 10YR 4/2, seca); areia, maciça e firme, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara;
- Bhs 75-115 cm, (10YR 3/1, úmida e 10YR 4/2, seca); areia, maciça e firme, transição descontínua e abrupta;
- C 115-145<sup>+</sup> cm, (2,5YR 5/4 úmida e 2,5YR 7/3, seca); areia, maciça e firme a muito firme, não plástico, não pegajoso.

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P09**

DATA: 15/12/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – NEOSSOLO QUARTAZARÊNICO Órtico típico, textura arenosa, A moderado, bem drenado, não pedregoso, em regeneração, relevo plano.

COORDENADAS – 26°22'17.26" S ; 48°42'16.50" O.

MUNICÍPIO – Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico dissecado com relevo plano, vegetação secundária de Restinga Arbórea em regeneração.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE –  $\approx$  8 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos-Eólico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Reflorestamento de pinus

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR *Daniel Alexandre Heberle e Jaime Antonio de Almeida.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-12 cm, (7,5YR 4/2, úmida e 7,5YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara;
- A2 12-25 cm, (7,5YR 3/2 úmida e 7,5YR 4/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;
- AC 25-30 cm, (7,5YR 4/3, úmida e 10YR 4/3, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;
- C1 30-90 cm, (7,5YR 5/8, úmida e 10YR 5/6, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;
- C2 90-165 cm, (7,5YR 4/3, úmida e 10YR 5/4, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual;
- C3 165 – 185<sup>+</sup> cm, (7,5YR 5/6, úmida e 10YR 5/6, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual.

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P10**

DATA: 10/10/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico, textura arenosa, A fraco, mal drenado, não pedregoso, floresta nativa de restinga, relevo plano.

COORDENADAS: 26°27'9.63" S ; 48°42'54.64" O.

MUNICÍPIO: Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico com relevo plano, vegetação nativa.

COBERTURA VEGETAL – Floresta de Restinga preservada

ALTITUDE –  $\approx$  10 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Mata nativa de restinga

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Ricardo Clair Basso e Jaime Antonio de Almeida.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-15 cm, (7,5YR 4/1, úmida e 7,5YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;
- A2 15-30 cm, (7,5YR 5/1, úmida e 7,5YR 7/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual;
- E1 30-60 cm, (7,5YR 6/1, úmida e 7,5YR 7/0, seca); areia, granular pequena e grãos simples não plástico, não pegajoso, transição irregular e abrupta.
- Bh1 60-70 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 4/3, seca); areia, maciça e friável, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara;
- Bh2 70-80 cm, (7,5YR 3/1, úmida e 7,5YR 5/1, seca); areia, maciça e firme a muito firme, não plástico, não pegajoso;
- E2 88-100 cm, (7,5YR 6/1, úmida e 7,5YR 7/0, seca); areia, granular pequena e grãos simples, transição descontínua e clara gradual;

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P11**

DATA: 15/12/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – NEOSSOLO QUARTAZARÊNICO Órtico típico, textura arenosa, A moderado, bem drenado, não pedregoso, reflorestamento, relevo plano.

COORDENADAS – 26°31'22.37" S ; 48°41'54.47" O.

MUNICÍPIO – Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico dissecado com relevo plano, vegetação secundária de Restinga Arbórea em regeneração.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE –  $\approx$  7 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos-Eólico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Reflorestamento (recém colhido)

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR *Daniel Alexandre Heberle, Ricardo Clair Basso e Jaime Antonio de Almeida.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |    |   |
|----|---|
| Ap | 0-20 cm, (7,5YR 5/3, úmida e 7,5YR 6/3, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara; |
| AC | 20-35 cm, (7,5YR 4/4 úmida e 7,5YR 5/4, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara; |
| C1 | 35-80 cm, (7,5YR 4/6, úmida e 10YR 5/6, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;  |
| C2 | 80-140 <sup>+</sup> cm, (7,5YR 4/6, úmida e 10YR 5/6, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico.                             |

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P12**

DATA: 16/12/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico, textura arenosa, A fraco, mal drenado, não pedregoso, reflorestamento de eucalipto, relevo plano.

COORDENADAS: 26°27'9.63" S ; 48°42'54.64" O.

MUNICÍPIO: Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico dissecado com relevo plano, vegetação nativa.

COBERTURA VEGETAL – Floresta de Restinga preservada

ALTITUDE –  $\approx$  5 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Reflorestamento

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Ricardo Clair Basso e Jaime Antonio de Almeida.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |     |   |
|-----|---|
| Ap  | 0-20 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual;     |
| A2  | 20-40 cm, (7,5YR 2,5/1, úmida e 7,5YR 4/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara; |
| E1  | 40-50 cm, (7,5YR 3/1, úmida e 7,5YR 6/0, seca); areia, grãos simples não plástico, não pegajoso, transição irregular e abrupta.                     |
| Bh1 | 30-80 cm, (10YR 2/0, úmida e 10YR 4/1, seca); areia, maciça e friável, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara;                     |
| Bh2 | 70-100 cm, (10YR 2/2, úmida e 10YR 4/4, seca); areia, maciça e firme, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;                       |
| E2  | 100-120 cm, (10YR 4/3, úmida e 10YR 6/3, seca); areia, granular pequena e grãos simples, transição ondulada e clara;                                |
| Bhm | 110-130 cm, (10YR 4/3, úmida e 10YR 3/2, seca); areia, maciço, extremamento firme.  |

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P13**

DATA: 16/12/2014

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico, textura arenosa, A fraco, mal drenado, não pedregoso, mata nativa borda de reflorestamento, relevo plano.

COORDENADAS: 26°31'35.49" S ; 48°41'40.96" O.

MUNICÍPIO: Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico dissecado com relevo plano, vegetação nativa.

COBERTURA VEGETAL – Floresta de Restinga preservada

ALTITUDE –  $\approx$  8 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Mata secundária

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle, Ricardo Clair Basso e Jaime Antonio de Almeida.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |     |   |
|-----|---|
| Ap  | 0-10 cm, (10YR 4/1, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, friável, transição plana e clara; |
| A2  | 10-25 cm, (7,5YR 2,5/1, úmida e 7,5YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, friável, plana e clara;      |
| EA  | 25-29 cm, (10YR 2/2, úmida e 10YR 5/2, seca); areia, grãos simples não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara.                          |
| E   | 29-40 cm, (10YR 3/2, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, grãos simples não plástico, não pegajoso, transição ondulada e abrupta.                        |
| Bh1 | 40-46 cm, (10YR 2/2, úmida e 10YR 4/1, seca); areia, maciça e friável, não plástico, não pegajoso, transição plana a ondulada e gradual;            |
| Bh2 | 46-60 cm, (10YR 2/0, úmida e 10YR 3/1, seca); areia, maciça e firme, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;                        |
| Bhm | 60-100 cm, (10YR 2/0, úmida e 2,5YR 3/2, seca); areia, maciço, extremamente firme.  |



## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P14**

DATA: 03/01/2016

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO FERRI-HUMILÚVICO Órtico típico, textura arenosa, A fraco, bem drenado, não pedregoso, mata nativa borda de reflorestamento, relevo plano.

COORDENADAS: 26°28'43.17" S ; 48°39'37.26" O.

MUNICÍPIO: Balneário Barra do Sul

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico dissecado com relevo plano, vegetação nativa.

COBERTURA VEGETAL – Floresta de Restinga preservada

ALTITUDE –  $\approx$  8 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Mata preservada

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle e Elaine dos Santos Heberle.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-15 cm, (10YR 4/1, úmida e 10YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, friável, transição ondulada e clara;
- EA 15-30 cm, (10YR 5/2, úmida e 7,5YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, ondulada e clara;
- E 30-50 cm, (10YR 6/2, úmida e 7,5YR 6/1, seca); areia, grãos simples não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara.
- Bhs1 50-65 cm, (7,5YR 3/1, úmida e 10YR 3/2, seca); areia, maciça e firme, não plástico, não pegajoso, transição plana a ondulada e abrupta;
- Bhs2 65-100 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 2/2, seca); areia, maciça e firme, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;
- Bh 100-110<sup>+</sup> cm, (10YR 2/1, úmida e 7,5YR 3/1, seca); areia, maciço e firme.

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P15**

DATA: 04/01/2016

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Ortico dúbico, textura arenosa, A fraco, bem drenado, não pedregoso, mata nativa, relevo plano.

COORDENADAS – 26°28'45.91" S ; 48°43'58.52" O.

MUNICÍPIO – Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Pleistocênico com relevo plano, reflorestamento de pinus.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE – ≈10 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos Praiais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Praiais Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Restinga Arbórea (secundária)

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle e Elaine dos Santos Heberle.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |      |  |
|------|--|
| A    | 0-10 cm, (10YR 2/1, úmida e 7,5YR 5/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;       |
| EA   | 10-15 cm, (10YR 6/2, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;       |
| E    | 15-35 cm, (10YR 7/1, úmida e 10YR 3/2, seca); areia, maciça que se desfaz em grão simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e abrupta; |
| Bh1  | 35-50 cm, (7,5YR 2/1, úmida e 7,5YR 3,5/2, seca); areia, maciça e firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara;                    |
| Bhm1 | 50-110 cm, (10YR 2/1, úmida e 7,5YR 3/2, seca); areia, maciça e muito firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara;                |
| Bh2  | 110-135 cm, (10YR 2/1, úmida e 7,5YR 4/2, seca); areia, maciça e firme, não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara.                     |
| Bhm2 | 135-180 <sup>+</sup> cm, (10YR 2/2, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, maciça, muito firme, não plástico, não pegajoso.                                 |

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P16**

DATA: 24/02/2016

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico, textura arenosa, A moderado, mal drenado, não pedregoso, vegetação arbórea, relevo plano.

COORDENADAS – 26°23'24.30" S ; 48°41'53.73" O.

MUNICÍPIO – Araquari

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Terraço Marinho Plesitocênico dissecado com relevo plano, vegetação secundária de Restinga Arbórea em regeneração.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE –  $\approx$  6 metros

LITOLOGIA – Sedimentos Marinhos-Eólico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Marinho Pleistocênico

PERÍODO – Quaternário Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Marinhos

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Floresta Nativa

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR *Daniel Alexandre Heberle e Elaine dos Santos Heberle.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |     |   |
|-----|---|
| A   | 0-10 cm, (10YR 3/1, úmida e 10 YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;    |
| AE  | 10-25 cm, (10YR 3/2 úmida e 10YR 5/2, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual;   |
| Bh1 | 25-60 cm, (10YR 3/3, úmida e 10YR 5/3, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;    |
| Bh2 | 60-75 cm, (7YR 2,5/2, úmida e 10YR 4/3, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e gradual; |
| Bh3 | 75-95 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 3/2, seca); areia, granular pequena e grãos simples, não plástico, não pegajoso.                                |

## DESCRIÇÃO GERAL

### **PERFIL P17**

DATA: 24/02/2016

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Ortico dúrico, textura arenosa, A fraco, mal drenado, não pedregoso, mata nativa, relevo plano.

COORDENADAS – 26°30'23.93" S ; 48°38'1.18" O.

MUNICÍPIO – Balneário Barra do Sul

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Planície Lagunar com relevo plano, vegetação natural.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE – ≈3 metros

LITOLOGIA – Sedimento Lagunar

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Lagunares

PERÍODO – Quaternário (Holoceno)

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos Praias marinhos misturados com lagunares

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Restinga Arbórea (secundária)

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle e Elaine dos Santos Heberle.*

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A     0-20 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 4/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, friável não plástico, não pegajoso, transição irregular e clara;
- E     20-40 cm, (10YR 5/1, úmida e 10YR 6/1, seca); areia, granular pequena e grãos simples, friável não plástico, não pegajoso, transição plana e clara;
- Bh1   40-50 cm, (10YR 3/1, úmida e 7,5YR 4/1, seca); areia, maciça e friável, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara;
- Bh2   50-65 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 2/2, seca); areia, maciça e firme, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara;
- Bhm   65-100 cm, (7,5YR 2,5/3, úmida e 10YR 4/4, seca); areia, maciça e muito firme, não plástico, não pegajoso, transição plana e difusa;
- C     100-120<sup>+</sup> cm, (10YR 3/3, úmida e 2,5YR 5/3, seca); areia, maciça, muito firme, não plástico, não pegajoso.

**PERFIL P18**

DATA: 24/02/2016

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico organossólico, textura siltosa a areno-siltosa, A húmico, mal drenado, não pedregoso, mata nativa, relevo plano.

COORDENADAS – 26°32'4.09" S ; 48°39'20.05" O.

MUNICÍPIO – Balneário Barra do Sul

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira, em Planície Lagunar com relevo plano, vegetação natural.

COBERTURA VEGETAL – Floresta Secundária de Restinga

ALTITUDE – ≈3 metros

LITOLOGIA – Sedimento Lagunar

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos Lagunares

PERÍODO – Quaternário (Holoceno)

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos lagunares

PEDREGOSIDADE – Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano

RELEVO REGIONAL – Plano

EROSÃO – Ausente

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Restinga Arbórea

USO ATUAL – Restinga Arbórea (secundária)

CLIMA – Cfa, classificação de Köppen, precipitação médio anual de 1.745 mm e temperatura média anual de 21,1 °C

DESCRITO E COLETADO POR – *Daniel Alexandre Heberle e Elaine dos Santos Heberle.*

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A 0-10 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 4/2, seca); húmico siltoso, maciço, friável não plástico, não pegajoso, transição irregular e gradual;
- ACg 10-25 cm, (10YR 2/2, úmida e 10YR 4/2, seca); siltosomacioso, friável não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual;
- Cg1 25-65 cm, (10YR 2/2, úmida e 10YR 4/2, seca); siltoso, maciço e friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, transição ondulada e clara;
- Cg2 65-82 cm, (10YR 2/1, úmida e 10YR 4/1, seca); areia siltosa, maciça, não plástico, não pegajoso, transição ondulada e clara;
- Cg3 82-110 cm, (2,5YR 2,5/1, úmida e 2,5YR 4/1, seca); areia, maciça e muito firme, não plástico, não pegajoso.