

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Sistemas pedológicos e reconstituição paleoambiental em depressões nos  
Tabuleiros Costeiros do Extremo Sul da Bahia**

**Wander Murilo Alves Pereira**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e  
Nutrição de Plantas

**Piracicaba**  
**2019**

**Wander Murilo Alves Pereira**  
**Agrônomo**

**Sistemas pedológicos e reconstituição paleoambiental em depressões nos  
Tabuleiros Costeiros do Extremo Sul da Bahia**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **PABLO VIDAL TORRADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências. Área de concentração: Solos e  
Nutrição de Plantas

**Piracicaba**  
**2019**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Pereira, Wander Murilo Alves

Sistemas pedológicos e reconstituição paleoambiental em depressões nos Tabuleiros Costeiros do Extremo Sul da Bahia / Wander Murilo Alves Pereira. -  
- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - -  
Piracicaba, 2019.

89 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Espodossolos 2. Organossolos 3. Fitólitos 4. Grupo Barreiras I. Título

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Dr. Pablo Vidal Torrado, por me auxiliar neste processo. Pela amizade, compreensão, paciência, ensino e oportunidades concedidas.

À Dra. Márcia Regina Calegari pela amizade, conselhos e grande ajuda na coorientação deste trabalho.

A todos os meus familiares, em especial à minha esposa Alessandra e filhas Mirela e Milena.

Ao Dorival pela grande ajuda nos trabalhos de campo. Bem como ao Victor Maciel e a todos os funcionários do Parque Nacional do Descobrimento.

Aos funcionários do Departamento de Solos: Luiz Silva, Nivanda, Rossi, Leandro, Chiquinho e Sônia, pelo convívio e ajuda nas atividades dos laboratórios.

Aos amigos do grupo de pesquisa: Mariane, Sara, Beatriz, Ana Bárbara, Dani, Taís, Karina e Júlio, pela colaboração e amizade.

Por fim a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado!

## SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS.....	5
LISTA DE QUADROS.....	7
LISTA DE TABELAS .....	8
RESUMO .....	9
ABSTRACT.....	10
1.INTRODUÇÃO .....	11
2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO .....	15
2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA .....	15
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1. RECONHECIMENTO DA PAISAGEM E PROCEDIMENTOS DE CAMPO .....	19
3.2. ANÁLISES LABORATORIAIS (FÍSICA E QUÍMICAS) .....	19
3.3. ANÁLISE ISOTÓPICA .....	20
3.4. ANÁLISE FITOLÍTICA .....	20
3.5. DATAÇÃO POR LOE .....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1. CARACTERIZAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DAS DEPRESSÕES .....	25
4.2. EVOLUÇÃO DAS DEPRESSÕES .....	62
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS.....	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Parque Nacional do Descobrimento (Prado BA).....	15
Figura 2: Distribuição de estratos geológicos do Oligo-Mioceno e Mioceno ao longo a margem continental do Brasil com as respectivas altitudes..	187
Figura 3: Totais médios de chuva em Prado, BA.....	18
Figura 4: Disposição das depressões no setor da área do estudo dentro do PARNA do Descobrimento; (B) Vista do dossel da Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixa a partir da torre de observação na área do estudo e (C) Vista do interior da Floresta na área do estudo.	26
Figura 5: Aspecto da vegetação: (A) Borda da depressão 1 e, (B) do Centro da depressão1. C) Arecaceae (palmeira) na borda da depressão 1; (D) da borda da depressão, (E) Esfagno (Sphagnum) - Musgo predominante no interior da depressão 2.....	28
Figura 6: Representação bidimensional da Topossequência na Depressão 1 (D1) e posição dos perfis estudados.	29
Figura 7: Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) e relação C/N do Perfil 1 - Topossequencia 1 (D1P1).....	34
Figura 8: Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) e relação C/N do Perfil 4 - Topossequencia 1 (D1P4).....	35
Figura 9: Principais morfotipos de fitólitos encontrados no perfil – D1P1.....	36
Figura 10: Análise dos componentes principais (PCA) - D1P1.....	37
Figura 11: Análise de Agrupamentos Hierárquicos - D1P1.....	37
Figura 12: Distribuição da assembléia fitolítica (em %), dados isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e zonas fitolíticas do perfil de Argissolo Amarelo (D1P1) .....	39
Figura 13: Principais morfotipos de fitólitos encontrados no perfil – D1P4.....	40
Figura 14: Análise dos componentes principais (PCA) - D1P4.....	411
Figura 15: Análise de Agrupamentos Hierárquicos - D1P4.....	411
Figura 16: Distribuição da assembléia fitolítica (em %), dados isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e zonas fitolíticas do perfil de Organossolo Háptico Sáprico típico (D1P4).....	42
Figura 17: Representação bidimensional da Topossequência da depressão 2.....	455
Figura 18: Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) e relação C/N do Perfil 1 - Topossequencia 2 (D2P1).....	53
Figura 19: Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (‰) e relação C/N do Perfil 4 - Topossequencia 2 (D2P4).....	54
Figura 20: Principais morfotipos de fitólitos encontrados no perfil – D2P1.....	55

Figura 21: Análise dos componentes principais (PCA) – D2P1 .....	566
Figura 22: Análise de Agrupamentos Hierárquicos – D2P1.....	566
Figura 23: Assembléia fitolítica (em %) do perfil D2P1 .....	57
Figura 24: Principais morfotipos de fitólitos encontrados no perfil – D2P4. ....	59
Figura 25: Análise dos componentes principais (PCA) – D2P4.....	60
Figura 27: Assembléia fitolítica (em %) do perfil D2P4. ....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Representação dos agrupamentos de morfotipos de fitólitos e seu significado taxonômico. ....	21
Quadro 2: Dados das amostras selecionadas para datação LOE. ....	23



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Composição granulométrica e textural dos perfis descritos na depressão 1.....	30
Tabela 2: Atributos químicos dos perfis de solos da depressão 1.....	31
Tabela 3: Classificação das turfas pelo grau de decomposição, segundo Von Post – D1P4 (Organossolo Háptico Sáprico típico).....	33
Tabela 4: Composição granulométrica e textural dos perfis descritos na depressão 2.....	466
Tabela 5: Atributos químicos dos perfis de solos da depressão 2.....	48
Tabela 6: D2 P4 – Classificação das turfas pelo grau de decomposição, segundo Von Post - Organossolo Háptico Sáprico típico. ....	52
Tabela 7: Resultados da datação por LOE .....	63

## RESUMO

### **Sistemas pedológicos e reconstituição paleoambiental em depressões nos Tabuleiros Costeiros do Extremo Sul da Bahia**

A ocorrência de depressões fechadas, sistemas endorréicos superficiais, tem sido citada em várias partes do mundo. Nos Tabuleiros Costeiros do Brasil, onde também pode ser observada a presença destas depressões, estas feições geomórficas são conhecidas pela denominação de muçununga e/ou campos nativos ou simplesmente nativos. São consideradas enclaves de vegetação savânica em meio à Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas do Bioma Mata Atlântica, variando desde formações graminóides até florestadas. Além de representarem importantes áreas para o estudo da reconstituição paleoambiental, possuem drenagem centrípeta, o que faz com que os materiais advindos do solo circundante fiquem armazenados na depressão, gerando importantes arquivos de *proxies* ambientais. A área em estudo situa-se no município de Prado - BA no Parque Nacional do Descobrimento, em meio à Mata Atlântica em bom estado de conservação. Foram estudadas duas depressões, uma com regime hídrico hiper concentrador e outra com regime hídrico concentrador. Desse modo, este trabalho tem como objetivo, relacionar os conteúdos fitolíticos e isotópicos dos solos do topo e da base da catena de duas depressões com a reconstituição paleoambiental. Foram realizadas análises fitolíticas, isotópicas e datação por LOE, bem como análises granulométrica e químicas para caracterização dos solos. O sistema pedológico dominante nas duas muçunungas estudadas é de Argissolo Amarelo-Espodossolo-Organossolo com clara influência da drenagem na expressão dos organossolos. Na escala da paisagem, observou-se haver um alinhamento preferencial das depressões, tendo o seu início mais ligado a neotectônica do que ao clima, a partir de um ajuste estrutural, inicialmente seguindo a disposição de falhas e fraturas geológicas. Apesar da vegetação atual nas duas depressões ser de porte graminóide a arbustivo (savânica), diferentes das áreas florestadas ao entorno, os resultados isotópicos apresentaram valores de  $\delta^{13}\text{C}$  acima de  $-27,73\%$ , padrão para plantas de ciclo fitossintético  $\text{C}_3$ , o que comparando com os resultados de  $\delta^{15}\text{N}$ , C/N e fitolíticos, mostraram em profundidade condições menos hidromórficas que as atuais, demonstrando que nestes locais eram ocupados antes por florestas, sugerindo que estas depressões estão em processo de expansão.

Palavras-chave: Espodossolos; Organossolos; Fitólitos; Grupo Barreiras

## ABSTRACT

### **Pedological systems and paleoenvironmental reconstruction in depressions in the Coastal Tablelands of the Extreme South of Bahia**

The occurrence of closed depressions, superficial endorheic systems, has been reported in several parts of the world. In the Coastal Tablelands of Brazil, where the presence of these depressions can also be observed, these geomorphic features are known by the name of *muçununga* and/or native or simply native fields. They are considered enclaves of savanna vegetation in the middle of the Dense Ombrophilous Lowland Forest of the Atlantic Forest Biome, varying from graminoid to forested formations. Besides representing important areas for the study of paleoenvironmental reconstruction, they have centripetal drainage, which causes that the materials coming from the surrounding soil are stored in the depression, generating important files of environmental proxies. The study area is located in the municipality of Prado - BA in the National Park of Discovery, in the middle of the Atlantic Forest in good condition. Two depressions were studied, one with a hyper concentrating water regime and the other with a concentrating water regime. In this way, this work aims to relate the phytolytic and isotopic contents of the soils of the top and the base of the catena of two depressions with the paleoenvironmental reconstitution. Phytolytic, isotopic and LOE dating, as well as granulometric and chemical analyzes for soil characterization were performed. The dominant pedological system in the two studied *muçunungas* is of Argissolo Amarelo-Espodossolo-Organossolo with clear influence of the drainage in the expression of the Organossolos. In the landscape scale, there was a preferential alignment of the depressions, whose beginning was more connected to neotectonics than to the climate, starting from a structural adjustment, initially following the arrangement of faults and geological fractures. Although the present vegetation in the two depressions is of graminoid to shrub (savanna), different from the forested areas to the surroundings, the isotopic results presented values of  $\delta^{13}\text{C}$  above  $-27.73\text{ ‰}$ , standard for plants of  $\text{C}_3$  phytosynthetic cycle, which comparing with the results of  $\delta^{15}\text{N}$ , C / N and phytolithic, showed in depth less hygromorphic codings than the present ones, demonstrating that in these places they were previously occupied by forests, suggesting that these depressions are in the process of expansion.

Keywords: Espodossolos; Organossolos; Phytoliths; Group Barreiras

## 1. INTRODUÇÃO

Os campos nativos ou muçunungas que, ocupam depressões sob vegetação florestada nos Tabuleiros Costeiros do Sudeste do Brasil, apresentam características distintas e únicas dentro da Mata Atlântica e sua dinâmica no espaço e no tempo permanece incógnita. Esta fitofisionomia pode estar associada a origem e evolução das depressões que, até o momento também, são pouco compreendidas. Na unidade dos Tabuleiros Costeiros os Latossolos e Argissolos Amarelos são os solos predominantes com área de 67,5% e 25%, respectivamente (JACOMINE, 1996). Também, podem ser encontrados em menor proporção, Argissolos Vermelho-Amarelos, Plintossolos, Gleissolos, Espodossolos e Organossolos, geralmente associados a depressões em meio ao relevo predominante plano dos Tabuleiros (JACOMINE, 1996; RIBEIRO, 1998; ARAÚJO FILHO, 2003; CORREA et al., 2008; VIEIRA, 2013; GOMES et al., 2017).

Depressões geomorfologicamente fechadas são formas do relevo onde as encostas circundam uma zona de deposição, e o sedimento proveniente da erosão das encostas é retido dentro deste sistema (GILLIJNS et al., 2005; XAVIER & COELHO NETTO, 2008). Fora do contexto dos relevos cársticos, onde a dissolução de rochas calcárias promove a ocorrência de colapsos na superfície formando as dolinas, as depressões fechadas têm sido identificadas em diferentes litologias (XAVIER & COELHO NETTO, 2008). Filizola & Boulet (1996) estudaram a presença de depressões fechadas em rochas sedimentares Terciárias e Quaternárias na bacia de Taubaté, município de Caçapava (SP) e destacaram que a subsidência geoquímica seria o mecanismo principal na origem dessas formas e que sua distribuição estaria relacionada aos lineamentos estruturais que favorecem a percolação vertical de água através do sistema de falhas, principalmente nas interseções dos falhamentos.

Coelho Netto (2003) em estudo realizado na bacia do rio Bananal no médio vale do rio Paraíba do Sul, indica a ocorrência de depressão fechada, localizada em posição de divisor, com ocorrências de rochas metamórficas, e a interpreta como *proto-vales* cuja evolução foi interrompida possivelmente por mudanças locais do regime hidrológico ou rebaixamento do nível freático regional, o que teria promovido sua estabilização. Esta autora sugere ainda que naquela área as concavidades estruturais (depressões abertas), suspensas ou ajustadas topograficamente aos fundos de vales principais, poderiam ter sua origem associada a abertura destes *proto-vales*. Em condições semelhante, Xavier & Coelho Netto (2008) estudaram depressões fechadas em segmentos de vertente da Mantiqueira do Médio Vale do rio Paraíba do Sul e da vertente Serra do Mar e concluíram que as depressões fechadas teriam

evoluído para concavidades estruturais suspensas ou ajustadas topograficamente ao vale adjacente.

A ocorrência de depressões (fechadas e abertas) na região dos Tabuleiros Costeiros (Formação Barreiras) ainda é pouco compreendida. Elas são comumente encontradas nas atuais áreas de preservação ambientais como a Reserva Natural da Vale (RNVALE) , em Linhares (BRUSTOLIN, 2016; CALEGARI et al., 2017), na Reserva Biológica Soretama, em Soretama (BUSO JUNIOR, 2010), no Estado do Espírito Santo e no Parque Nacional do Descobrimento, sul da Bahia. Apresentam formas que variam entre circulares, ameboides a alongadas (SAPORETTI JUNIOR, 2009) e têm drenagem centrípeta que favorece o acúmulo de água e sedimentos no fundo da depressão (VANWALLEGHEM et al., 2007). Essa conformação faz com que as depressões apresentem um domínio hidrológico concentrador a hiper concentrador de água (GIMENES, 2013) e permite a formação de solos em seu interior que costumam apresentar horizontes cimentados (FILIZOLA et al., 2001; MOREAU et al., 2006; CORRÊA et al., 2008), fazendo com que funcionem como um importante mecanismo de armazenamento de água, garantindo a qualidade e a quantidade do suprimento de água para a região (SAPORETTI JUNIOR, 2009) e que, mesmo em períodos de seca, sirvam de bebedouros para os animais, aspecto altamente relevante para ambientes naturais de refúgio de fauna silvestre, como no caso do Parque Nacional do Descobrimento, no Sul da Bahia, local desse estudo.

Portanto, as depressões representam importantes reservatórios de água tanto de superfície quanto subterrânea para nascentes, tornando cada vez mais imprescindível a sua preservação, em especial em áreas com estação seca definida e prolongada, além de constituírem em importantes áreas para o estudo da reconstituição paleoambiental (OLIVEIRA et al., 2009), uma vez que armazenam sedimentos oriundos da parte superior do relevo, gerando importantes arquivos de *proxies* ambientais.

No sul do Estado da Bahia essas depressões recebem a denominação de *muçununga*, palavra de origem tupi-guarani, referente à terra arenosa, úmida e fofa (FERREIRA, 1986). Em uma observação empírica, muitas vezes se pode confundir a vegetação da muçununga como uma área antropizada, que foi desmatada e está em estágio de regeneração (SARCINELLI, 2010). Mas não é isso que os estudos sobre a flora das muçunungas têm demonstrado: São consideradas enclaves de vegetação savânica em meio à Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (MEIRA NETO et al., 2005, SARCINELLI, 2010), variando desde formações graminóides até florestadas (MEIRA NETO et al., 2005; SAPORETTI JUNIOR, 2009; BUSO JUNIOR, 2015). Tendo similaridade com a vegetação de Cerrado (MEIRA

NETO et al., 2005), Restinga (OLIVEIRA et al., 2010) e Mata Atlântica (SAPORETTI JUNIOR, 2009).

Como ecossistema associado a Mata Atlântica, a muçununga é o menos conhecido florística, estrutural e ecologicamente (SAPORETTI JUNIOR, 2009), o que justifica a necessidade de pesquisas sobre o detalhamento dessas fitofisiologias.

Pela falta de conhecimento, as muçunungas tornam-se ainda mais vulneráveis, pois devido a uma interpretação errada na lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, cap. 1 artigo 2º, as muçunungas não são reconhecidas como ecossistemas pertencentes à Mata Atlântica, (SARCINELLI, 2010), sendo submetidas à degradação, como desmatamentos, retirada de areia, pastejo de gado, fogo e abertura de estradas (SAPORETTI JUNIOR, 2009), correndo o risco de sua total destruição sem caracterizar crime, antes mesmo de serem reconhecidas (SARCINELLI, 2010), causando a perda permanente de espécies vegetais. Por isso, para que estas depressões tenham amparo na lei ambiental, é extremamente importante que sejam cada vez mais bem estudadas, para que através do conhecimento da real importância e fragilidade destes ecossistemas seja possível sensibilizar os órgãos governamentais para se criar um elaborado plano de conservação ambiental dos mesmos (SAPORETTI JUNIOR, 2009; SARCINELLI, 2010).

Trabalhos que têm como objetivo reconstituir as condições climáticas pretéritas representam uma importante fonte de dados para a compreensão das mudanças ambientais que ocorreram ao longo do tempo geológico, especialmente durante o Quaternário (LORENTE et al., 2014). Visando conhecer a evolução e trajetória espacial e temporal das áreas de campos nativos e muçunungas na Floresta Atlântica, estudos multiproxies têm sido desenvolvido em áreas de Reservas Naturais (Reserva Vale) em Soretama e Linhares (Estado do Espírito Santo) (BRUSTOLIN, 2013, 2016, BUSO JUNIOR et al., 2013a, 2013b; CALEGARI et al., 2017; FRANÇA et al., 2015; LORENTE et al., 2014, 2015, 2018). Como um dos valiosos *proxies* para essa reconstituição, os fitólitos (partículas de sílica opala depositados dentro e entre os tecidos vegetais) apresentam alta durabilidade, sendo preservados por muito tempo no solo após a morte da planta ou de parte dela (PIPERNO, 2006). A análise de fitólitos principalmente quando associada a análise isotópica, tem se constituído em uma importante ferramenta para estudos de reconstituição da vegetação e compreensão das alterações climáticas ao longo do tempo (CALEGARI et al., 2017).

Calegari et al. (2017) em estudos realizados em duas depressões em Linhares (Estado do Espírito Santo) inseridas na Mata de Tabuleiros. Das seis camadas analisadas na depressão Nativo Flamengo, apenas quatro amostras apresentaram fitólitos. Na depressão Brejo do Louro, das doze camadas analisadas, apenas quatro apresentaram fitólitos identificáveis. Em ambas as depressões a assembleia fitolítica é composta principalmente por arecaceae, poaceae e eudicotiledôneas. Calegari et al. (2017) também se referiu a quase completa ausência de fitólitos na parte inferior do perfil, devido a possíveis translocações verticais do processo de podzolização que ocorrem nos Espodosolos, que foi o solo encontrado nas depressões.

Fazendo uma comparação da análise fitolítica com a análise isotópica da matéria orgânica do solo das duas depressões estudadas, Calegari et al. (2017) sugerem a presença de plantas de ciclo fotossintético  $C_3$  (árvores e/ou gramíneas  $C_3$ ) em todo o perfil do solo. Pois os valores isotópicos de  $\delta^{13}C$  encontrados, variaram de -29,9‰ a -24,6‰ dentro do intervalo que definem as plantas de ciclo fotossintético  $C_3$ .

Buso Junior et al. (2013a) utilizaram os isótopos de carbono da matéria orgânica de solos sob diferentes coberturas vegetais (floresta de tabuleiro e muçununga) em Sooretama (Estado do Espírito Santo), apresentaram resultados tanto as áreas florestais quanto as áreas campestres são dominadas por plantas  $C_3$ , com valores de  $\delta^{13}C$  variando entre -35,82‰ e -25,33‰. Esse predomínio de plantas  $C_3$  é refletido na serapilheira dos pontos estudados, a qual apresentou valores entre -30,57‰ e -28,93‰.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo, relacionar os conteúdos fitolíticos e isotópicos dos solos do topo e da base da catena de duas depressões dos Tabuleiros Costeiros no extremos sul da Bahia com a reconstituição paleoambiental.

## 2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA O ESTUDO

### 2.1 Localização da área

O estudo foi realizado em duas depressões inseridas na unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros no sul da Bahia, geograficamente localizadas nas coordenadas 17° 07'08.1"S, 039° 22'34.0"W (depressão 1), e 17° 06'05.1"S, 039° 21'48.2"W (depressão 2), dentro do Parque Nacional do Descobrimento (Figura 1),

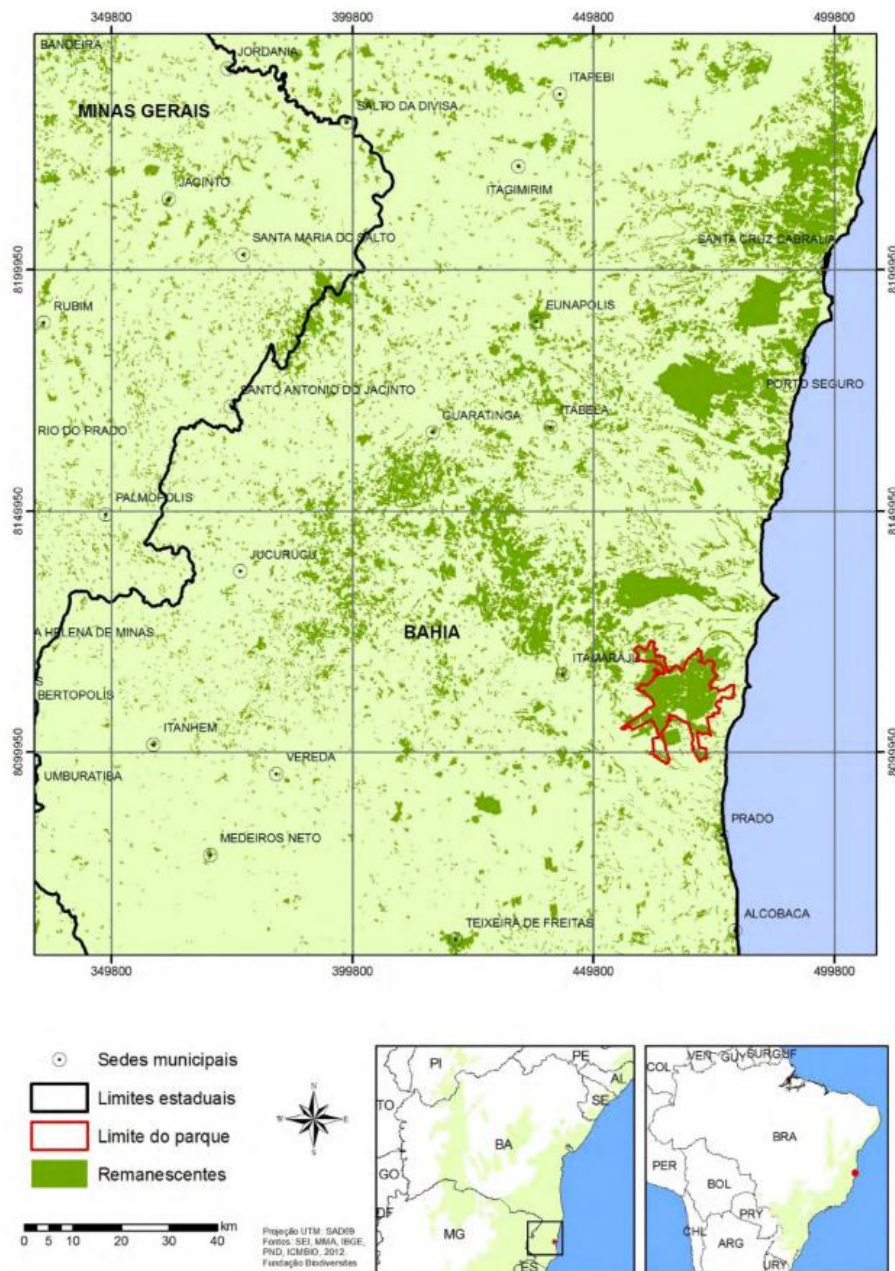


Figura 1: Localização do Parque Nacional do Descobrimento (Prado BA). Fonte: Plano de Manejo do PN do Descobrimento (ICMBIO, 2014).



As depressões escolhidas se encontram no Extremo Sul do estado da Bahia, em uma reserva ambiental nacional conhecida por PARNA (Parque Nacional) do Descobrimento. O parque destaca-se por suas dimensões, representando a maior unidade de conservação da Bahia e também de toda a região nordeste, sendo um dos últimos remanescentes de mata atlântica de Tabuleiros. Encontra-se localizado no município de Prado, sendo criado em 1999, possuindo hoje uma área de 21,129 ha destacada por seu bom estado de conservação (CORDEIRO, 2003).

## **2.2 Caracterização da área**

O estudo das depressões foi realizado na unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros, composta por sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras (MOREAU et al., 2006). Essa formação acompanha o litoral brasileiro desde o estado do Amapá até o Rio de Janeiro (Figura 2), de ocorrência quase contínua e de significativa regularidade geomorfológica (ARAI, 2006). É limitado à leste pelas planícies litorâneas e a oeste pelo embasamento cristalino proterozóico, ocupando cerca de 20 milhões de hectares. Sua espessura é variável, podendo atingir 100 metros acima do nível do mar. O mesmo acontece com sua largura que pode variar de 20 a 120 Km (EMBRAPA, 1977; JACOMINE, 1996; SAMPAIO et al., 2002).

Os sedimentos do Grupo Barreiras, principalmente entre o norte do Espírito Santo e Sul da Bahia, são formados por sequências de camadas de tamanhos e proporções diferenciadas, constituídos de materiais terrígenos, arenosos com matriz argilosa e materiais argilo-arenosos, bastante intemperizados (EMBRAPA, 1977; MABESOONE & ALHEIROS, 1988; BOULET et al, 1998; FILIZOLA et al., 2001; LIMA et al., 2006; MOREAU et al., 2006; CORREA et al., 2008; UCHA et al., 2010).

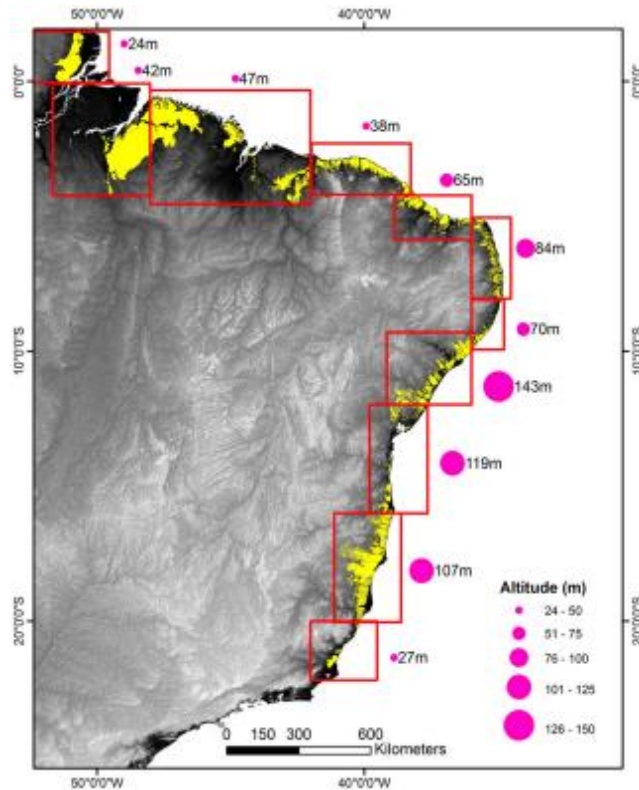


Figura 2. Distribuição de estratos geológicos do Oligo-Mioceno e Mioceno ao longo a margem continental do Brasil com as respectivas altitudes. Fonte: (ROSSETTI et al., 2013).

A geomorfologia dos Tabuleiros Costeiros é caracterizada por uma extensa área de topos planos a suave ondulados e uma superfície geral inclinada em direção ao litoral, com remanescentes do embasamento cristalino do Proterozóico, formando morros testemunhos (COSTA JUNIOR, 2008; UCHA et al., 2010; VIEIRA, 2013). Sua formação apresenta-se dissecada do tipo plana pouco dissecada e plana muito dissecada com entalhes de vertentes aprofundadas pelos rios com padrão de drenagem dendrítico-paralelo; por vezes entrecortados por vales profundos em forma de U nos rios maiores e por falésias e paleofalésias na borda do litoral tomando a forma de tabuleiro (COSTA JUNIOR, 2008; DOMINGUEZ, 2008; RIBEIRO, 2010; UCHA et al., 2010).

Comumente os solos apresentam uma sequência lateral que passa de Latossolos ou Argissolos, para Argissolos Acizentados na borda e Espodossolos no fundo da depressão (SARCINELLI, 2010; GIMENES, 2013; GOMES et al., 2017). A vegetação predominante na área é do tipo Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas com enclaves de vegetação savânica de porte graminóide a arbustivo nas muçunungas.

O clima é tropical úmido, do tipo Af (Köppen), com precipitação média anual de 1.359,2 mm, e mensal sempre superiores a 60 mm (Figura 2). A temperatura média anual em torno de 24,5°C, e do mês mais frio sempre superior a 18°C (MARTORANO, et al., 2003).

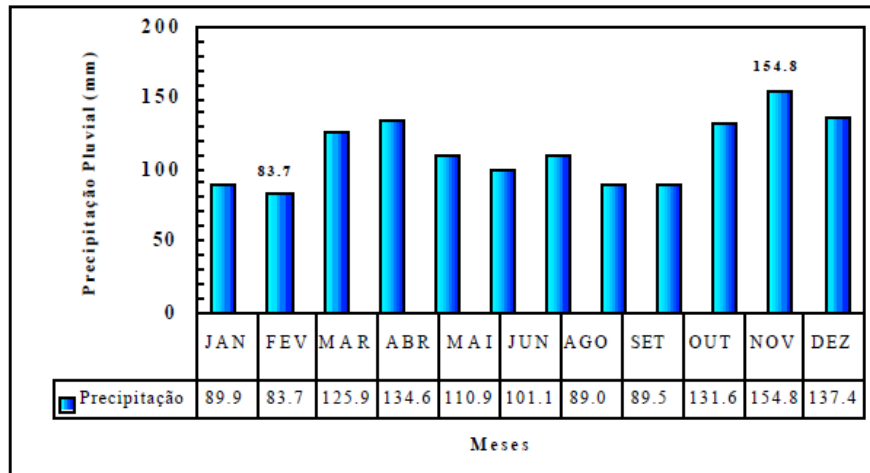


Figura 3: Totais médios de chuva em Prado, BA. Fonte: Martorano, et al., 2003.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Reconhecimento da paisagem e Procedimentos de Campo**

Por meio de tradagens exploratórias foram escolhidas as transeções de solos desde o topo até a base da depressão. As tradagens ajudaram a delimitar a geometria vertical e lateral dos horizontes pedogenéticos e, conseqüentemente, a distribuição dos tipos de solos dentro e fora das depressões estudadas. Esta análise da distribuição dos solos se procedeu com o auxílio do trado, sendo feita uma tradagem a montante e outra a jusante da transecção, em seguida, fez se tradagens intermediárias, tantas quantas foram necessárias, investigando se o solo apresentam diferenciações. Nos pontos em que os solos divergiram, foram abertas trincheiras inclusive a montante e a jusante conforme procedimentos adaptados de Boulet et al. (1982).

Os sistemas pedológicos foram representados bidimensionalmente para auxiliar o entendimento dos processos pedogenéticos que atuaram e/ou estão atuando nas depressões estudadas. Nas trincheiras foi realizada a descrição morfológica dos perfis segundo recomendações prescritas em Santos et al. (2015), e em seguida foram coletadas amostras para as análises em laboratório por horizonte, em todos os perfis, para fins de caracterização e classificação dos solos. Para análises isotópicas e fitolíticas foram realizadas coletas sistemáticas a cada cinco centímetros, nos perfis localizados no segmento de topo (D1P1 e D2P1) e da base (D1P4 e D2P4) de ambas as depressões estudadas.

Foram coletadas seis amostras nos perfis que apresentavam uma textura arenosa para datações LOE, com o auxílio de um tubo de PVC de 50 cm de comprimento por três de diâmetro que foi introduzido horizontalmente em diferentes profundidades.

Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

#### **3.2 Análises Laboratoriais (Física e Químicas)**

A análise granulométrica foi realizada utilizando as amostras de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) (EMBRAPA, 2011).

As análises químicas foram realizadas, segundo os procedimentos descritos em Embrapa (2009). Incluindo: pH em água e em solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (relação 1:2,5); acidez potencial em solução de acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup>; Na e K extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama; Ca, Mg e Al trocáveis determinados em

solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> por espectrofotometria de absorção atômica; carbono orgânico, pelo método de Walkey- Black; P disponível, extraído por Mehlich-1 e quantificado por colorimetria usando o ácido ascórbico como redutor. A partir dos resultados obtidos foram calculados os valores de soma de bases trocáveis, capacidade de troca de cátions, percentagem de saturação por bases e percentagem de saturação por Al.

### 3.3 Análise Isotópica

Para a determinação da composição isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  da matéria orgânica do solo (MOS), foram usadas as amostras coletadas sistematicamente e secas em estufa a 40°C. Essas amostras foram homogeneizadas e moídas em almofariz mecânico de ágata. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA/USP e analisadas em um espectrômetro de massa acoplado a um analisador elementar ANCA SL 2020. Os valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  expressos em partes por mil (‰) foram calculados de acordo com os padrões internacionais VPDB para  $^{13}\text{C}$  e N<sub>2</sub> atmosférico para o  $^{15}\text{N}$ , com precisão de 0,2‰. A partir dos resultados elementares, a relação C/N foi calculada para cada amostra (PESSENDA & CAMARGO, 1991; PESSENDA et al., 2010).

A análise dos isótopos, possibilita juntamente com a análise fitolítica a identificação da vegetação e conseqüentemente a identificação de mudanças na estrutura da fitofisionomia no tempo e no espaço, permitindo assim, a reconstituição paleoambiental nas depressões estudadas.

### 3.4 Análise Fitolítica

A análise da assembleia de fitólitos foi realizada em alíquotas das mesmas amostras coletadas para isótopos. Nos perfis do topo (Argissolos) a extração dos fitólitos foi realizada seguindo as etapas descritas como método 2 (CALEGARI et al., 2013), que consistem em pesar 4 gramas de TFSA e remover a matéria orgânica com Peróxido de Hidrogênio e dos recobrimentos de óxidos com solução de Citrato de Sódio mais Bicarbonato de Sódio, acrescentando o Ditionito de Sódio conforme Mehra & Jackson (1960). Em seguida foi feita a remoção da argila por centrifugação lenta, concentração e coleta de fitólitos por meio de flutuação densimétrica, utilizando Politungstato de Sódio com densidade de 2,35 g/cm<sup>3</sup>. Para os perfis da base da depressão, a extração seguiu os procedimentos adaptados de Campos & Labouriau (1969) e Piperno (2006) conhecidos como *dryashing*. Foram pesadas 4 gramas de

solo seco e submetidas a calcinação em mufla (600°C), remoção dos carbonatos gerados após a queima por meio da digestão ácida, eliminação dos resíduos do ácido por centrifugação e secagem em estufa.

Os fitólitos extraídos foram identificados e nomeados conforme International Code for Phytolith Nomenclature (MADELLA et al., 2005) e a interpretação do significado taxonômico e ambiental das assembleias foi estabelecida conforme Quadro 1.

Foram contados no mínimo 200 morfotipos identificados (valor considerado para ter validade estatística) ao longo de três linhas em cada lâmina. Naquelas amostras com pouca quantidade de fitólitos foram contadas mais de uma lâmina para atingir o número mínimo para ter validade estatística.

	Classe	Ordem	Família	Subfamília	Morfotipo*				
Pteridophyta					Puzzle Zigsaw				
Angiosperma	Monocotiledoneae	Poales	Poaceae	Maranthaceae	Maranthaceae				
				Panicoid C <sub>4</sub>	Bilobate				
					Cross				
					Polilobate				
				Pooid C <sub>3</sub>	Trapeziform				
					Rondel				
				Chloroid (C <sub>4</sub> /C <sub>3</sub> )	Saddle				
					Elongate				
					Bulif				
				Cyperaceae	Poales	Poaceae			Hair
									Hexagonal
									Cone
	Arecaceae	Arecales	Arecaceae			Globular echinate			
						Hat Shaped			
	Eudicotiledoneae					Globular			
Block Polyedric									
Tabular psilate									
Estomate									

\* Os nomes dos morfotipos foram mantidos em inglês para facilitar a correspondência com a literatura internacional

Fonte: Adaptado de Calegari (2008)

Quadro 1: Representação dos agrupamentos de morfotipos de fitólitos e seu significado taxonômico.

## Índices Fitolíticos

A fim de interpretar e discutir os resultados das assembléias de fitólitos, neste trabalho foram usados os seguintes índices fitolíticos paleoambientais:

O índice de Densidade da Cobertura da Árvore (D/P) (ALEXANDRE et al., 1997b, 1999, BARBONI et al., 1999, 2007), estabelece a relação entre fitólitos diagnósticos de plantas arbóreas tropicais (eudicotiledonea), morfotipos globulares e fitólitos de células curtas diagnósticas de gramíneas Poaceae (poóides, cloridoídes, panicoides, tricomas e bulliforms) (BREMOND et al., 2005).

Valores altos indicam vegetação fechada, valores mais baixos indicam vegetação aberta.

O índice de adaptação à aridez (Iph) (DIESTER-HAAS et al., 1973, TWISS, 1992, ALEXANDRE et al., 1997b), avalia a umidade da área de estudo na época em que as plantas que originaram os fitólitos habitavam a área de estudo. O índice é calculado a partir da equação  $Iph (\%) = [Saddle / (Saddle + Cross + Bilobate)] \times 100$ .

Valores altos de Iph indicam áreas dominadas por Chloridoideae sob condições de clima seco. Valores baixos de Iph indicam a predominância de Panicoidae, sob condições mais úmidas (TWISS, 1992; ALEXANDRE et al., 1997b, BARBONI et al., 2007; BREMOND et al., 2008).

O índice Climático (Ic) (TWISS 1987, 1992) corresponde à porcentagem de fitólitos de células curtas, produzidos principalmente por Pooideae, em relação a todas as células curtas produzidas pela soma de gramíneas Pooideae, Chloridoideae e Panicoidae (TWISS, 1992).

Altos valores indicam a predominância de gramíneas C3 Pooideae, sugerindo condições climáticas frias (BARBONI et al., 2007; BREMOND et al., 2008).

### 3.5 Datação por LOE

A técnica de datação por LOE (Luminescência Opticamente Estimulada), determina o período de tempo em que a amostra mineral (principalmente grãos de quartzo) foi exposta pela última vez por um longo período (16 horas) à luz solar, fornecendo a idade de depósito do sedimento (GUEDES et al., 2011; SAWAKUCHI et al., 2016).

Foram coletadas seis amostras em diferentes profundidades nos perfis que apresentavam textura arenosa (Quadro 2). Para a coleta das amostras foi introduzido de forma horizontal do tubo de PVC de 50 cm de comprimento por três de diâmetro. Esses tubos foram vedados com fita grossa para serem abertos somente no laboratório. Duas amostras em diferentes profundidades na D2P3, duas amostras na D2P4, na mesma profundidade, uma sendo a repetição. Duas amostras na D2P5, na mesma profundidade, uma sendo a repetição.

Quadro 2: Dados das amostras selecionadas para datação LOE.

Depressão	Perfil	Profundidade
D2	P3	25 cm
D2	P3	70 cm
D2	P4	140 cm
D2	P4	140 cm
D2	P5	40 cm
D2	P5	40 cm

As amostras foram analisadas e datadas no Laboratório da Empresa Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA, localizada em Mogi-Mirim, SP. A dose equivalente foi determinada nos grãos de quartzo pelo protocolo SARs (Single-Aliquot Regenerative-Dose), bem como foi avaliado a taxa de reciclagem e o teste de recuperação (WINTLE & MURRAY, 2006). Os conteúdos de  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{40}\text{K}$ , foram determinados por espectroscopia gama usando um detector de NaI (TI) Osprey – Canberra.

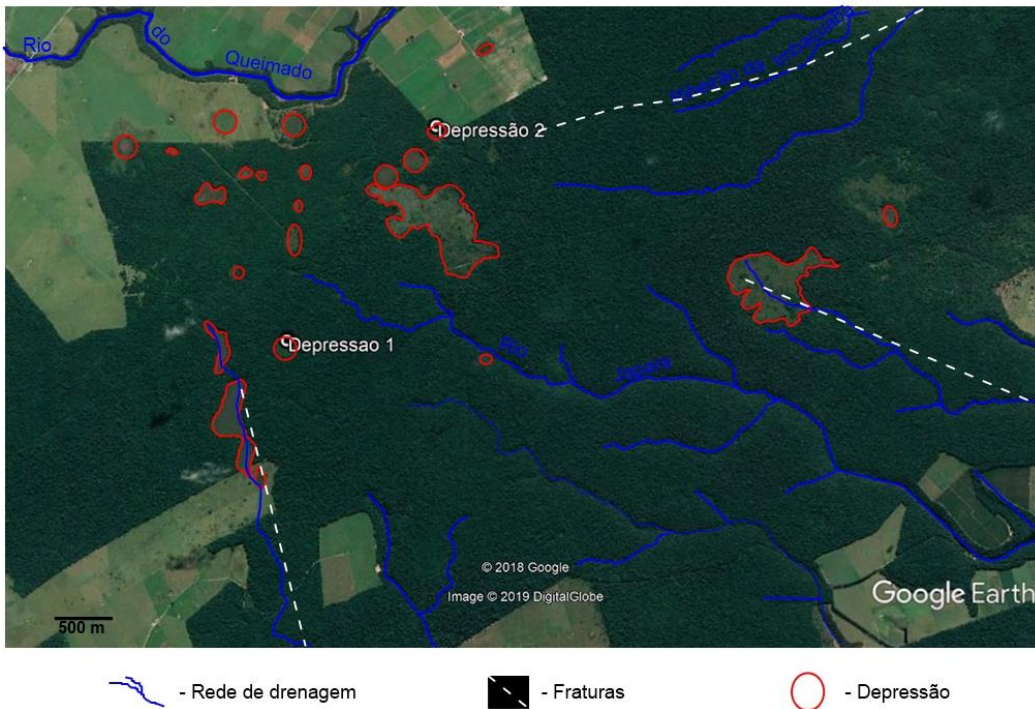




## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Caracterização e interpretação das depressões**

As depressões estão inserida em uma região que, assim como descrito nos trabalhos de Costa Junior (2008), Sarcinelli (2010), Ucha et al., (2010) e Vieira (2013), apresenta predomínio de relevo plano (Figura 4A), com declividade entre 0 e 6% e altitude entre 50 e 150 metros (a.n.m.). Predomina uma vegetação arbórea fechada, conhecida como Mata de Tabuleiro ou melhor representada como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, cujo aspecto pode ser observado nas Figuras 4B e 4C.



Base: Google Earth ®

(A)



(B)



(C)

Figura 4: Disposição das depressões no setor da área do estudo dentro do PARNA do Descobrimento; (B) Vista do dossel da Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas a partir da torre de observação na área do estudo e (C) Vista do interior da Floresta na área do estudo.

Os principais alinhamentos estruturais na área do parque são obtidos a partir das observações da rede de drenagem (Anexo A) e apresentam-se principalmente segundo direções NO-SE e NE-SO, ou subordinadamente, leste-oeste, refletindo a ação neotectônica (ICMBIO, 2014; MORAES FILHO & SAADI, 1999) (Anexo B). A disposição das depressões parece acompanhar a direção das principais linhas de fraturas da região dentro da unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros (Anexo C), na qual está inserida a área do estudo. Observa-se também que as depressões menores apresentam lineamento leste-oeste,

que podem ser resultante da neotectônica, conforme sugerido por Moraes Filho & Saadi (1999).

Observa-se que depressões mais alongadas estão localizadas nas cabeceiras dos principais rios desse setor do parque, o Rio Japara e o Ribeirão da Imbaçuaba (Figura 4A)

No setor Oeste do Parque, onde estão localizadas as feições estudadas, observa-se que as depressões, com formas e tamanhos variados, comportam-se como pequenas bacias alagadas (sazonal ou permanentemente), com características pedológicas e vegetacionais originais, localmente denominadas muçunungas (ICMBIO, 2014), isto é, com vegetação savânica arbustiva, com muitas palmeiras (Figura 5A, C, D) e solo hidromórfico. Esse hidromorfismo favorece o estabelecimento de espécies adaptadas à essa condição, como a *Thifa* sp. (Figura 5A) encontrada em maior proporção nas bordas das depressões, e musgo (*Sphagnum*) na base (Figura 5E), em toda a extensão da depressão, (Figura 5B).

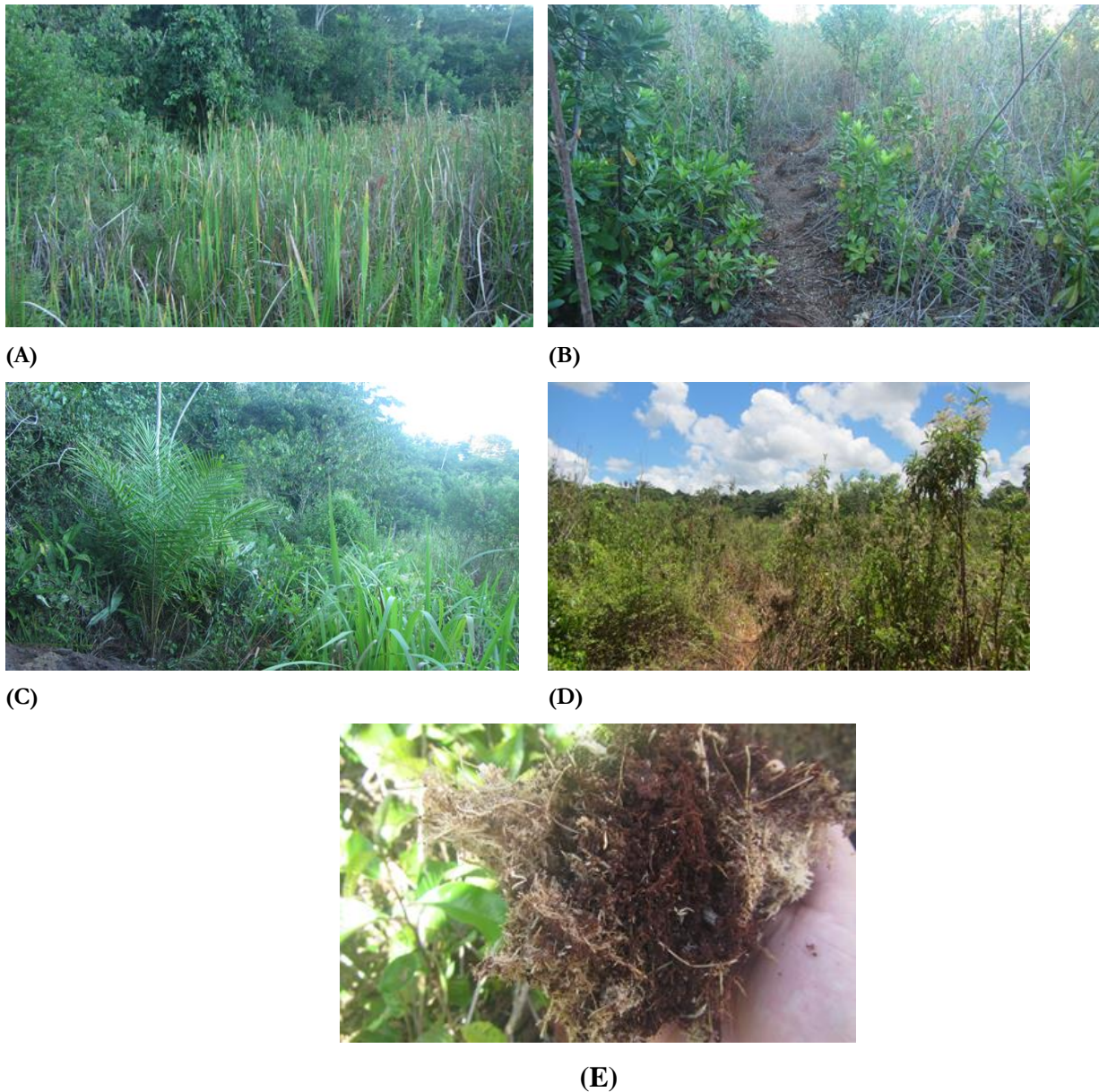


Figura 5: Aspecto da vegetação: (A) Borda da depressão 1, (B) do Centro da depressão1, (C) Arecaceae (palmeira) na borda da depressão 1, (D) da borda da depressão, (E) (*Sphagnum*) - Musgo predominante no interior da depressão 1 e 2.

Resultados encontrados por Calegari et al., (2017), mostraram que as bordas das depressões (zonas de transição) em Linhares (Espírito Santo), em condição semelhante inseridas na Mata de Tabuleiros, apresentam um maior número de palmeiras (Arecaceae), especialmente plantas jovens, devido à abertura da vegetação e maior incidência de luz, favorecendo sua reprodução e desenvolvimento. Nas depressões em estudo, também foram encontrados algumas palmeiras, em especial nas bordas das depressões (Figura 5C).

## Depressão 1

A depressão 1 (D1), classificada como fechada de forma circular, possui 256 metros de extensão e cerca de 2 metros de desnível. Apresenta regime hídrico fechado, não possibilitando o escoamento lateral do excesso de água.

## Sistemas pedológicos

Foram identificados, de montante para jusante os horizontes superficiais A e H e subsuperficiais AE, E Bt, Bh e Bhm (Figura 6). A distribuição lateral e vertical desses horizontes permitiu identificar um sistema pedológico formado por Argissolo Amarelo (P1 e P2) na parte mais elevada da depressão que transiciona lateralmente para um Espodossolo na borda da depressão (segmento de transição) e Organossolo no centro da depressão, onde o lençol freático aflora na maior parte do ano (Figura 6).

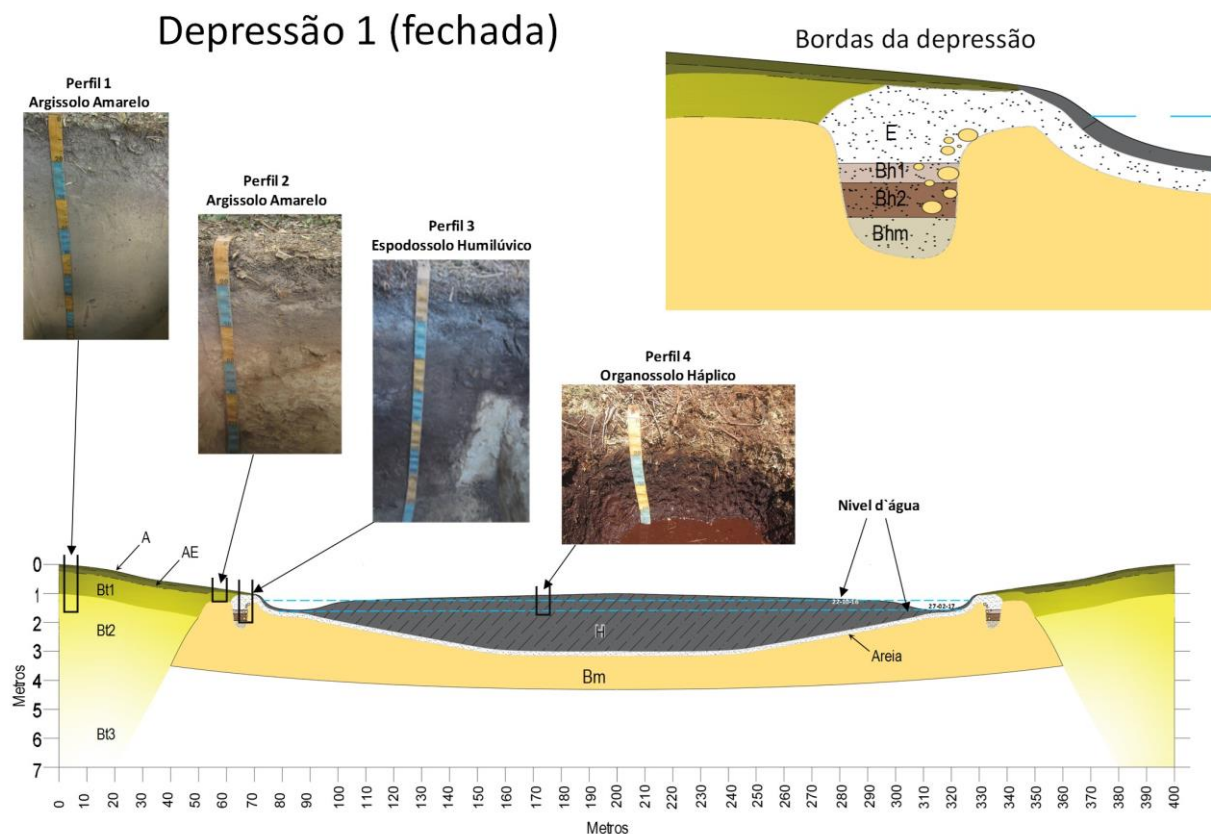


Figura 6: Representação bidimensional da Toposequência na depressão 1 (D1) e posição dos perfis estudados.

Os atributos físicos e químicos (Tabelas 1,2 e 3) permitiram classificar os solos como Argissolo Amarelo Distrófico típico (P1 e P2), Espodossolo Humilúvico Hidromórfico organossólico (P3) e Organossolo Háptico Sáprico típico. Esta sequência lateral reflete a condição de drenagem na depressão, que permite a formação e permanência de solos mal drenados, com elevada concentração de matéria orgânica no interior da depressão, enquanto nas bordas predominam os solos com melhor drenagem, quando comparados ao do centro da depressão.

Tabela 1: Composição granulométrica e textural dos perfis descritos na depressão 1.

Hor.	Prof. (cm)	ARGILA	SILTE	AREIA	Textura
		----- g/kg -----			
<b>D1P1 - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>					
A	0-7	112	12	876	Areia franca
AE	7-18	68	17	915	Areia
AB	18-35	163	12	825	Areia franca
BA	35-62	268	14	718	Franco-argiloarenosa
Bt1	62-104	361	22	617	Argiloarenosa
Bt2	104-280	360	24	615	Argiloarenosa
S1-1 - Bt3	280-590	395	32	573	Argiloarenosa
S1-2 - Bt4	590-620	332	27	641	Franco-argiloarenosa
<b>D1P2 - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>					
A1	0-10	47	18	935	Areia
A2	10-20	112	15	873	Areia franca
AB	20-27	155	30	815	Francoarenosa
BA	27-35	177	44	779	Francoarenosa
B	35-50	222	29	749	Franco-argiloarenosa
<b>D1P3 - ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico organossólico</b>					
H	0-4				
A	4-9	200	106	694	Francoarenosa
E	9-21	73	13	914	Areia
BE	21-32	154	74	772	Francoarenosa
Bh1	32-57	136	46	818	Areia franca
Bh2	57-90	217	58	725	Franco-argiloarenosa
Bhm	90-105	171	75	754	Francoarenosa

Tabela 2: Atributos químicos dos perfis de solos da depressão 1

Hor.	Prof. (cm)	pH		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	CO	P	CTC (T)	CTC (t)	V%	m%
		H2O	KCl												
----- cmolc/Kg -----										----- g/Kg -----					
<b>D1P1 - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>															
A	0-7	4,6	3,7	0,74	0,30	0,08	0,69	4,10	1,12	29,6	0,39	5,22	1,8	21,5	38,0
AE	7-18	4,7	3,7	0,15	0,13	0,05	0,61	2,42	0,32	16,5	0,17	2,74	0,9	11,7	65,5
AB	18-35	4,4	3,8	0,09	0,10	0,03	0,83	3,26	0,22	14,9	0,18	3,48	1,1	6,3	79,0
BA	35-62	4,6	4,0	0,05	0,05	0,02	1,26	3,96	0,13	12,8	0,08	4,09	1,4	3,2	90,5
Bt1	62-104	4,8	3,9	0,06	0,05	0,01	1,20	3,00	0,12	6,0	0,03	3,12	1,3	3,7	91,2
Bt2	104-280	4,6	3,9	0,16	0,05	0,01	1,01	1,68	0,22	6,0	0,04	1,90	1,2	11,6	82,1
S1-1 - Bt3	280-590	4,7	4,1	0,13	0,05	0,01	0,69	1,14	0,18	0,8	0,03	1,32	0,9	13,9	78,9
S1-2 - Bt4	590-620	4,8	4,1	0,14	0,13	0,02	0,38	0,84	0,29	0,8	0,02	1,13	0,7	25,8	56,5
<b>D1P2 - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>															
A1	0-10	5,6	5,2	3,89	0,81	0,07	0,04	1,20	4,76	28,6	0,35	5,96	4,8	79,9	0,8
A2	10-20	5,7	4,8	2,54	0,24	0,04	0,04	2,26	2,82	21,2	0,22	5,08	2,9	55,5	1,4
AB	20-27	5,6	4,5	1,99	0,16	0,04	0,13	2,38	2,19	23,3	0,25	4,57	2,3	47,9	5,6
BA	27-35	5,3	4,2	2,04	0,09	0,02	0,65	6,02	2,15	25,9	0,52	8,17	2,8	26,3	23,2
B	35-50	5,1	4,1	1,43	0,07	0,05	2,24	13,86	1,55	59,5	0,37	15,41	3,8	10,1	59,1

Continua...



Tabela 2: Atributos químicos dos perfis de solos da depressão 1

...Continuação

Hor.	Prof. (cm)	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	CO	P	CTC (T)	CTC (t)	V%	m%	
		H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmolc/Kg -----					----- g/Kg -----						
<b>D1P3 - ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico organossólico</b>															
H	0-4	5,1	4,1	17,54	1,24	0,05	0,38	23,5	18,83	350	1,56	42,33	19,2	44,5	2
A	04-09	4,6	3,4	5,09	0,48	0,15	1,16	21,38	5,72	18,1	1,97	27,1	6,9	21,1	16,9
E	09-21	5,3	4,3	0,94	0,1	0,01	0,12	2,12	1,05	18,1	0,19	3,17	1,2	33,1	10,3
BE	21-32	4,9	3,9	3,91	0,4	0,02	0,52	9,38	4,32	24,4	0,2	13,7	4,8	31,5	10,7
Bh1	32-57	4,5	3,4	1,06	0,21	0,01	3,18	15,86	1,29	54,2	0,18	17,15	4,5	7,5	71,2
Bh2	57-90	4,3	3,4	0,68	0,2	0,03	4,48	21,02	0,9	123,2	0,3	21,92	5,4	4,1	83,3
Bhm	90-105	4,5	3,5	0,55	0,1	0,05	2,66	17,52	0,71	180,8	1,55	18,23	3,4	3,9	89
<b>D1P4 - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico</b>															
H1	0-18	3,6								1000					
H2	18-24	3,5								1000					
H3	24-30	3,5								1000					
H4	30-42	3,4								1000					
H5	42-60-	3,3								1000					

Tabela 3: Classificação das turfas pelo grau de decomposição, segundo Von Post – D1P4 (Organossolo Háptico Sáprico típico).

Horizonte	Profundidade (cm)	Graus de humosidade	Característica	Cor da água que flui entre os dedos	Fração da turfa que flui entre os dedos	Permanece na mão		Classe
						Forma	Estrutura vegetal	
H1	0-18	H2	Muito pouco decomposta	Ligeiramente castanha	Não passam sólidos entre os dedos	Não tem aspecto gelatinoso	Estrutura vegetal nitidamente reconhecível	Fibrosa
H2	18-24	H3	Muito fracamente decomposta	Castanha fraca	Não passam sólidos entre os dedos			
H3	24-30	H5	Decomposta	Líquido escuro	Passa pouca	Aparece aspecto gelatinoso	Ainda pouco reconhecíveis os vegetais	Hêmica
H4	30-42	H8	Muito fortemente decomposta		Passa 3/5 do volume			Ficam na mão resíduos de fibras e raízes
H5	42-60-	H9	Quase totalmente decomposta		Passa quase tudo			

## Isótopos de C ( $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ) e Matéria Orgânica dos Solos da depressão 1

O perfil 1 (D1P1), que corresponde ao Argissolo Amarelo, situado no topo da topossequência, apresenta nas camadas superficiais valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ , respectivamente, variando entre -29‰ a -26‰ e 6,1‰ a 6,8‰ (Figura 7A,B), relação C/N de 13 (Figura 7C). Esses valores correspondem a assinatura da vegetação atual, a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Mata de Tabuleiro).

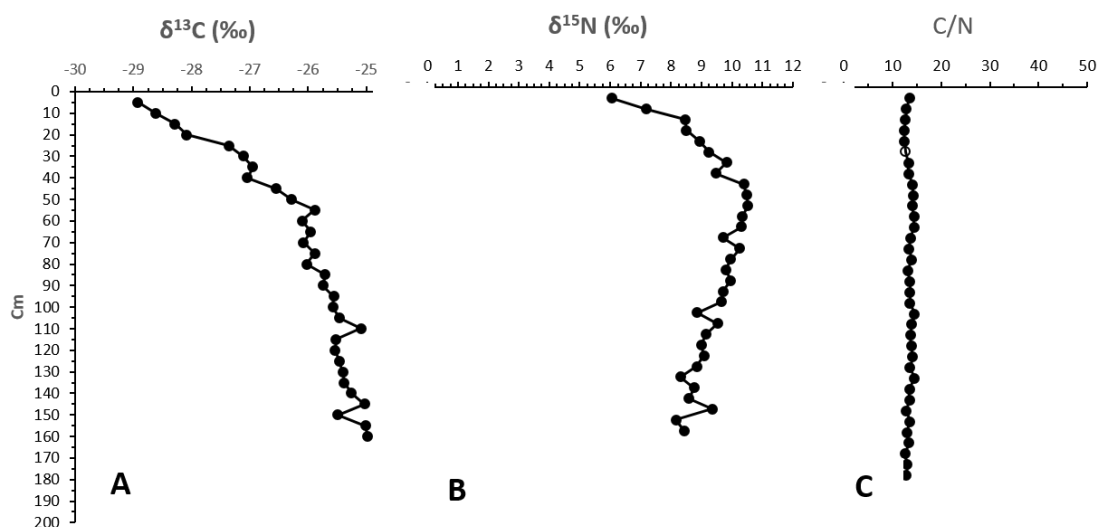


Figura 7: Valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) e  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) e relação C/N do Perfil 1 - Topossequencia 1 (D1P1)

Da base para o topo do perfil, observa-se uma tendência de empobrecimento isotópico, indicando uma tendência de aumento de plantas  $\text{C}_3$  adaptadas a condições não hidromórficas, uma vez que se observa que os valores do  $\delta^{13}\text{C}$  passaram gradativamente de -25,6‰ (180-175 cm) para -28‰ (20-15 cm), e de  $\delta^{15}\text{N}$  de 9,2‰ (180-175 cm) para 7,6‰ (20-15 cm). A vegetação da área deste perfil sempre foi dominada por plantas de padrão fotossintético  $\text{C}_3$ , indicando uma vegetação arborizada, porém mais aberta no passado, uma vez que valores sensivelmente mais enriquecidos são observados de 180 à 50 cm de profundidade (Figura 7 A).

De acordo com os dados, esse perfil sempre esteve sob condições oxidantes (não hidromórfica), haja vista que os valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$  são enriquecidos (Figura 7 B). Características isotópicas semelhantes, também foram observadas por Buso et al (2013a) em áreas florestadas (Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixa) nos Tabuleiros Costeiros, no

município de Linhares, norte do Espírito Santo. Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  em amostras de solo variando entre  $-28,0\text{‰}$  a  $-24,5\text{‰}$  e amostras da serrapilheira variando entre  $-30,6\text{‰}$  a  $-28,9\text{‰}$ , refletindo a dominância de plantas com padrão fotossintético  $\text{C}_3$ .

O perfil D1P4, que corresponde ao Organossolo, apresenta nas camadas superficiais valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ , respectivamente, variando entre  $-28,3\text{‰}$  a  $-28,6\text{‰}$  e  $1,47\text{‰}$  a  $1,56\text{‰}$  (Figura 8 A, B), relação C/N elevada entre 29,8 a 33,3 (Figura 8C). Esses valores correspondem a assinatura isotópica da vegetação atual, composta predominantemente por plantas de padrão fotossintético  $\text{C}_3$  (aproximadamente 89%), porém um pouco mais aberta que a vegetação da D1P1. Atualmente no local encontra-se uma vegetação arbustiva desde o começo do Espodossolo e ocupa toda a área de ocorrência do Organossolo, com predominância de *Tipha* sp. Nas encostas e musgo esfagno na base.

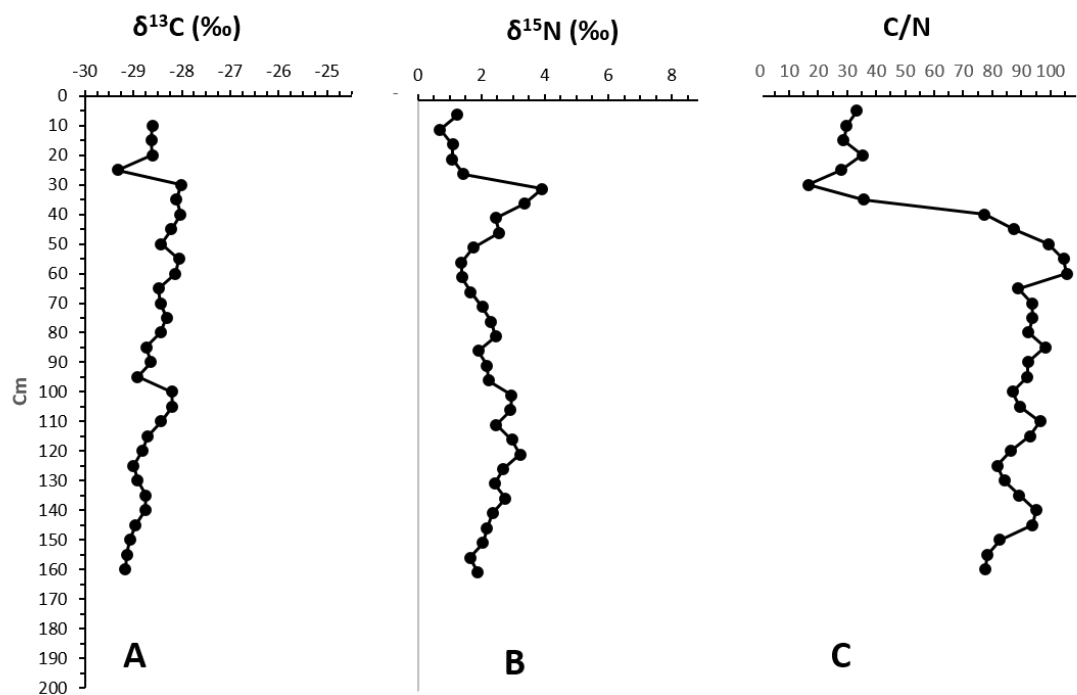


Figura 8: Valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) e  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) e relação C/N do Perfil 4 - Topossequencia 1 (D1P4).

Da base para o topo do perfil, observa-se que os valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$ , mantem-se em torno de  $-29\text{‰}$ , marcando o domínio de plantas  $\text{C}_3$ , em estrutura de vegetação semelhante a vegetação atual, uma vez que se observa que os valores do  $\delta^{13}\text{C}$  passam de  $-29,17\text{‰}$  (150-160 cm) para  $-28,61\text{‰}$  (20-15 cm), e de  $\delta^{15}\text{N}$  de  $9,2\text{‰}$  (180-175 cm) para  $7,6\text{‰}$  (20-15 cm). De acordo com os dados isotópicos a vegetação da área do perfil D1P4 sempre

foi dominada por plantas de padrão fotossintético C<sub>3</sub>, indicando uma vegetação arborizada, porém mais fechada no passado, uma vez que valores isotópicos sensivelmente mais enriquecidos são observados de 180 à 50 cm de profundidade (Figura 8A, B).

Em depressões semelhantes no norte do Espírito Santo, as amostras de solo tiveram valores de  $\delta^{13}\text{C}$  variando entre -28,9‰ a -23,7‰ (Buso et al., 2013a) e -29,9‰ a -24,6‰ (CALEGARI et al., 2017), com uma tendência de valores mais enriquecidos nas partes mais profundas do perfil, mas demonstrando a dominância de plantas com padrão fotossintético C<sub>3</sub>.

### Assembleia Fitolítica

No perfil D1P1, foram encontrados 14 morfotipos diferentes (Anexo D), mas os que ocorreram em maior proporção, foram o Elongate tabular psilate, Blocos, Globular psilate e Globular granulate (Figura 9), todos produzidos por plantas eudicotiledoneas de hábito arbóreo e arbustivo (Quadro 1).

A análise da assembleia fitolítica, submetida a análise multivariada de componentes principais e de cluster, permitem identificar dois momentos ambientais ao longo da formação do solo.

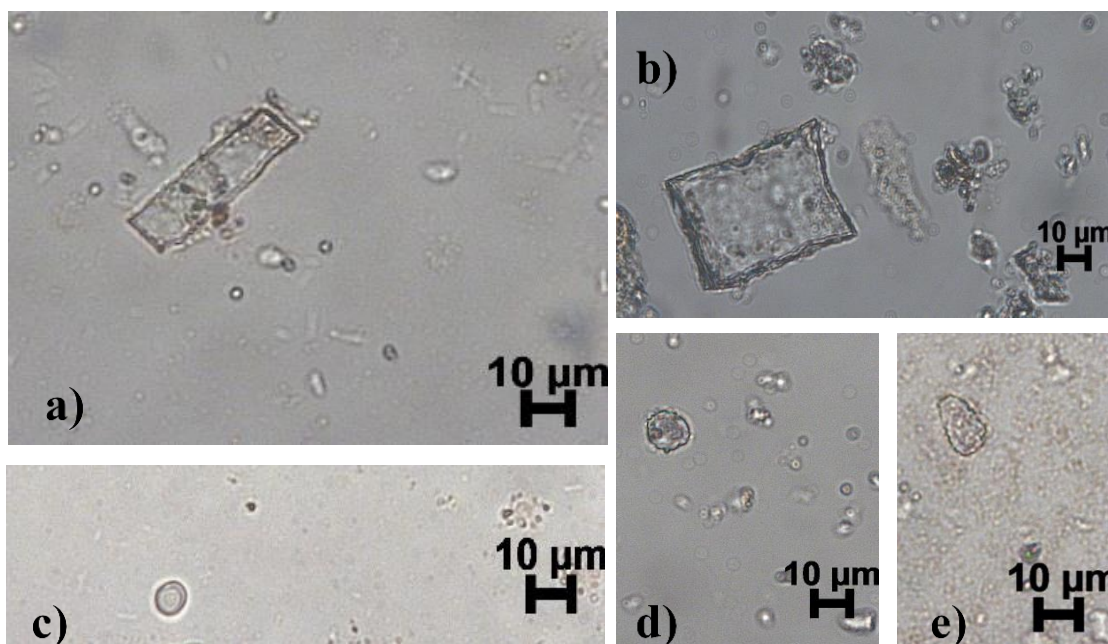


Figura 9: Principais morfotipos de fitólitos encontrados no perfil – D1P1. **a)** Elongate tabular psilate, **b), e)** Bloco poligonal, **c)** Globular psilate, **d)** Globular granute.

A análise de componentes principais - PCA da D1P1 (Figura 10) e de Agrupamento Hierárquico (Figura 11) aplicadas aos dados da assembleia fitolítica das amostras com

fitólitos identificáveis indicam a ocorrência de dois grupos, ou seja, duas zonas fitolíticas que permitiram interpretar que houve mudança na estrutura da vegetação, ainda que sutil, corroborando os dados isotópicos que também indicaram uma pequena alteração nos valores isotópicos neste perfil.

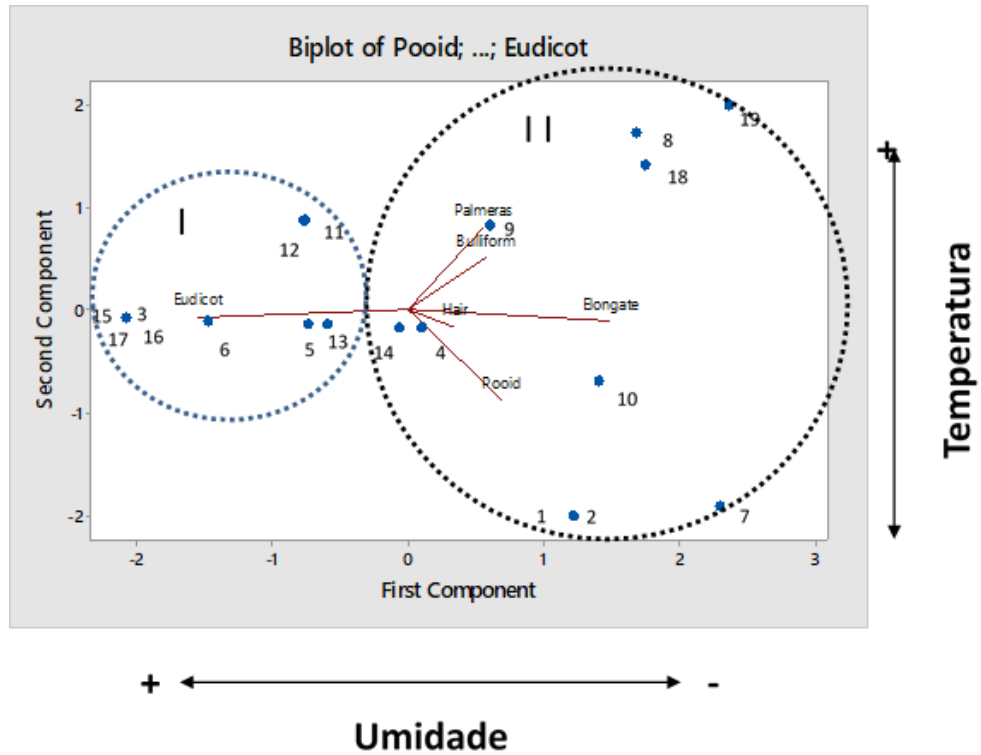


Figura 10: Análise dos componentes principais (PCA) - D1P1.

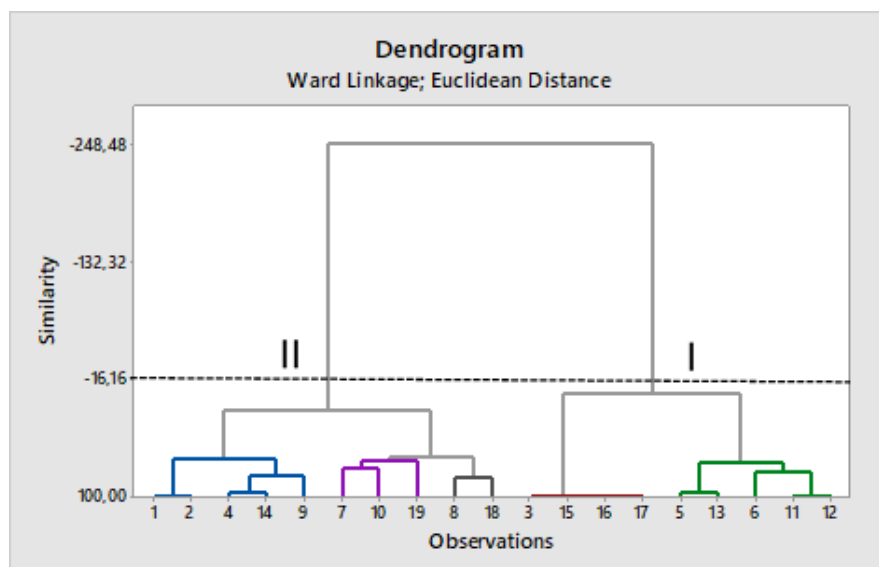


Figura 11: Análise de Agrupamentos Hierárquicos - D1P1.

Ao longo do perfil, a quantidade inexpressiva de fitólitos com significado taxonômico (células curtas) de gramíneas (Rondel, saddle, trapeziform, cross, etc) não permitiu calcular os índices para interpretação das condições climáticas do ambiente, isto é, o  $I_c$  (índice climático) e  $I_{ph}$  (índice aridez), pois os valores obtidos foram nulos. O índice DP (cobertura arbórea), apresentou valores altos apenas em duas amostras (Anexo H), no topo do perfil (0 -10 cm) e à 50 cm, indicando uma boa densidade de cobertura arbórea, compatíveis com a vegetação moderna na área.

A interpretação dos resultados fitolíticos indica que este perfil apresenta dois momentos ambientais (Figura 12).

Como já descrito, atualmente a vegetação predominante sobre a área do Argissolo Amarelo (P1) é a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixa (Mata de Tabuleiro), cujo valor isotópico mantém-se entorno de -28‰, marcando o predomínio de plantas arbóreas e arbustivas  $C_3$ .

Da base para o topo do perfil (160-50 cm), tem-se o momento ambiental I (zona fitolítica I) que foi favorável ao desenvolvimento de plantas arbóreas e arbustivas, porém, em uma vegetação mais aberta que atual, com contribuição de plantas  $C_3$  (palmeiras) (Figura 16). A partir de 50 cm até o topo do perfil, que corresponde a condição atual, a vegetação ficou mais arborizada, com menor contribuição de plantas  $C_4$  e ocorrência de gramíneas  $C_3$  (poid) assinalando uma condição de maior umidade e temperaturas mais amenas, sem stress hídrico haja visto a ausência de morfotipos bulliforms. Tais alterações não configuram mudanças de vegetação e sim uma mudança na estrutura da fitofisiomia predominantemente florestada ao longo da formação do perfil de Argissolo, adaptado a condições de drenagem livre.

A quantidade de fitólitos tafonomizados aumenta da base para o topo do perfil (Figura 12) e estão em concordância com a bibliografia que assinala maior quantidade de fitólitos com sinais de corrosão, dissolução ou quebras, em profundidade devido ao maior tempo de residência da assembleia no solo (ALEXANDRE et al., 1997a; HART & HUMPHREYS, 1997, 2003; RUNGE, 1999) e também ação da fauna no solo que pode promover a mobilização dos fitólitos dentro do perfil (HART & HUMPHREYS, 1997; RODRIGUES, 2018).

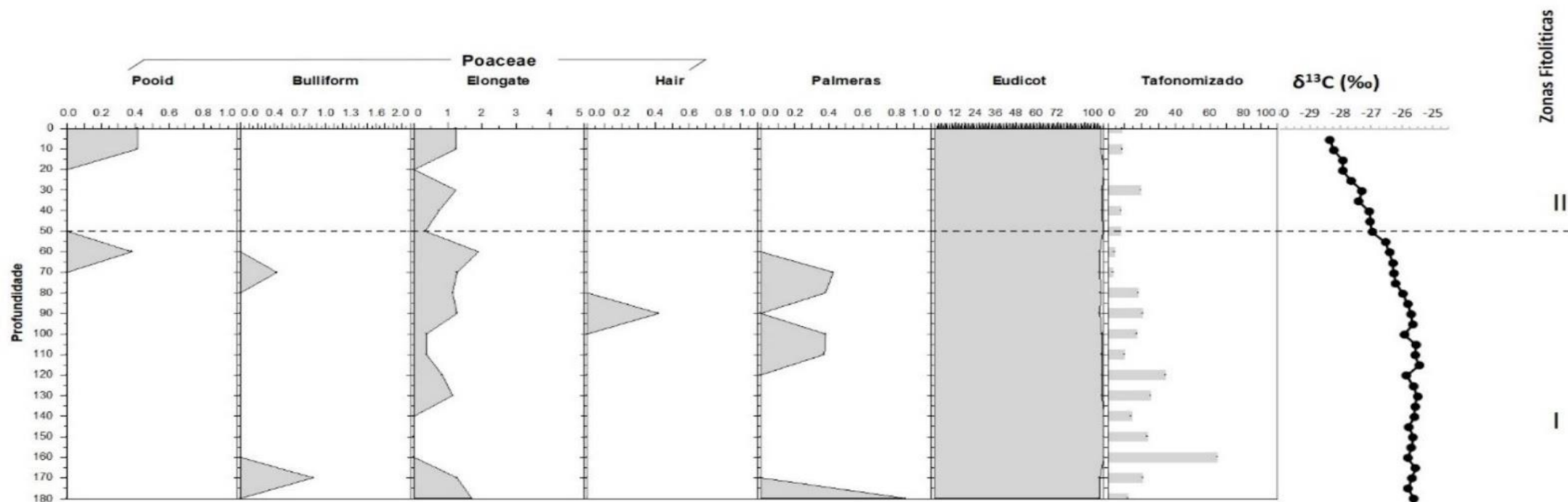


Figura 12: Distribuição da assembléia fitolítica (em %), dados isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e zonas fitolíticas do perfil de Argissolo Amarelo (D1P1)



No perfil D1P4, foram encontrados 20 morfotipos diferentes (Anexo E), sendo os mais frequentes os Globular granulate, Globular psilate, Elongate tabular psilate, Bloco poligonal, Bloco, produzidos por plantas de hábito arbóreo ou arbutivos (Quadro 1), Bilobate produzidos por gramíneas Panicoid (de padrão fotossintético C4) e Globular echinate produzido por Arecaceae (palmeiras) (Figura 13).

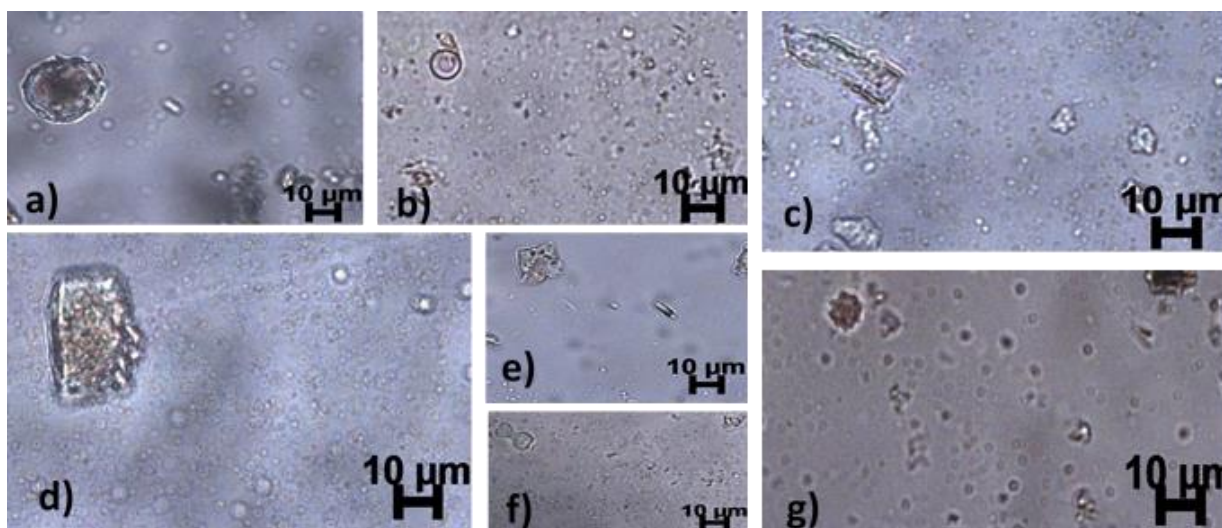


Figura 13: Principais morfotipos de fitólitos encontrados no perfil – D1P4.

**a)**Globular granulate, **b)**Globular psilate, **c)**Elongate tabular psilate, **d)**Bloco poligonal, **e)**Bloco, **f)**Bilobate, **g)** Globular echinate

Indicativo de mudança de condições de ambientais, sobretudo em relação a condições de hidromorfismo, foi observado no perfil de Organossolo (D1P4), coletado no centro da depressão por meio da interpretação dos resultados da análise multivariada aplicado aos dados fitolíticos.

A análise de componentes principais - PCA do D1P4, (Figura 14) e de Agrupamento Hierárquico (Figua 15) aplicados aos dados da assembleia fitolítica das amostras com fitólitos identificáveis indicam a ocorrência de dois grupos, interpretados como duas zonas fitolíticas (momentos ambientais) ao longo do perfil.

Assim como observado no P1, os resultados do índices fitolíticos calculados foram pouco conclusivos, sobretudo o Ic (índice climático), praticamente nulo. O índice Iph (índice aridez) apresentou um valor de 33% na profundidade de 55 cm, mas segundo Bremond et al., (2008) este índice não pode ser utilizado se for detectado a presença de fitólitos de Pooideae (Poaceae C<sub>3</sub>), por poderem contribuir para a produção de saddles. O índice DP (cobertura

arbórea) com valores mais altos até a profundidade de 40 cm (Anexo I) indica uma boa densidade de cobertura arbórea nas amostras mais profundas do perfil.

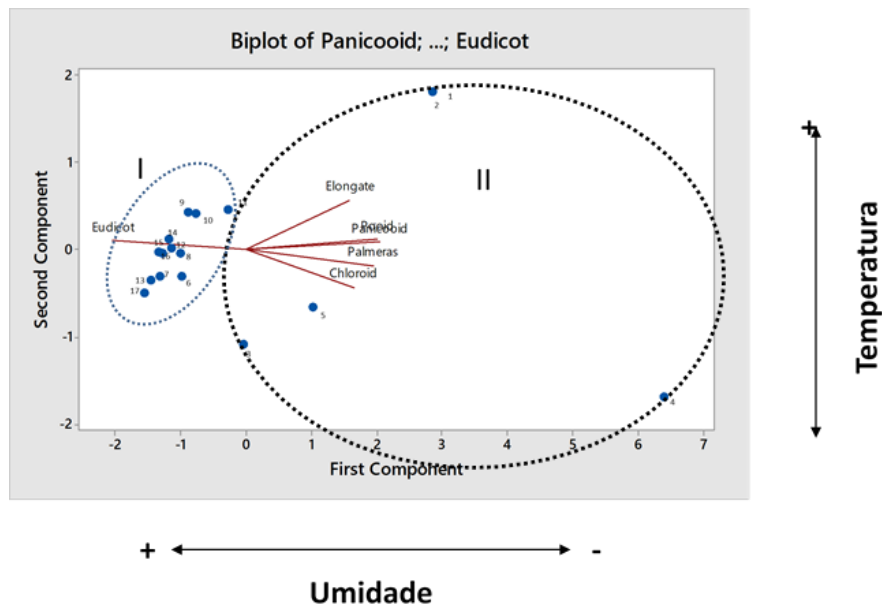


Figura 14: Análise dos componentes principais (PCA) - D1P4.

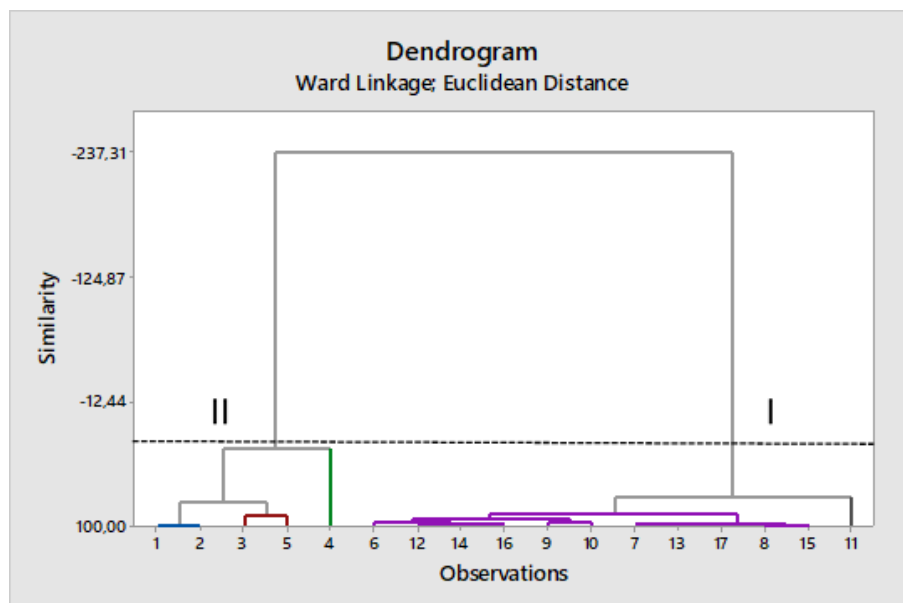


Figura 15: Análise de Agrupamentos Hierárquicos - D1P4.

De acordo com os resultados da assembleia fitolítica observa-sedomínio de plantas  $C_3$  ao longo do perfil, com variações que permitiram identificar duas zonas fitolíticas, que juntamente com as variações isotópicas indicam dois momentos ambientais diferenciados ao longo da formação deste perfil (Figura 16).

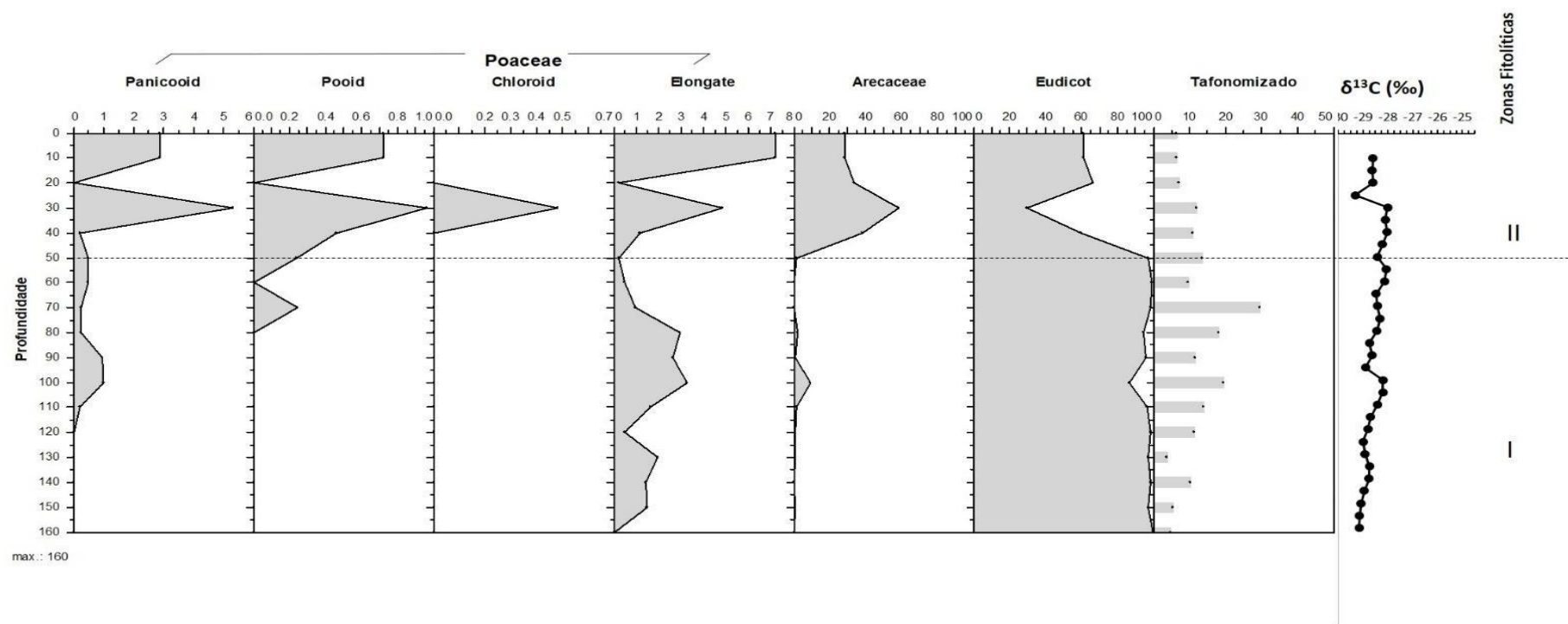


Figura 16: Distribuição da assembléia fitolítica (em %), dados isotópicos ( $\delta^{13}C$ ) e zonas fitolíticas do perfil de Organossolo Háplico Sáprico típico (D1P4).

A assembleia da vegetação atual é refletida na amostra de 0-10 cm, composta predominantemente por fitólitos produzidos por plantas  $C_3$  - Eudicotiledoneas (60%) e Arecaceae (palmeiras) que representam cerca de 30% da assembleia. Os valores isotópicos de  $\delta^{13}C$  também assinalam o predomínio de plantas  $C_3$ , mantendo-se em torno de -29‰ (Figura 16). Estudos feitos em duas depressões por Calegari et al. (2017) encontraram resultados semelhantes nos primeiros centímetros do perfil, com predominância de morfotipos de palmeiras 47% a 53% e eudicotiledôneas 33% a 52%. Também com resultados isotópicos sugerindo a presença de plantas  $C_3$  (árvores e / ou gramíneas) em todo o perfil do solo.

Da base para o topo, a zona I (de 160 até 50 cm), corresponde ao domínio de planta  $C_3$  (Eudicotiledoneae) de hábito arbóreo e arbustivo e baixa frequência de plantas  $C_4$  (gramínea Panicoid e Arecaceae) (Zona I), indicando período favorável a formação de uma vegetação mais arborizada de pouca luz (que impede o desenvolvimento de gramíneas). Nos 50 cm superficiais, Zona II, observa-se uma pequena diminuição na frequência de plantas  $C_3$  de hábito arbóreo e arbustivo, e a presença de gramíneas  $C_3$  (Pooid), mantendo o sinal isotópico  $\delta^{13}C$  empobrecido, entre -28‰ e -30‰ (Figura 20).

Estes resultados permitem uma interpretação de que este perfil passou por uma mudança na estrutura da vegetação de fitofisionomia adaptada a um ambiente mais drenado para uma vegetação mais aberta adaptada a uma condição de encharcamento e hidromorfismo, devido ao impedimento da drenagem, marcando assim a formação da atual depressão, classificada como fechada. A distribuição dos fitólitos com algum tipo de tafonomização (sinais de dissolução, corrosão ou quebra), maior concentração no topo da Zona I, indica que pode ter havido transporte de material das partes mais profundas do perfil pela fauna (HART & HUMPHREYS, 1997; RODRIGUES, 2018), mesclando fitólitos mais modernos (bem preservados) com aqueles residuais que estão a mais tempo no perfil (ALEXANDRE et al., 1997a; EPSTEIN, 2001; HART & HUMPHREYS, 1997, 2003).

A análise dos resultados dos *proxies* empregados neste trabalho indica que esta depressão se formou em um local onde no passado (não determinado pois não foram realizadas datações em amostras nesta depressão) havia uma floresta adaptada a condições não hidromórficas, conforme indicado pelos dados isotópicos e fitolíticos. Os atributos físicos e químicos dos solos não refletem, de forma direta, essa fase mais bem drenada de pedogênese deste perfil. Tal fase só pode ser identificada a partir dos *proxies* biológicos que assinalam uma mudança na estrutura da vegetação do perfil de Organossolo (P4) situado no centro da depressão, marcando a formação da muçununga. A sutil alteração observada na estrutura da vegetação, indicada pelos *proxies* biológicos, no Argissolo Amarelo (P1) situado

no ponto mais elevado da borda da depressão permite interpretar que este solo sempre esteve sob floresta, sem sinais de forte alteração na hidrologia do perfil, que parece nunca ter estado sob condições de hidromorfismo. Embora os processos pedogenéticos envolvidos na formação desse solo indiquem haver variação na hidrologia desse perfil, favorecendo a formação do horizonte B textural, esta variação ainda não foi suficiente para causar fortes alterações na vegetação .

## **Depressão 2**

A depressão 2 possui 190 metros de extensão e cerca de 4 metros de desnível, com conformação alongada, apresentou um regime hídrico semi-aberto (concavidade conectada), escoando o excesso de água, e pode configurar um *proto-vale* (Coelho Netto, 2003; Xavier & Coelho Netto, 2008) do Rio Imbaçuaba (Figura 1).

Esta depressão semi-aberta, ou concavidade conectada (Coelho Netto, 2003) está inserida no mesmo contexto de relevo e vegetação descrito na depressão 1, diferindo-se em relação a hidrologia, uma vez que apresenta uma drenagem semia-aberta, com conexão com canais de baixa ordem hierárquica. Desta forma apresenta uma melhor drenagem dentro da área rebaixada da feição, diminuindo o hidromorfismo quando comparado ao da depressão 1. Essa drenagem parece estar refletindo na vegetação e no sistema pedológico identificados nesta feição.

## **Sistemas pedológicos**

A depressão 2, considerado seu formato e conexão com a rede de drenagem parece estar, de acordo com as ideias de Coelho Netto (2003) e Xavier & Coelho Netto (2008), em um estágio de evolução mais adiantado do que a Depressão 1. Os tipos solos encontrados nesta depressão também refletem isso, pois se formam a partir de processos relacionados a uma circulação hídrica lateral mais livre, permitindo o escoamento, ainda que lento, do excedente hídrico reduzindo as áreas e períodos de encharcamento nesta feição geomórfica.

Foram identificados na depressão 2, de montante para jusante, os horizontes superficiais A presente na parte não hidromórfica da topossequência e H (hístico) na parte alagada, e os horizontes subsuperficiais Bt, Bm, Bg, Bh e Bhm na parte mais central da depressão. Os horizontes E (eluvial) e Bhg foram encontrados no final da topossequência na margem oposta da depressão. (Figura 17).

O sistema pedológico identificado é composto por Argissolo Amarelo (Perfil 1) no setor mais elevado e bem drenado da topossequência, Gleissolo (Perfil 2) no segmento côncavo, Espodossolo (Perfil 3), Organossolo (Perfil 4) no centro da depressão e Espodossolo (Perfil 5) na borda oposta da depressão, no segmento plano convexo.

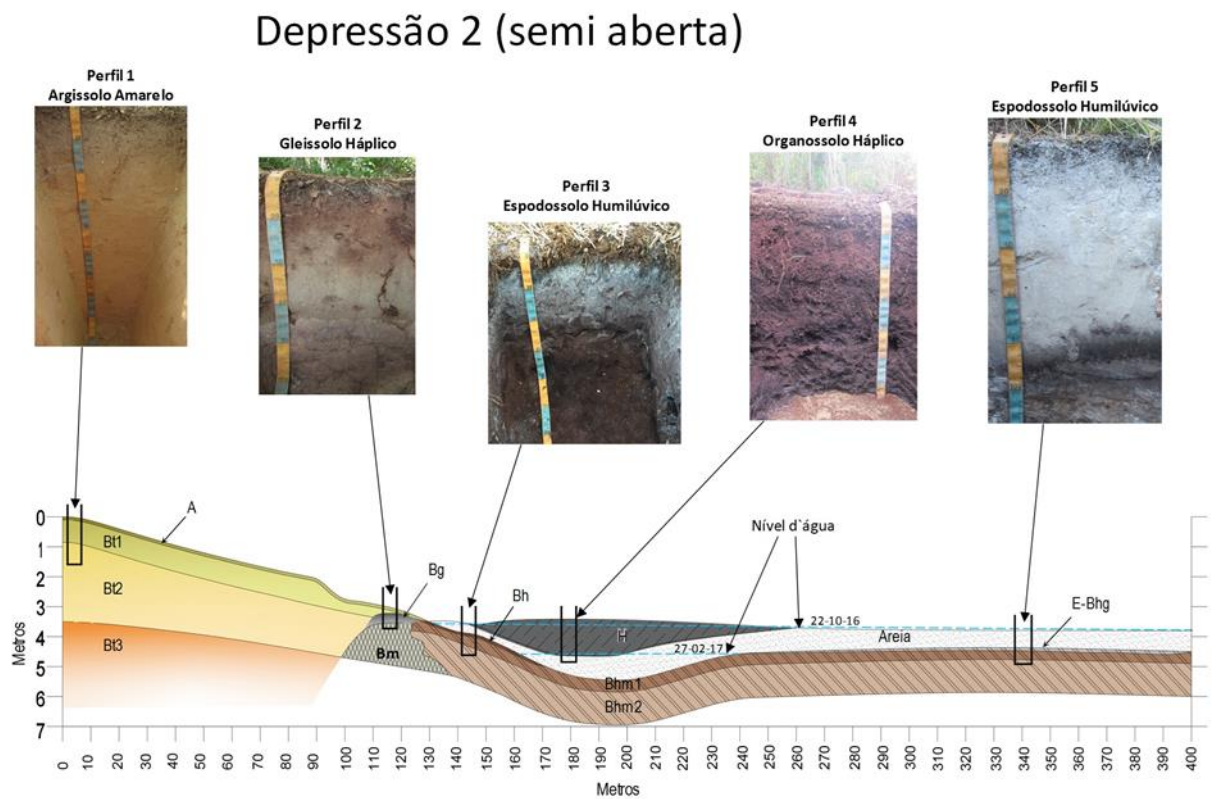


Figura 17: Representação bidimensional da Topossequência da depressão 2.

A análise dos atributos físico e químico apresentados nas Tabelas 4,5 e 6 permitiram classificar os solos identificados nesta depressão como Argissolo Amarelo Distrófico típico (Perfil 1), Gleissolo Háptico Ta Distrófico típico (Perfil 2), Espodossolo Humilúvico Hidromórfico organossólico (Perfil 3), Organossolo Háptico Sáprico típico e Espodossolo Humilúvico Hidromórfico típico.

Tabela 4: Composição granulométrica e textural dos perfis descritos na depressão 2.

<b>Hor.</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>ARGILA</b>	<b>SILTE</b>	<b>AREIA</b>	<b>Textura</b>
----- g/Kg -----					
<b>D2P1 - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>					
A	0-7	124	16	861	Areia franca
AB	7-27	153	18	830	Francoarenosa
BA	27-40	270	35	695	Franco-argiloarenosa
Bt1	40-61	433	41	526	Argiloarenosa
Bt2	61-340	433	14	553	Argiloarenosa
S1-1 - Bt3	340-630	397	24	579	Argiloarenosa
S1-2 - C1	630-680	187	30	783	Francoarenosa
S1-3 - C2	680-700	200	83	717	Francoarenosa
S1-4 - C3	700-780	246	45	709	Franco-argiloarenosa
S1-5 - C4	780-800	227	34	739	Franco-argiloarenosa
S1-6 - C5	800-820	346	94	560	Franco-argiloarenosa
S1-7 - C6	820-870	177	140	683	Francoarenosa
S1-8 - C7	870-880	314	100	587	Franco-argiloarenosa
<b>D2P2 - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico</b>					
A	0-10	332	84	584	Franco-argiloarenosa
B1	10-20	322	146	531	Franco-argiloarenosa
B2	20-40	75	55	870	Areia
Bg1	40-60	46	19	935	Areia
Bg2	60-65	88	24	888	Areia
<b>D2P3 - ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico organossólico</b>					
H	0-7				
A	7-12	185	75	740	Francoarenosa
E	12-23	148	109	743	Francoarenosa
BE	23-35	280	31	689	Franco-argiloarenosa
Bh1	35-45	143	130	727	Francoarenosa
Bhm1	45-35	199	108	694	Francoarenosa
Bh2	65-80	166	83	751	Francoarenosa
Bhm2	80-110-	96	118	785	Areia franca

---

**D2P4 - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico**


---

H1	0-7				
H2	7-13				
H3	13-38				
H4	38-59				
H5	59-75				
H6	75-107				
2Cg	107-119	163	193	644	Francoarenosa
3Cg	119-125	69	53	878	Areia franca
4Cg	125-200	24	19	956	Areia
S2-1 - Bhm1	200-230	97	98	804	Areia franca
S2-2 - Bhm2	230-340-	349	154	497	Franco-argiloarenosa

---

**D2P5 - ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico**


---

A	0-5	48	80	872	Areia
AE	5-12	47	15	938	Areia
E1	12-45	23	19	958	Areia
E2	45-77	24	32	944	Areia
E-Bhg	77-83	91	90	820	Areia franca
Bhm1	83-89	167	75	758	Francoarenosa
Bhm2	89-121	394	107	499	Argiloarenosa
Bhm3	121-	226	60	714	Franco-argiloarenosa

---



Tabela 5: Atributos químicos dos perfis de solos da depressão 2

Hor.	Prof. (cm)	pH		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	CO	P	CTC (T)	CTC (t)	V%	m%
		H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmolc/Kg -----						----- g/Kg -----					
<b>D2P1 - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico</b>															
A	0-7	5,5	4,5	3,04	0,75	0,13	0,10	7,40	3,92	44,3	0,49	11,32	4,0	34,6	2,5
AB	7-27	5	4,1	0,60	0,23	0,06	0,66	3,92	0,89	22,8	0,18	4,81	1,6	18,6	42,5
BA	27-40	4,8	3,8	0,40	0,15	0,02	1,14	4,34	0,57	24,4	0,14	4,91	1,7	11,7	66,6
Bt1	40-61	4,9	3,9	0,31	0,14	0,02	1,18	3,90	0,46	13,9	0,07	4,36	1,6	10,5	72,0
Bt2	61-340	4,8	4	0,29	0,17	0,01	0,99	2,90	0,46	8,6	0,08	3,36	1,5	13,8	68,2
S1-1 - Bt3	340-630	5,4	4,8	0,39	0,17	0,02	0,16	0,86	0,58	0,8	0,04	1,44	0,7	40,4	21,6
S1-2 - C1	630-680	5,4	4,7	0,41	0,08	0,02	0,07	0,44	0,51	0,8	0,06	0,95	0,6	53,5	12,2
S1-3 - C2	680-700	5,6	5,1	0,14	0,09	0,03	0,02	0,44	0,25	1,3	0,08	0,69	0,3	36,5	7,3
S1-4 - C3	700-780	5,6	5	0,16	0,09	0,02	0,04	0,58	0,27	2,4	0,07	0,85	0,3	31,6	13,0
S1-5 - C4	780-800	5,5	5,1	0,19	0,05	0,02	0,03	0,44	0,25	3,4	0,95	0,69	0,3	36,0	10,8
S1-6 - C5	800-820	5,4	5	0,36	0,07	0,02	0,07	0,42	0,45	2,4	0,07	0,87	0,5	51,7	13,5
S1-7 - C6	820-870	5,5	5,2	0,36	0,05	0,02	0,15	0,50	0,43	3,9	0,10	0,93	0,6	46,2	25,9
S1-8 - C7	870-880	5,5	4,9	0,72	0,11	0,04	0,12	1,30	0,87	6,0	0,06	2,17	1,0	40,2	12,1

Continua...

Tabela 5: Atributos químicos dos perfis de solos da depressão 2

...Continuação

Hor.	Prof. (cm)	pH		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	CO	P	CTC (T)	CTC (t)	V%	m%	
		H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmolc/Kg -----						----- g/Kg -----						
<b>D2P2 - GLEISSOLO HÁPLICO TA Distrófico típico</b>																
A	0-10	5,1	4	2,85	0,70	0,10	0,88	10,16	3,65	86,5	1,66	13,81	4,5	26,4	19,4	
B1	10-20	4,8	3,8	0,48	0,13	0,03	3,17	16,36	0,63	97,0	0,92	16,99	3,8	3,7	83,3	
B2	20-40	5	4	0,21	0,05	0,01	2,27	11,52	0,27	56,9	0,53	11,79	2,5	2,3	89,3	
Bg1	40-60	4,9	4,3	0,10	0,04	0,00	3,56	6,16	0,14	26,5	0,44	6,30	3,7	2,2	96,3	
Bg2	60-65	4,8	4,1	0,13	0,04	0,02	1,95	9,70	0,18	45,3	1,04	9,88	2,1	1,8	91,6	
<b>D2P3 - ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico organossólico</b>																
H	0-7	4,2									737,5					
A	7-12	4,9	4	2,14	0,39	0,05	0,69	8,14	2,58	55,3	11,08	10,72	3,3	24,1	21,1	
E	12-23	5,4	4,4	0,52	0,13	0,00	0,08	1,02	0,65	8,6	0,26	1,67	0,7	38,7	11,0	
BE	23-35	5,8	5,1	1,64	0,28	0,01	0,60	1,72	1,92	18,1	0,42	3,64	2,5	52,8	23,8	
Bh1	35-45	5,4	4,1	3,44	1,31	0,01	0,56	14,02	4,76	123,2	2,75	18,78	5,3	25,3	10,5	
Bhm1	45-35	5,5	4,3	5,86	2,89	0,01	0,53	16,04	8,76	133,7	2,72	24,80	9,3	35,3	5,7	
Bh2	65-80	4,9	3,7	1,02	1,09	0,01	2,77	17,66	2,12	44,6	2,47	19,78	4,9	10,7	56,7	
Bhm2	80-110-	4,9	4	0,57	0,26	0,02	1,77	19,06	0,85	117,9	0,76	19,91	2,6	4,3	67,5	

Continua...

Tabela 5: Atributos químicos dos perfis de solos da depressão 2

...Continuação

Hor.	Prof. (cm)	pH		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	CO	P	CTC (T)	CTC (t)	V%	m%
		H <sub>2</sub> O	KCl												
----- cmolc/Kg -----													----- g/Kg -----		
<b>D2P4 - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico</b>															
H1	0-7	4,3								740,4					
H2	7-13	3,4								982,7					
H3	13-38	3,2								1000					
H4	38-59	3,3								1000					
H5	59-75	3,1								1000					
H6	75-107	3,1								1000					
2Cg	107-119	3,4								33,8					
3Cg	119-125	3,7								20,7					
4Cg	125-200	4,6								1,3					
S2-1 - Bhm1	200-230	4,2	3	1,06	0,22	0,03	1,86	17,56	1,30	117,9	9,38	18,86	3,2	6,9	58,8
S2-2 - Bhm2	230-340-	4,6	3,8	0,75	0,20	0,03	2,96	18,52	0,98	123,2	10,89	19,50	3,9	5,0	75,1

**Continua...**

Tabela 5: Atributos químicos dos perfis de solos da depressão 2

...Continuação

Hor.	Prof. (cm)	pH		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	CO	P	CTC (T)	CTC (t)	V%	m%
		H <sub>2</sub> O	KCl	----- cmolc/Kg -----						----- g/Kg -----					
<b>D2P5 - ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico típico</b>															
A	0-5	5,2	4,3	4,62	0,72	0,12	0,18	5,80	5,46	55,0	2,28	11,26	5,6	48,5	3,2
AE	5-12	5,5	4,4	0,97	0,19	0,03	0,14	2,12	1,19	21,8	0,30	3,31	1,3	35,9	10,5
E1	12-45	5,5	4,4	0,14	0,04	0,01	0,26	0,40	0,18	1,8	0,08	0,58	0,4	30,9	59,3
E2	45-77	5,4	4,4	0,08	0,04	0,01	0,25	0,40	0,12	1,3	0,05	0,52	0,4	23,2	67,4
E-Bhg	77-83	4,6	3,4	0,11	0,09	0,01	1,07	4,30	0,21	14,9	0,21	4,51	1,3	4,6	83,7
Bhm1	83-89	4,3	3,3	0,16	0,20	0,04	4,04	18,12	0,40	62,1	0,32	18,52	4,4	2,2	91,0
Bhm2	89-121	4,3	3,6	0,07	0,07	0,06	4,23	15,58	0,20	37,5	1,87	15,78	4,4	1,3	95,5
Bhm3	121-	4,6	3,8	1,02	0,04	0,06	2,87	13,56	1,11	51,6	0,91	14,67	4,0	7,6	72,1

Tabela 6: D2 P4 – Classificação das turfas pelo grau de decomposição, segundo Von Post - Organossolo Háplico Sáprico típico.

Horizonte	Profundidade (cm)	Graus de humosidade	Característica	Cor da água que flui entre os dedos	Fração da turfa que flui entre os dedos	Permanece na mão		Classe
						Forma	Estrutura vegetal	
H1	0-7	H4	Fracamente decomposta	Muito castanha	Não passam sólidos entre os dedos	Apresenta aspecto gelatinoso	Estrutura vegetal nitidamente reconhecível	Fibrosa
H2	7-13	H5	Decomposta	Líquido escuro	Passa pouca		Ainda pouco reconhecíveis os vegetais	Hêmica
H3	13-38	H7	Fortemente decomposta		Passa 3/5 do volume		Muito pouco reconhecíveis os vegetais	Ficam na mão resíduos de fibras e raízes
H4	38-59	H8	Muito fortemente decomposta		Passa quase tudo	Sobra muito pouco na mão		
H5	59-75	H9	Quase totalmente decomposta					
H6	75-107	H10	Completamente decomposta	O material flui integralmente entre os dedos				

De modo geral os solos desta depressão são mais arenosos e sua distribuição acompanha as variações sazonais e espaciais do lençol freático na área (Figura 17), isto é, nas áreas onde o lençol é mais profundo são encontrados os solos melhor drenados (Argissolos) e evoluídos pedogeneticamente, enquanto que naqueles setores onde o lençol freático é mais estagnado e superficial encontram-se os Gleissolos e Organossolos e na transição entre estas condições são encontrados o Espodossolos.

### Isótopos de C ( $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ) e Matéria Orgânica dos Solos da depressão 2

Seguindo a mesma lógica adotada na primeira depressão, foram selecionados dois perfis para o estudo de reconstituição paleoambiental. O perfil 1 (D2P1), um Argissolo Amarelo, foi descrito e coletado no topo da topossequência, segmento bem drenado. Este perfil apresentou valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , respectivamente, em torno de  $-29\text{‰}$  e entre  $7,2\text{‰}$  e  $6\text{‰}$  (Figura 18A,B) e relação C/N em torno de 13 (Figura 18C). Tais valores correspondem a assinatura isotópica da vegetação atual, a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. Estes valores são semelhantes ao perfil de Argissolo (P1) da depressão 1.

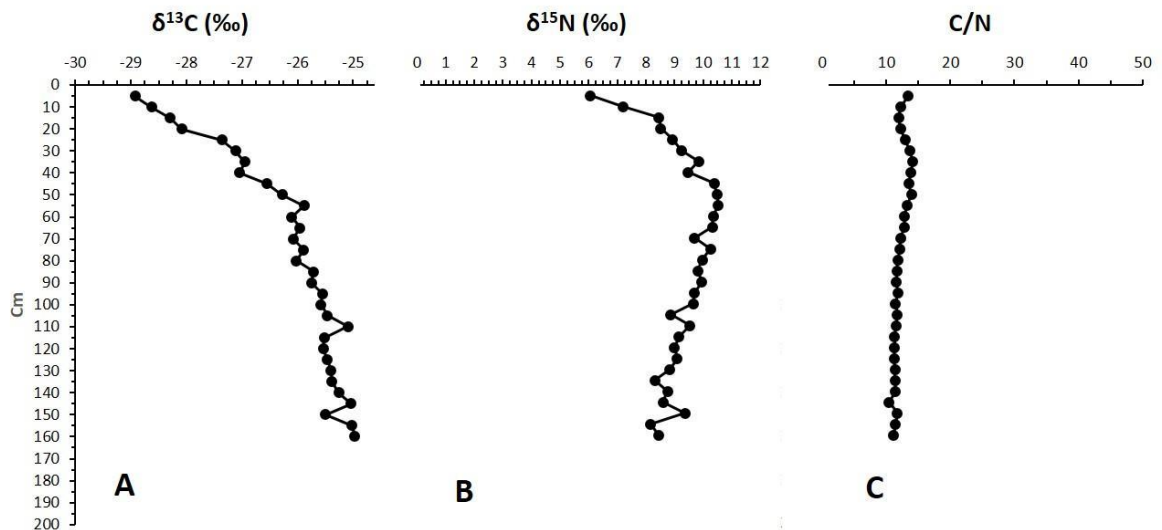


Figura 18: Valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) e  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) e relação C/N do Perfil 1 - Topossequencia 2 (D2P1).

Da base para o topo do perfil 1, observa-se uma tendência de empobrecimento isotópico, com pequenas variações, inferiores a  $2\text{‰}$  e predomínio de plantas plantas  $\text{C}_3$  adaptadas a condições não hidromórficas, haja vista que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  muito baixos,

inferiores a 5‰ (180-25 cm), corroborando a interpretação de um ambiente terrestre não hidromórficos (LAMB et al., 2006).

A vegetação da área ao longo do processo de formação desse perfil de solo sempre foi dominada por plantas de padrão fotossintético  $C_3$  (proporção superior a 86%), indicando uma vegetação fechada, arborizada, formada sob condições oxidantes (não hidromórfica).

O perfil 4 (D2P4), corresponde a um Organossolo, situado no setor central da depressão 2. Assim como o perfil 1 (D2P1) também apresenta predomínio de plantas  $C_3$ , com valores isotópicos de  $\delta^{13}C$  e  $\delta^{15}N$ , respectivamente, mantendo-se entre -27‰(10-5 cm) e -29,8‰ (95-90 cm) e 1,5‰ (25-20 cm) e 4,66‰ (120-155 cm). Esses valores são semelhantes ao da vegetação atual que possui valor de  $\delta^{13}C$  e  $\delta^{15}N$  de -28,86‰ e 2,67‰ (Figura 19A,B). A relação C/N para as amostras desse solo variaram de 72,62 (100-95 cm) a 22,36 (10-5 cm) (Figura 19C).

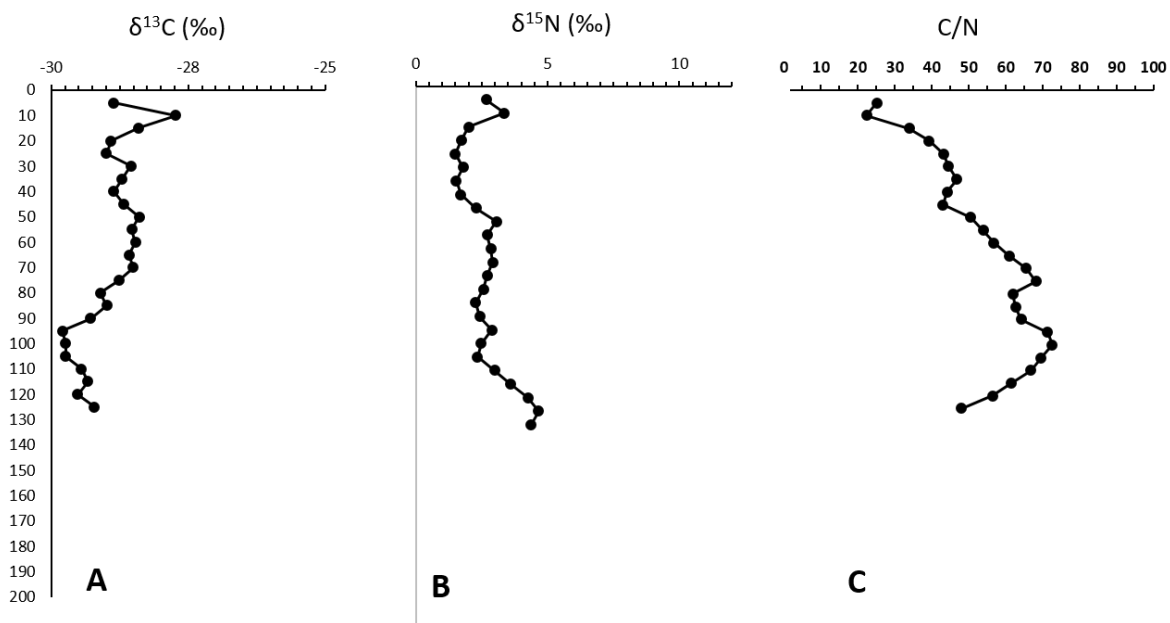


Figura 19: Valores isotópicos de  $\delta^{13}C$  (‰) e  $\delta^{15}N$  (‰) e relação C/N do Perfil 4 - Topossequencia 2 (D2P4).

Os valores elevados da relação C/N, acima de 40, são observados, da base para o topo do perfil, entre 160 e 25 cm de profundidade, indicando maior concentração de plantas adaptadas a condições mais secas no início da formação desse solo, que mais recentemente tem sido submetido a condições de hidromorfismo. Os valores mais baixos observados na parte superficial do perfil (25-0 cm) corroboram a influencia do hidromorfismo na matéria orgânica acumulada no solo.

## Assembleia fitolítica

No perfil de Argissolo Amarelo (D2P1), foram identificados 18 morfotipos diferentes (Anexo F), sendo mais frequente os Globular granulate, Globular psilate, Bloco poligonal, Elongate tabular psilate, Globular oblong granulate, Bloco e Epidermic poligonal cell (Figura 20), todos produzidos por plantas eudicotiledoneas de hábito arbóreo e arbustivo (Quadro 1).

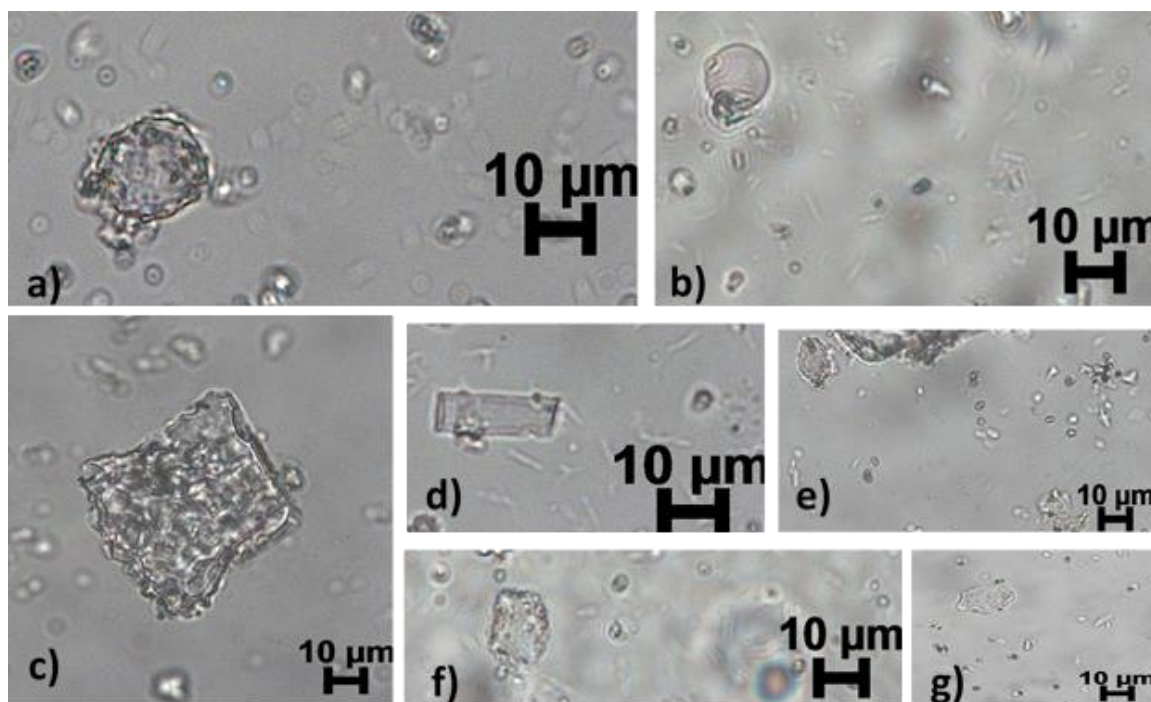


Figura 20: Principais morfotipos de fitólitos encontrados no perfil – D2P1.

a) Globular granulate, b) Globular psilate, c) Bloco poligonal (com sinal de dissolução), d) Elongate tabular psilate, e) Elipsoidal granulate f) Bloco poligonal, g) Epidermic poligonal cell

Por não apresentar ou ter um número inexpressivo de células curtas (Rondel, saddle, trapeziform, cross, etc) produzidos por gramíneas, os resultados dos índices fitolíticos não foram muito explicativos para esta situação, sobretudo o índice Iph (índice aridez) cujo valor foi nulo. O índice DP (cobertura arbórea), apresentou valor em apenas uma amostra (Anexo J): Na parte superior do perfil (0 -10 cm), indicando a boa densidade de cobertura arbórea da atual Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas.

A análise de componentes principais - PCA da D2P1, (Figura 21) e de Agrupamento Hierárquico (Figura 22) aplicadas aos dados da assembleia fitolítica das amostras com fitólitos identificáveis indicam a ocorrência de três grupos, ou seja, três zonas fitolíticas subdivididas ao longo do perfil.



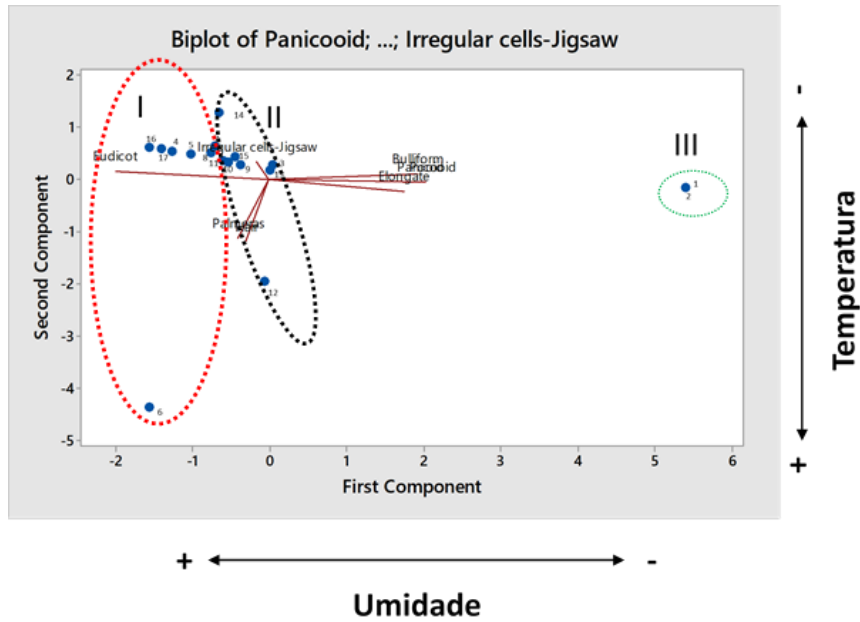


Figura 21: Análise dos componentes principais (PCA) – D2P1

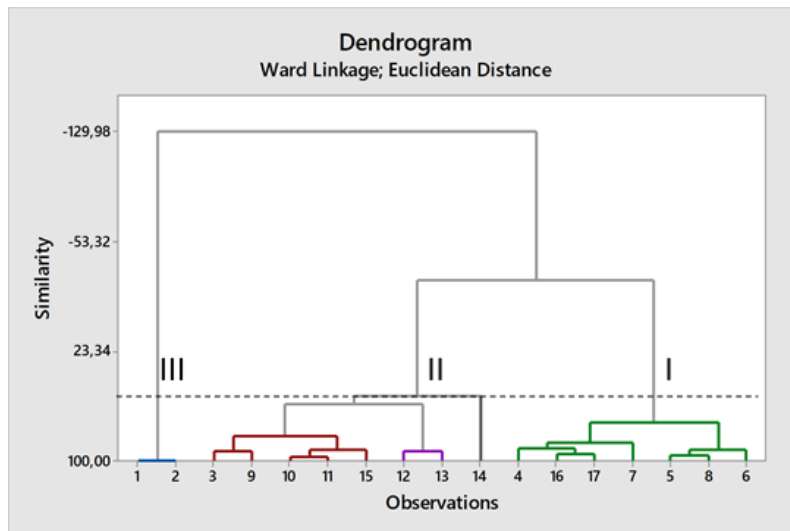


Figura 22: Análise de Agrupamentos Hierárquicos – D2P1.

A análise dos dados isotópicos e da estatística aplicada aos dados da assembleia fitolítica identificada na D2P1 indicam três momentos ambientais (Zonas Fitolíticas) (Figura 23) ao longo da formação desse solo, que se assemelham aos observados no Argissolo da Depressão1.

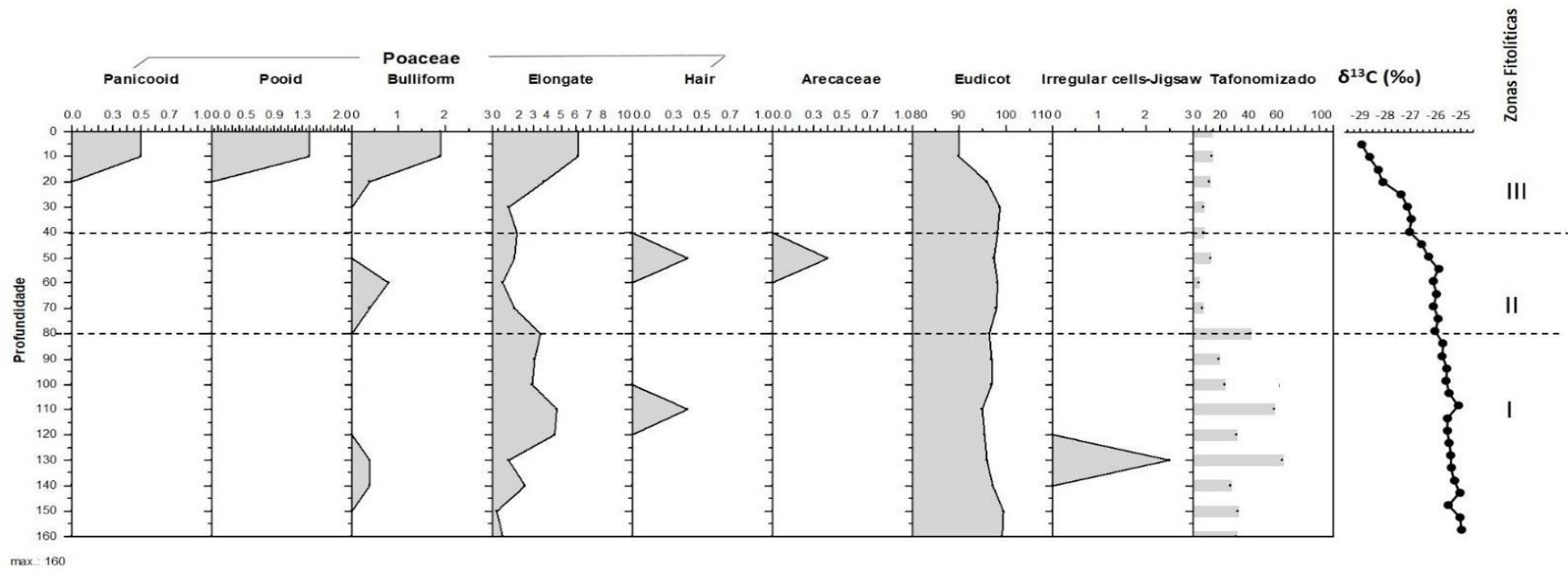


Figura 23: Assembléia fitolítica (em %) do perfil D2P1

Atualmente a vegetação de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (Mata de Tabuleiro) está em concordância com as condições do clima atual que é Tropical Úmido do tipo Af (Köppen), com precipitação média anual de 1.359,2 mm, e temperatura média anual em torno de 24,5°C.

Da base para o topo, conforme Figura 23, o primeiro momento ambiental (Zona I) corresponde a uma fase de ambiente mais úmido, porém não hidromórfico, com domínio de plantas C<sub>3</sub> (Eudicotiledoneas) de hábito arbóreo arbustivo e pteridófitas marcada pela presença do morfotipo irregular cells jigsaw (veja Quadro 1) entre 160 cm e 80 cm e baixa frequência de gramíneas, marcada pela presença de morfotipos elongates e buliforms (produzidos por todas as Poaceae).

A zona II (80-40 cm) indica um aumento na frequência de eudicotiledoneae que corresponde a quase totalidade da assembleia, corroborando os dados isotópicos que indicam maior porcentagem de plantas C<sub>3</sub>.

A zona III, corresponde a vegetação atual adaptada ao clima atual que permite o desenvolvimento de uma vegetação arbórea, com baixa ocorrência de gramíneas C<sub>3</sub> (poid) e C<sub>4</sub> (panicoid). Esses resultados corroboram com a interpretação dos dados isotópicos que indicam que a floresta sempre esteve presente ao longo da formação desse solo (Figura 19).

A quantidade de fitólitos com sinais de tafonomização é maior na base do perfil indicando maior tempo de permanência dos morfotipos no solo conforme literatura especializada (ALEXANDRE et al., 1997a; HART & HUMPHREYS, 1997, 2003; RUNGE, 1999), também pode indicar interferência da fauna do solo que pode participar na mobilização de fitólitos no perfil (HART & HUMPHREYS, 1997; RODRIGUES, 2018), porém, sem implicações na interpretação das assembleias e de seu significado paleoambiental.

O Organossolo (perfil D2P4), situado no centro da depressão, apresentou a assembleia fitolítica mais diversificada entre todos os perfis estudados. Neste perfil (D2P4), foram encontrados 33 morfotipos diferentes (Anexo G), mas os que apresentaram maior proporção, foram o Globular psilate, Globular granulate, Bloco poligonal, Bloco, Elongate tabular psilate, produzidos por Eudicotiledoneas (árvores e arbustos), Bilobate produzidos por gramíneas C<sub>3</sub> da subfamília Panicoideae, predominantemente, Globular echinate, produzido por plantas da família Arecaceae (palmeiras) e morfotipos Maranthaceae, família de plantas pioneiras em ambientes com boa drenagem (Figura 24).

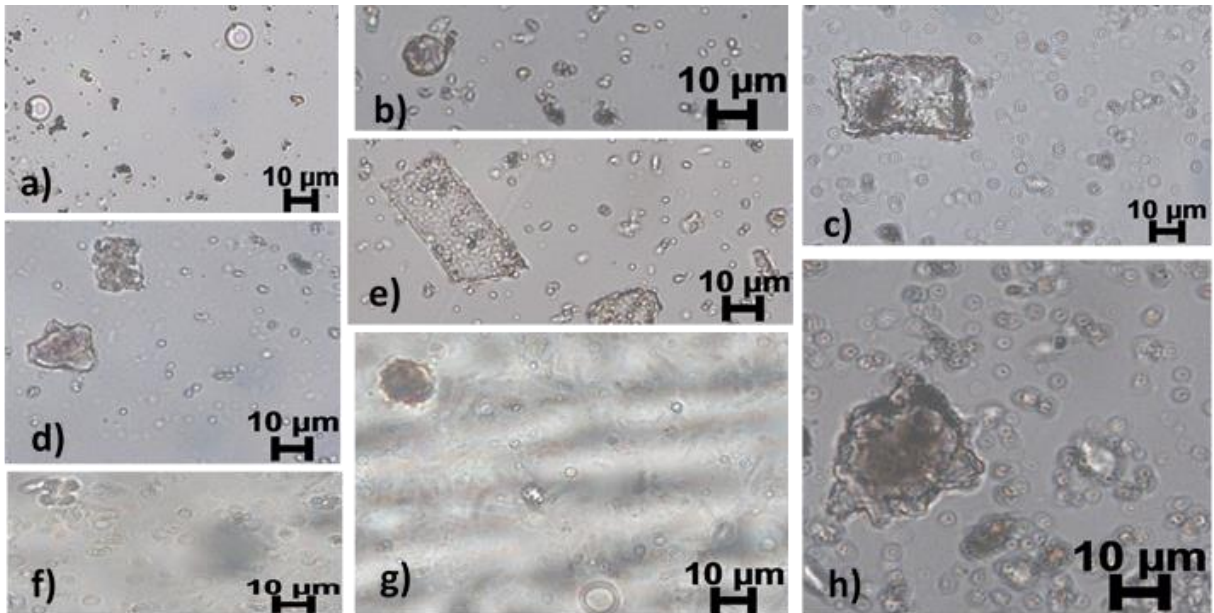


Figura 24: Principais morfotipos de fitólitos encontrados no perfil – D2P4.

a)Globular psilate, b)Globular granulate, c)Bloco poligonal, d)Bloco, e)Elongate tabular psilate, f)Bilobate, g) Globular echinate, h)Maranthaceae

De acordo com os resultados da análise multivariada de componentes principais - PCA da D2P4, (Figura 25) e de Agrupamento Hierárquico (Figura 267) foram identificados três grupos, ou seja, três zonas fitolíticas ao longo do perfil.

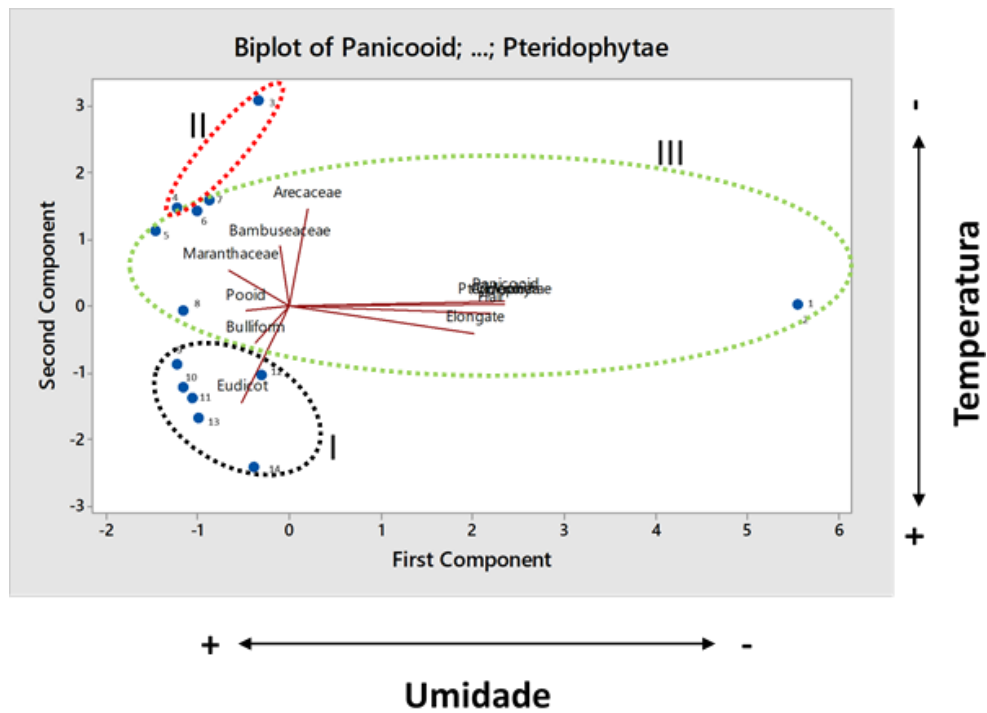


Figura 25: Análise dos componentes principais (PCA) – D2P4.

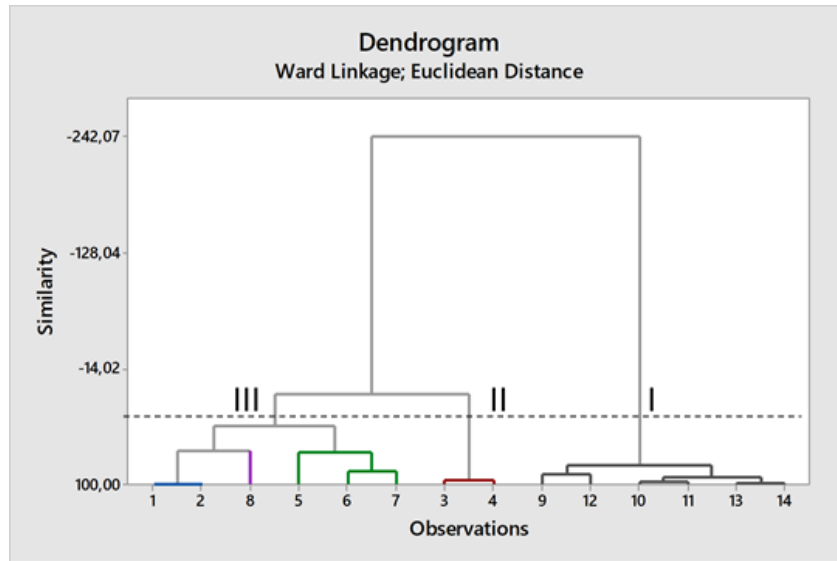


Figura 26: Análise de Agrupamentos Hierárquicos – D2P4

Assim como nos demais perfis estudados em ambas as depressões a baixa ou nula quantidade de fitólitos de Poaceae (com significado taxonômico) inviabilizou o uso do resultados dos índices fitolíticos, sobretudo aquele utilizado para interpretação das condições de temperatura (Ic - índice climático) que foi nulo para todas as amostras deste perfil. O índice Iph (índice aridez) apresentou um valor de 5% na profundidade de 135 cm, mas segundo Bremond et al. (2008) este índice não pode ser utilizado se for detectada a presença de fitólitos de Pooideae (Poaceae em C<sub>3</sub>), como encontrado em algumas amostras deste solo, por poderem contribuir para a produção de saddles, comprometendo a interpretação sobre as condições hídricas do ambiente. O índice D/P (cobertura arbórea), apresentou valores em algumas amostras, mais altos até a profundidade de 90 cm indicando que houve uma vegetação com boa densidade de cobertura arbórea durante a formação dos horizontes mais profundos do perfil (Anexo K), corroborando com os dados isotópicos que indicaram predomínio de planta C<sub>3</sub> em todo o perfil.

De acordo com a análise estatística foi possível identificar três agrupamentos estatísticos que representam zonas fitolíticas (momentos ambientais) (Figura 27). Estes agrupamentos indicam da base para o topo do perfil, que houve um aumento de umidade no ambiente, haja vista a ocorrência de fitólitos de Marantaceae que são plantas pioneiras associadas a condições de hidromorfismo, e a ocorrência de fitólitos produzidos por plantas da família Cyperaceae e por Pteridofitas. Estas são plantas que necessitam de umidade para o seu desenvolvimento

A vegetação atual, muçununga, marcada por plantas adaptadas ao hidromorfismo é representada nas amostras superficiais, com predomínio de fitólitos de eudicotiledoneas, pteridófitas, cyperaceas, arecaceas e gramíneas (Poaceae). Da base para o topo, observa-se que houve uma mudança na estrutura da vegetação (Figura 27), a saber:

A zona I (130-70 cm) corresponde a fase de maior frequência de morfotipos de Eudicotiledoneae de hábito arbóreo e arbustivo. Esse momento é posterior a 13.000 anos AP (idade LOE), e corresponde ao final do Pleistoceno quando as condições na região Sudeste se tornam, em algumas regiões, mais secas que a atual (PESSENDA et al., 2005)

A zona II (70 -20 cm) corresponde a uma fase de transição na vegetação, com aumento de Maranthaceae e de Arecaceae em detrimento dos morfotipos de Eudicotiledoneae, indicando uma condição de maior hidromorfismo, corroborando os dados de C/N e os dados isotópicos da matéria orgânica deste perfil indicando uma abertura da floresta, devido a uma nova fitofisionima que se instala, adaptada a essa nova condição hídrica dentro da depressão.

A Zona III (20-0 cm) representa a fase moderna da vegetação de muçununga, com forte presença de fitólitos de Arecaceae e aumento de fitólitos de eudicotiledoneas, indicando uma melhora nas condições de drenagem do perfil. Porém ainda mantém plantas adaptadas a condições de hidromorfismo, tais como as pteridófitas (samambaias e xaxins), Maranthaceae e Cyperaceae.

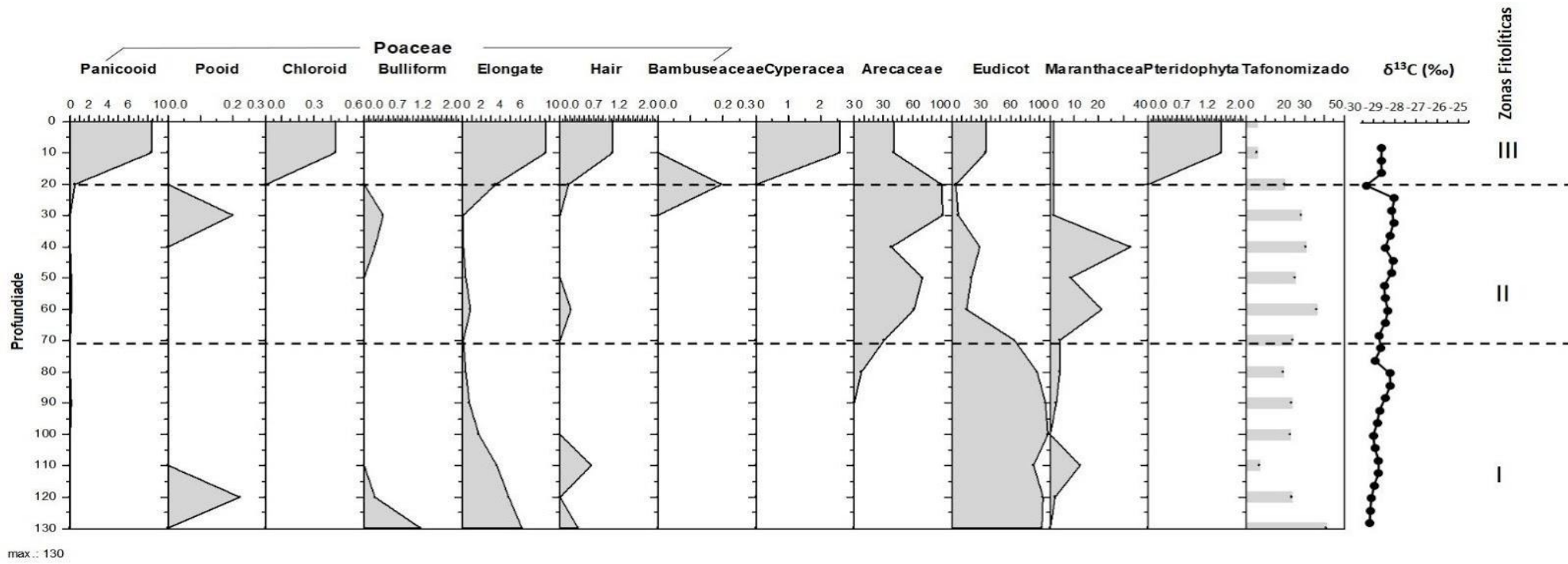


Figura 27: Assembléa fitolítica (em %) do perfil D2P4.

## Datação por LOE

A amostra que apresentou datação mais recente foi na D2P3 a 25 cm de profundidade 3.050 anos. E a amostra com idade mais antiga foi a 70 cm de profundidade, na mesma depressão 35.500 anos (tabela 7).

Tabela 7: Resultados da datação por LOE

Amostra	Profundidade	Idade (anos)
D2P3	25 cm	3.050 ± 525
D2P3	70 cm	35.500 ± 2.920
D2P4	140 cm	13.910 ± 3.000
D2P4	140 cm	12.920 ± 1260
D2P5	40 cm	9.620 ± 2.300
D2P5	40 cm	9.100 ± 990

Não foram encontrados estudos utilizando datações por meio do LOE em depressões dos Tabuleiros Costeiros. Mas estudos utilizando datações  $^{14}\text{C}$ , obtidas da fração humina em depressões fechadas dos Tabuleiros Costeiros, mostraram a idade de um perfil típico, com valores crescentes com a profundidade do solo. Os valores mais antigos obtidos por Buso et al. (2003a) e Calegari et al. (2017), em área de depressões foi de 16685 -15461 anos cal BP e 31811–31128 anos cal BP, respectivamente. Ambas indicando idades no período do Pleistoceno Superior.

## 4.2 Evolução das Depressões

Na escala da paisagem observou-se haver um alinhamento SO-NE das depressões, sendo algumas já coalescidas (Figura 4 A) e outro alinhamento no sentido leste-oeste para as depressões mais circulares e menores, corroborando com outros trabalhos que dizem que, em



condições semelhantes, as depressões podem ser formadas a partir de um ajuste estrutural, inicialmente seguindo a disposição de falhas e ou de fraturas geológicas (HUMBEL, 1964; FILIZOLA & BOULET, 1996; RIBEIRO, 1998; UCHA, 2000; LIMA et al., 2006; UCHA et al., 2012; GIMENES, 2013; ALVES, 2015).

Com o tempo, essa drenagem vertical em profundidade promove uma perda remontante de matéria gerando uma pequena depressão, seguindo a interpretação de (Boulet, 1978), similar as encontradas na região do Tabuleiros Costeiros. A pequena depressão vai aumentando, e a superfície que antes era plana, torna-se côncava, rebaixada, definindo uma feição geomorfológica definida como depressão fechada, gerando uma área de concentração e estagnação de água, condicionando o início de uma zona de gleização – formação de gleissolo e e acúmulo de matéria orgânica (horizonte hístico). Neste estágio, conforme inferências de idade pelos resultados da datação LOE (Tabela 8), entre 35.000-13.000 anos AP, a vegetação começa a adaptar a uma nova condição hídrica dentro da feição, conforme indicado pelos proxies biológicos (fitólitos e isótopos de carbono e nitrogênio) dos dois perfis de Organossolos estudados (D1P4 e D2P4).

A mudança no relevo faz com que o fluxo hídrico que antes era vertical, comece a se dirigir para a lateral em direção ao centro da depressão, causando mudanças nos processos pedogenéticos atuantes no material ali presente, que pode ser sedimento ou um solo pre-existente. A maior umidade no centro da pequena depressão, também condiciona uma mudança na vegetação, que não está adaptada a essa condição de umidade, para outra vegetação mais adaptada, como por exemplo o musgo esfagno. A presença do lençol freático próximo à superfície durante a maior parte do ano na depressão fechada favorece o acúmulo progressivo de material orgânico dando início ao processo de paludização, formando os organossolos. Estas reações aumentam a lixiviação no perfil, acumulando-se no horizonte B, dando início a formação dos Espodosolos nas bordas na feição geomórfica. De acordo com os dados LOE, esta fase teria ocorrido entre o final do Holoceno Inferior e o Holoceno médio (9.000 -3.000 anos AP).

Ácidos orgânicos vindo de horizontes superiores devido a degradação da matéria orgânica, se ligam ao Al e íons de Fe, formando compostos organometálicos atuantes no processo da acidólise (OLIVEIRA, et al., 2010; BUURMAN, et al., 2013) e levando ao espessamento do Espodossolo em detrimento do Argissolo. Este poderia ser o estágio em que se encontra a Depressão 1 estudada nesta dissertação.

Como descrito por outros autores em estudos de depressões tanto em rochas sedimentares (BOULET, 1978), como em rochas metamórficas (COELHO NETTO, 2003;

XAVIER & COELHO NETTO, 2008), depressões fechadas podem evoluir para depressões semi-abertas até chegarem a conectar-se com um curso d'água superficial ou subsuperficialmente, tornado-se parte de canal, processo que permite, assim, o alongamento dos canais de primeira ordem. Seguindo esta hipótese, a Depressão 2 estaria neste estágio de abertura de fluxo, buscando uma conexão com o canal mais próximo, neste caso um tributário do Ribeirão da Imbaçuaba (Figura 4A). Este curso d'água apresenta um vale estrutural, com controle de falha/fratura (Ver Anexo A).

Assim, uma vez estabelecida a turfeira, as plantas não adaptadas à condição de hidromorfismo morrem, dando lugar à espécies adaptadas. Uma vez que a superfície esteja nivelada, ocorre um crescimento adicional na forma de cúpula, sendo dividida em turfa mineralotrófica e ombrotrófica (LINDSAY, 2016). Com isso, mesmo espécies de árvores adaptadas à condição de hidromorfismo morrem, dando lugar à uma vegetação arbustiva, como observado nas depressões estudadas. Uma vez instalado um fluxo livre, alterações podem ocorrer nos processos pedogenéticos, buscando ajustar-se a esta nova condição hídrica dentro da depressão, que passa a funcionar como um proto-canal, conforme sugerido por Coelho Netto (2003) e Xavier & Coelho Netto (2008).

De acordo com os resultados é possível afirmar que não houve alteração nas condições hidromórficas nas partes altas (encosta) das depressões e que as mesmas sempre estiveram sob domínio de florestas. Entretanto, como não foram realizadas datações nos perfis de Argissolo não é possível estabelecer desde quando a floresta encontra-se na área.

Os resultados obtidos nesta área corroboram o trabalho apresentado por Filizola et al. (2001), que as depressões fazem parte de uma sequência evolutiva em que se inicia em meio à Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, provocando condições de hidromorfismo no solo e mudança na vegetação.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas depressões em estudo, a depressão 1 foi classificada com formato circular e fechada, não possibilitando o escoamento lateral do excesso de água. A depressão 2 classificada com conformação alongada e um regime hídrico semi-aberto, promovendo o escoamento do excesso de água, podendo configurar um proto-vale do Rio Imbauaba. Essa conexão com a rede de drenagem, diminuiu o hidromorfismo e demonstrou estar em um estágio mais avançado que a depressão 1.

As mudanças observadas na vegetação de floresta de tabuleiro para arbórea, arbustiva de muçununga é mais um ajuste local devido a formação da depressão, que parece ter seu início mais ligado a neotectônica do que ao clima, apresentando um alinhamento preferencial com as principais linhas e fraturas da região.

A análise dos resultados dos proxies empregados neste trabalho indica que as depressões se formaram em um local onde no passado (já antes de aproximadamente 35.000 anos AP) havia uma floresta adaptada a condições não hidromórficas, conforme dados isotópicos e fitolíticos. Os atributos físicos e químicos dos solos não refletem, de forma direta, essa fase mais bem drenada de pedogênese, pois podem ter sido apagadas pelos processos subsequentes. Tal fase só pode ser identificada a partir dos proxies biológicos, sobretudo a assembleias fitolítica, que assinalaram uma mudança na estrutura da vegetação dos perfis de Organossolos situados no centro das depressões, marcando a formação da muçununga.

Apesar da vegetação atual nas duas depressões ser de porte graminóide a arbustivo, diferentes das áreas florestadas ao entorno, os resultados isotópicos e fitolíticos demonstram que estes locais eram ocupados antes por florestas, sugerindo que estas depressões estão em processo de expansão.

Como não foram feitas datações de  $^{14}\text{C}$ , e foi realizado datações com o LOE apenas na depressão 2 as inferências na questão do tempo são frágeis, necessitando que mais estudos sejam realizados para confirmar o modelo de evolução proposto.



## REFERÊNCIAS

ALVES, G. B. O. Estudo da cobertura pedológica e sua relação com a formação e evolução de depressões no Sudoeste de Macaraí (SP). Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 222p, 2015.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; COLIN, F.; KOUD, J. M. Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 61, n. 3, p. 671–682, 1997a.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; LCZINE, A. M.; VINCENS, A.; SCHWARTZ, D. A. Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 136:213-229, 1997b.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; MARIOTTI, A. Soubies F. Late Holocene phytolith and carbon-isotope record from a latosol at Salitre, South-Central Brazil. *Quaternary Research*, 51:187-194, 1999.

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geologia-USP Série Científica*, v.6, n.2. p.1-6, 2006.

ARAÚJO FILHO, J. C. Horizontes cimentados em Argissolos e Espodossolos dos tabuleiros costeiros e em Neossolos Regolíticos e Planossolos da depressão sertaneja no Nordeste do Brasil. Tese (doutorado), Universidade de São Paulo, 2003.

BARBONI, D.; BONNEFILLE, R.; ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D. Phytoliths as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 152:87-100, 1999.

BARBONI, D.; BREMOND, L.; BONNEFILLE, R. Comparative study of modern phytolith assemblages from inter-tropical Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 246:454470, 2007.

BOULET, R. Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Équilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Paris, Mem. ORSTOM, 85, 272p., 1978.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie. *Cahiers ORSTOM Séries Pédologie*, v.XIX, n.4, p.309-351, 1982.

BOULET, R.; FRITSCH, E.; FILIZOLA, H. F. ARAÚJO FILHO, J. C.; LEPRUN, J. C.; BARRETO, F.; BALAN, E.; TESSIER, D. Iron bands, fragipans and duripans in the northeastern plateaus of Brazil - properties and genesis. *Can J Soil Sci.* 78:519-30, 1998.

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; HÉLY, C.; GUIOT, J. A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: calibration with Leaf Area Index along a forest–savanna transect in southern Cameroon. *Global and Planetary Change*, 45(4):277-293, 2005.

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; WOOLLER, M. J.; HÉLY, C.; WILLIAMSON, D.; SCHAFER, P. A.; MAJULE, A.; GUIOT, J. Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains. *Global and Planetary Change*, 61: 209-224, 2008.

BUURMAN, P.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINS, V. M. The podzol hydrosequence of Taguaré (São Paulo, Brazil). *Geomorphology and interpretation of profile morphology. Soil Sci. Soc. Am. J.* 77, 1294–1306, 2013.

BUSO JUNIOR, A. A. Dinâmica ambiental holocênica (vegetação, clima e nível relativo marinho) baseada em estudos interdisciplinares de alta resolução, no litoral norte do estado do Espírito Santo. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, 2010.

BUSO JUNIOR, A. A.; PESSENDA, L. C. R.; OLIVEIRA, P. E. de; COHEN, M. C. L.; GIANNINI, P. C. F.; SCHIAVO, J. A.; ROSSETTI, D. de F.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, S. M. B.; LORENTE, F. L.; BOROTTI FILHO, M. A.; BENDASSOLLI, J. A.; SIQUEIRA, J. S. Late Pleistocene and Holocene vegetation and climate dynamics and Amazonian taxa at Atlantic Rainforest – Linhares, ES, southeastern Brazil. *Radiocarbon*, v. 55, p. 1747–1762, 2013a.

BUSO JUNIOR, A. A.; PESSENDA, L. C. R.; OLIVEIRA, P. E. de; GIANNINI, P. C. F.; COHEN, M. C. L.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, S. M. B.; FAVARO, D. I. T.; ROSSETTI, D. de F.; LORENTE, F. L.; BOROTTI FILHO, M. A.; SCHIAVO, J. A.; BENDASSOLLI, J. A.; SIQUEIRA, J. S. From an estuary to a freshwater lake: a paleo-estuary evolution in the context of Holocene sea-level fluctuations, southeastern Brazil. *Radiocarbon*, v. 55, p. 1735–1746, 2013b.

BUSO JUNIOR, A.A. Dinâmica dos Espodosolos, da Vegetação e do Clima durante o Quaternário tardio na região nordeste do estado do Espírito Santo. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, 2015

BRUSTOLIN, L. T. Coleção de referência de fitólitos de eudicotiledoneae da Floresta Ombrófila Densa: subsídios para reconstrução paleoambiental. Relatório de PIBIC. UNIOESTE. 2013.

BRUSTOLIN, L. T. Coleção de referência de fitólitos de campos nativos na Floresta Ombrófila Densa – Mata de Tabuleiro (Linhares, Es). Relatório de PIBIC. UNIOESTE. 2016.

COELHO NETTO, A. L. Evolução de cabeceiras de drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 4, n. 2, p. 118-167, 2003.

CALEGARI, M. R. Ocorrência e significado paleoambiental do horizonte A húmico em latossolos. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 259 p., 2008.

CALEGARI, M. R.; MADELLA, M.; VIDAL-TORRADO, P.; MARQUES, F. A. Combining phytoliths and  $\delta^{13}\text{C}$  matter in Holocene paleoenvironmental studies of tropical soils: an example of an oxisol in Brazil. Quaternary International, v. 287, p. 47-55, 2013.

CALEGARI, M. R.; MADELLA, M.; BRUSTOLIN, L. T.; PESSENDA, L. C. R.; BUSO JR; A. A.; FRANCISQUINI, M. I.; BENDASSOLLI, J. E. A.; VIDAL-TORRADO, P. Potential of soil phytoliths, organic matter and carbon isotopes for small-scale differentiation of tropical rainforest vegetation: A pilot study from the campos nativos of the Atlantic Forest in Espírito Santo State (Brazil). Quaternary International, v. 437, p. 1-9, 2017.

CAMPOS, A. C. & LABOURIAU, L. G. Corpos silicosos de gramíneas dos Cerrados – II. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 4, p. 143–151, 1969.

CORDEIRO, P. H. C. Corredor da Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais do Sul da Bahia e Conservation International do Brasil, 2003.

CORREA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; TORRES, T. C. P. Caracterização Física, Química, Mineralógica e Micromorfológica de Horizontes Coesos e Fragipãs de Solos Vermelhos e Amarelos do Ambiente Tabuleiros Costeiros. R. Bras. Ci. Solo, 32:297-313, 2008.

COSTA JÚNIOR, M. P. Interações morfo-pedogenéticas nos sedimentos do Grupo Barreiras e nos leques aluviais pleistocênicos no litoral norte do Estado da Bahia - Município de Conde. Tese (doutorado). Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2008.



DIESTER-HAAS, L.; SCHRADER, H. J.; THIEDE, J. Sedimentological and paleoclimatological investigations of two pelagic ooze cores off Cape Barbas, North-West Africa. *Meteor Forsch-Ergebnisse*, 16:19-66, 1973.

DOMINGUEZ, J. M. L. Costa das Baleias: Caracterização da zona costeira dos municípios de Alcobaça, Caravelas, Nova Viçosa e Mucuri. CBPM/UFBA-CPGG/LEC, Série Publicações Especiais, v.6, 92p., 2008.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório de reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco do estado da Bahia. Embrapa-SNLCS/SUDENE-DRN, (Boletim Técnico, 52), 737p., 1977.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2nd ed., Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2nd ed., Embrapa Solos, 2011.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5a ed., Embrapa, 2018.

EPSTEIN, E. Chapter 1 Silicon in plants: Facts vs. concepts. *Studies in Plant Science*, v. 8, p. 1-15, 2001.

FERREIRA, A. B.H. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. Nova Fronteira, 1986.

FILIZOLA, H. F. & BOULET, R. Evolution and opening of closed depressions developed in a quartz-kaolinitic sedimentary substratum at Taubaté basin (São Paulo, Brazil), and analogy to the slope evolution. *Elsevier, Geomorphology* 16, 77-86, 1996.

FILIZOLA, H. F.; LAMOTTE, M.; FRITSCH, E.; BOULET, R.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, F. B. R.; LEPRUN, J. C. Os fragipãs e duripãs das depressões dos tabuleiros costeiros do Nordeste brasileiro: uma proposta de evolução. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:947-963, 2001.

FRANÇA, M. C.; ALVES, I. C. C.; CASTRO, D. F. de; COHEN, M. C. L.; ROSSETTI, D. de F.; LORENTE, F. L.; FONTES, N. A.; BUSO JUNIOR, A. A.; GIANNINI, P. C. F.; FRANCISQUINI, M. I. A multi-proxy evidence for the transition from estuarine mangroves to deltaic freshwater marshes, Southeastern Brazil, due to climatic and sea-level changes during the late Holocene. *Catena*, p. 155-166, 2015.

GILLIJNS, K.; POESEN, J.; DECKERS, J. On the characteristics and origin of closed depressions in loess-derived soils in Europe – a case study from central Belgium. *Catena*, p. 43–48, 2005.

GIMENES, A. C. W. Pedogeomorfologia de Depressão nos Tabuleiros Costeiros do norte do Espírito Santo. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Vicoso, 85p, 2013.

GOMES, J. B. V.; ARAÚJO FILHO, J. C.; VIDAL-TORRADO, P.; COOPER, M.; SILVA, E. A.; CURI, N. Cemented horizons and hardpans in the Coastal Tablelands of Northeastern Brazil. *Rev Bras Cienc Solo*. Vol.41, 2017.

GUEDES, C. C. F.; SAWAKUCHI, A. O.; GIANNINI, P. F. C.; DEWITT, R.; AGUIAR, A. P. Datação por luminescência opticamente estimulada: princípios e aplicabilidade nos depósitos sedimentares brasileiros. XIII Congresso da ABEQUA, 5p. 2011.

HART, D. M. & HUMPHREYS, G. S. The Mobility of Phytolith in Soils: Pedological considerations. (Ascensión Pinilla, J. Juan -Tresserras, M. J. Machado., Eds.) First European Meeting on Phytolith Research. Centro de Ciencias Medioambientales (Spain) Madrid (Spain : Region). Consejería de Educación y Cultura. Dirección General de Investigación Científica y Técnica, 1997.

HART, D. M. & HUMPHREYS, G. S. Phytolith depth functions in surface regolith materials. In: *Advances in Regolith*. p. 159–163, 2003.

HUMBEL, F. X. Etude de quelques depressions circulaires a la surface d'un plateau sedimentaire en Cote d'Ivoire. *Cah. ORSTOM ser. Ptdol.*, II(3): 27-42, 1964.

Instituto Chico Mendes De Proteção da Biodiversidade (ICMBIO). Plano de manejo do Descobrimento - Volume I., 2014.

JACOMINE, P. K. T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros. In: reunião técnica dos sobre os solos dos tabuleiros costeiros. Pesquisa e desenvolvimento para os tabuleiros costeiros: Embrapa / UFBA, p. 13-26, 1996.

LAMB, A. L.; WILSON, G. P.; LENG, M. J. A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N ratios in organic material. *Earth-Science Reviews*, v. 75, n. 1–4, p. 29–57, 2006.

LIMA, C. C. U.; VILAS BOAS, G. S.; BEZERRA, F. H. R. Faciologia e análise tectônica preli-minar da Formação Barreiras no litoral sul do Estado da Bahia, Brasil. *Geologia-USP Série Científica*, v.6, n.2, p. 71-80, 2006.

LINDSAY, R. Peatland (Mire Types): Based on Origin and Behavior of Water, Peat Genesis, Landscape Position, and Climate, In: FINLAYSON, C.; MILTON, G.; PRENTICE, R.; DAVIDSON, N. (eds) *The Wetland Book*. Springer, Dordrecht, 2016.

LORENTE, F. L.; PESSENDA, L. C. R.; OBOH-IKUENOBE, F.; BUSO Jr., A. A.; COHEN, M. C. L.; MEYER, K. E. B.; GIANNINI, P. C. F.; OLIVEIRA, P. E. de; ROSSETTI, D. de F.; BOROTTI FILHO, M. A.; FRANÇA, M. C.; CASTRO, D. F. de; BENDASSOLLI, J. A.; MACARIO, K. Palynofacies and stable C and N isotopes of Holocene sediments from Lake Macuco (Linhares, Espírito Santo, southeastern Brazil): Depositional settings and palaeoenvironmental evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 415, p. 69-82, 2014.

LORENTE, F. L.; PESSENDA, L. C. R.; CALEGARI, M. R.; COHEN, M. C. L.; ROSSETTI, D. de F.; GIANNINI, P. C. F.; BUSO JUNIOR, A. A.; CASTRO, D. F. de; FRANÇA, M. C.; BENDASSOLLI, J. A.; MACARIO, K. Fitólitos como indicadores de mudanças ambientais durante o Holoceno na costa norte do estado do Espírito Santo (Brasil). *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 6, n. 1, p. 26–40, 2015.

LORENTE, F. L.; PESSENDA, L. C. R.; OBOH-IKUENOBE, F.; BUSO JUNIOR, A. A.; ROSSETTI, D. de F.; GIANNINI, P. C. F.; COHEN, M. C. L.; OLIVEIRA, P. E. An 11,000-year record of depositional environmental change based upon particulate organic matter and stable isotopes (C and N) in a lake sediment in southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 84, p. 373–384, 2018.

MABESOONE, J. M. & ALHEIROS, M. M. Origem da bacia sedimentar costeira de Pernambuco-Paraíba. *R. Bras. Geoc.*, 18:476-482, 1988.

MADELLA, M.; ALEXANDRE, A.; BALL, T. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany*. V. 96, n. 2, p. 253-260, 2005.

- MARTORANO, L. G.; COUTINHO, S. da C.; ASSIS, D. S. Aspectos climáticos da região de Prado – BA. Comunicado Técnico – Embrapa, 2003.
- MEHRA, J. P. & JACKSON, M. L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with bicarbonate sodium. *Clays Clay Miner.* 7:317-327, 1960.
- MEIRA NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L.; LANA, J. M. & VALENTE, G. E. Composição florística, espectro biológico e fitofisionomia da vegetação de Muçununga nos municípios de Caravelas e Mucuri, Bahia. *Revista Árvore*, 29 (1), p.139-150, 2005.
- MEYERS, P. A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology*, v. 114, n. 3, p. 289–302, 1994.
- MEYERS, P. A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry*, v. 27, n. 5, p. 213–250, 1997.
- MORAES FILHO, J. C. & SAADI, A. Projeto Porto Seguro - Santa Cruz Cabrália: geologia. 1999.
- MOREAU, A. M. S. S.; COSTA, L. M.; KER, J. C.; GOMES, F. H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. *R. Bras. Ci. Solo*, V.30. p.1021-1030, 2006.
- OLIVEIRA, A. P.; KER, J. C.; SILVA, I. R.; FONTES, M. P. F.; de OLIVEIRA, A. P.; NEVES, A. T. G. R. Spodosols pedogenesis under barreiras formation and sandbank environments in the south of Bahia. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 34, n. 3, p. 847-860, 2010.
- OLIVEIRA, S. M. B.; SAIAB, S. E. M. G.; PESSEDA, L. C. R.; FAVAROC, D. I. T. Lacustrine sediments provide geochemical evidence of environmental change during the last millennium in southeastern Brazil. *Chemie der Erde*, v. 69, 2009.
- PESSEDA, L. C. R. & CAMARGO, P. B. Datação radiocarbônica de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. *Química Nova*, v. 14, p. 98-103, 1991.
- PESSEDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; FREITAS, H. A.; RIBEIRO, A. de S.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J. A.; LEDRU, M. P.; SCHEELYBERT, R. Isótopos do carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais. *O Quaternário no Brasil. Holos*, p. 75-93, 2005.

PESSENDA, L. C. R.; SAIA, S. E. M. G.; GOUVEIA, S. E. M.; LEDRU, M. P.; SIFEDDINE, A.; AMARAL, P. G. C.; BENDASSOLLI, J. A. Last millennium environmental changes and climate inferences in the Southeastern Atlantic forest, Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 82 (3): 717–29, 2010.

PIPERNO, D. R. *Phytoliths: A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Lanham. AltaMira Press, 238p., 2006.

RIBEIRO, L. P. Os latossolos amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação. SEPLANTEC- CADCT, 99 p., 1998.

RIBEIRO, C. da S. Influência da tectônica pós-deposicional na distribuição da Formação Barreiras entre o Rio Paraíba do Sul (RJ) e o Rio Doce (ES). Dissertação (Mestrado). UFRJ, 2010.

RODRIGUES, B. M. Bioturbação e distribuição de fitólitos em Latossolos da Depressão Periférica Paulista. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Piracicaba, SP, 2018.

RUNGE, F. The opal phytolith inventory of soils in central Africa - Quantities, shapes, classification, and spectra. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 107, n. 1–2, p. 23–53, 1999.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; DOMINGUES J. M. L. Late Oligocene–Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil, *Earth-Science Reviews*, v. 123, p. 87–112, 2013.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. *Manual de descrição ecoleita de solo no campo*. 7a ed. Editora universitária, 2015.

SAMPAIO, A. R.; MARTINS, A. M.; LOUREIRO, H. C.; ARCANJO, J. B.; MORAES FILHO, J.C.; SOUZA, J. D.; PEREIRA, L. H.; COUTO, P. A.; SANTOS, R. A.; MELO, R. C.; BENTO, R.V.; BORGES, V. P. Projeto extremo sul da Bahia: Estado da Bahia. CPRM: CBPM, il., color, 2 mapas. Escala 1.200.000. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil). Convênio de Cooperação e Apoio Técnico-Administrativo: CBPM-CPRM, 2002.

SAPORETTI JUNIOR, A. W. *Vegetação e solos de muçununga em Caravelas Bahia*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 127p, 2009.

SARCINELLI, T. S. Muçunungas: Enclaves de Vegetação Arenícola na Floresta Atlântica de Tabuleiro. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa. 186p, 2010.

SAWAKUCHI, A. O.; MENDES, V. R.; PUPIM, F. N; MINELI, T. H; RIBEIRO, L. M. A. L; ZULAR, A.; GUEDES, C. C. F.; GIANNINI, P. C. F.; NOGUEIRA, L.; SALLUN, W.; ASSINE, M. L; Optically stimulated luminescence and isothermal thermoluminescence dating of high sensitivity and well bleached quartz from Brazilian sediments: from Late Holocene to beyond the Quaternary? *Brazilian Journal of Geology*, 46:209- 226, 2016.

TWISS, P. C. Grass opal phytoliths as climatic indicators of the Great Plains Pleistocene. In: Johnson,W.C. (Ed.), *Quaternary Environments of Kansas*. Kansas Geological Survey Guidebook, 5:179-188, 1987.

TWISS, P. C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: Rapp G., Mulholland S.C. (eds.). *Phytolith Systematics*. New York, Plenum Press, 113-128p., 1992.

UCHA, J. M. Processos de transformação Latossolo-Espodossolo sobre os sedimentos do grupo Barreiras nos Tabuleiros Costeiros do litoral norte da Bahia. Tese (doutorado). Universidade Federal da Bahia, 2000.

UCHA, J. M.; BOTELHO, M.; RIBEIRO, L. P.; VILAS BOAS, G. S.; SANTANA, P. S. Uso do Radar Penetrante no Solo - GPR na investigação dos solos dos tabuleiros costeiros do litoral norte do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 26, n. 2, p. 373-380, 2002.

UCHA, J. M.; VILAS BOAS, G. S.; HAALICH, G. M. O uso do Radar Penetrante no Solo na Investigação dos processos de Transportação. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.11, nº1, p. 85-96, 2010.

VANWALLEGHEM T., POESEN J., VITSE I., BORK H. R., DOTTERWEICH M., SCHMIDTCHEN G., DECKERS J., LANG A., MAUZ B. Origin and evolution of closed depression in central Belgium, European loess belt. *Earth Surface Processes and Landforms* 32: 574–586, 2007.

VIEIRA, J. M. Contribuição de Compostos de Baixa Cristalinidade e Ciclos de Umidecimento e Secagem na Gênese do Caráter Coeso em Solos do Ceará. Dissertação (Mestrado), UFC, 113p. 2013.

VON POST, L. Sveriges Geologiska Undersöknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat (SGU peat inventory and some preliminary results). Svenska Mosskulturforeningens Tidskrift, Jonkoping, Sweden, 36, 1-37, 1922.

XAVIER, R. A. & COELHO NETTO, A. L. Ocorrência de depressões fechadas em divisores de drenagem no médio vale do rio Paraíba do Sul. Geografias, v. 4, n. 1, p. 61–68, 2008.

WINTLE, A. G. & MURRAY, A. S. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. Radiation Measurements, 41(4): 369– 391, 2006.

## ANEXOS

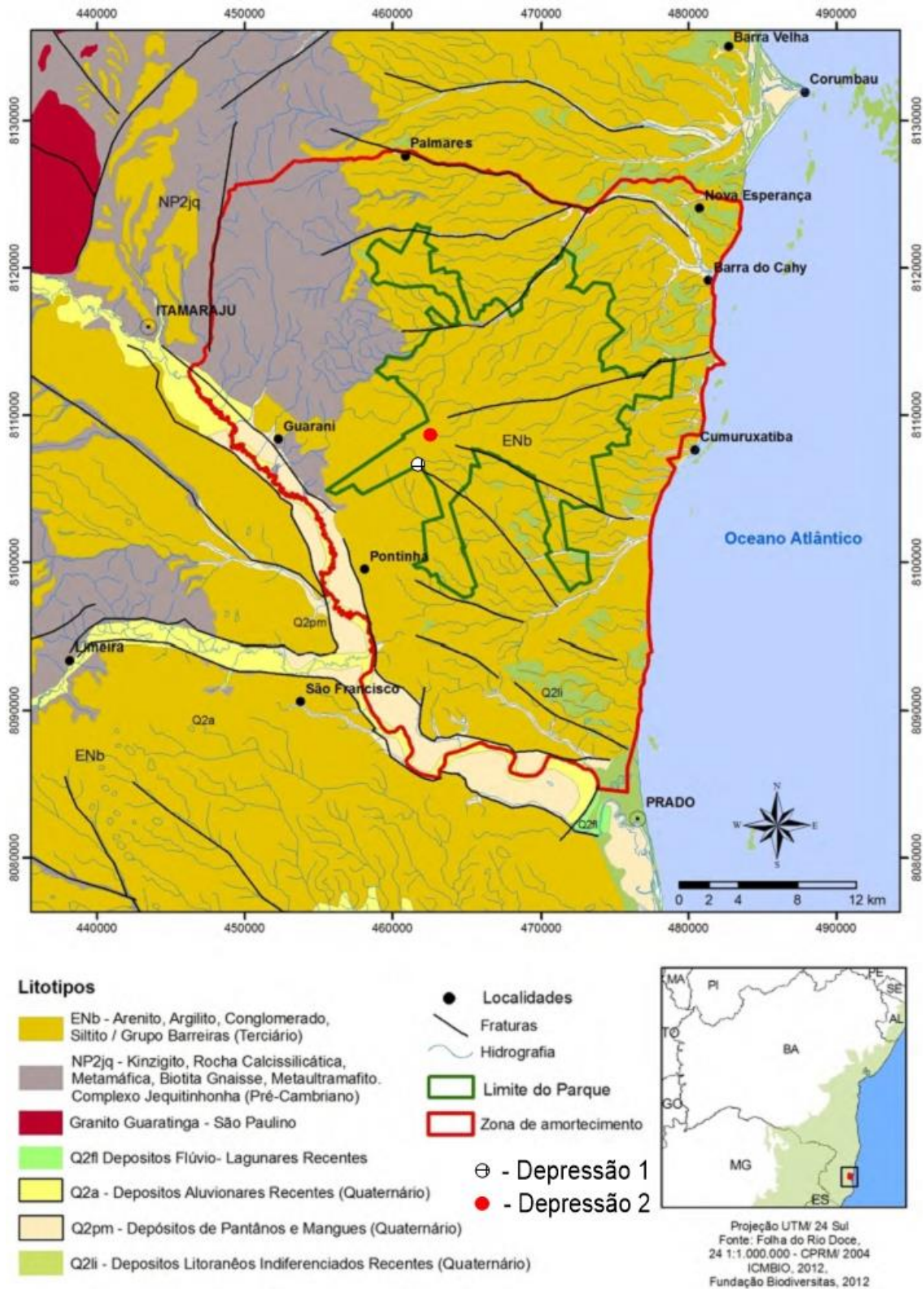
## Anexo A: Hidrografia do Parque Nacional do Descobrimento e Zona de Amortecimento (Prado, BA).



Fonte: Adaptado de Plano de Manejo do PN do Descobrimento (ICMBIO, 2014).

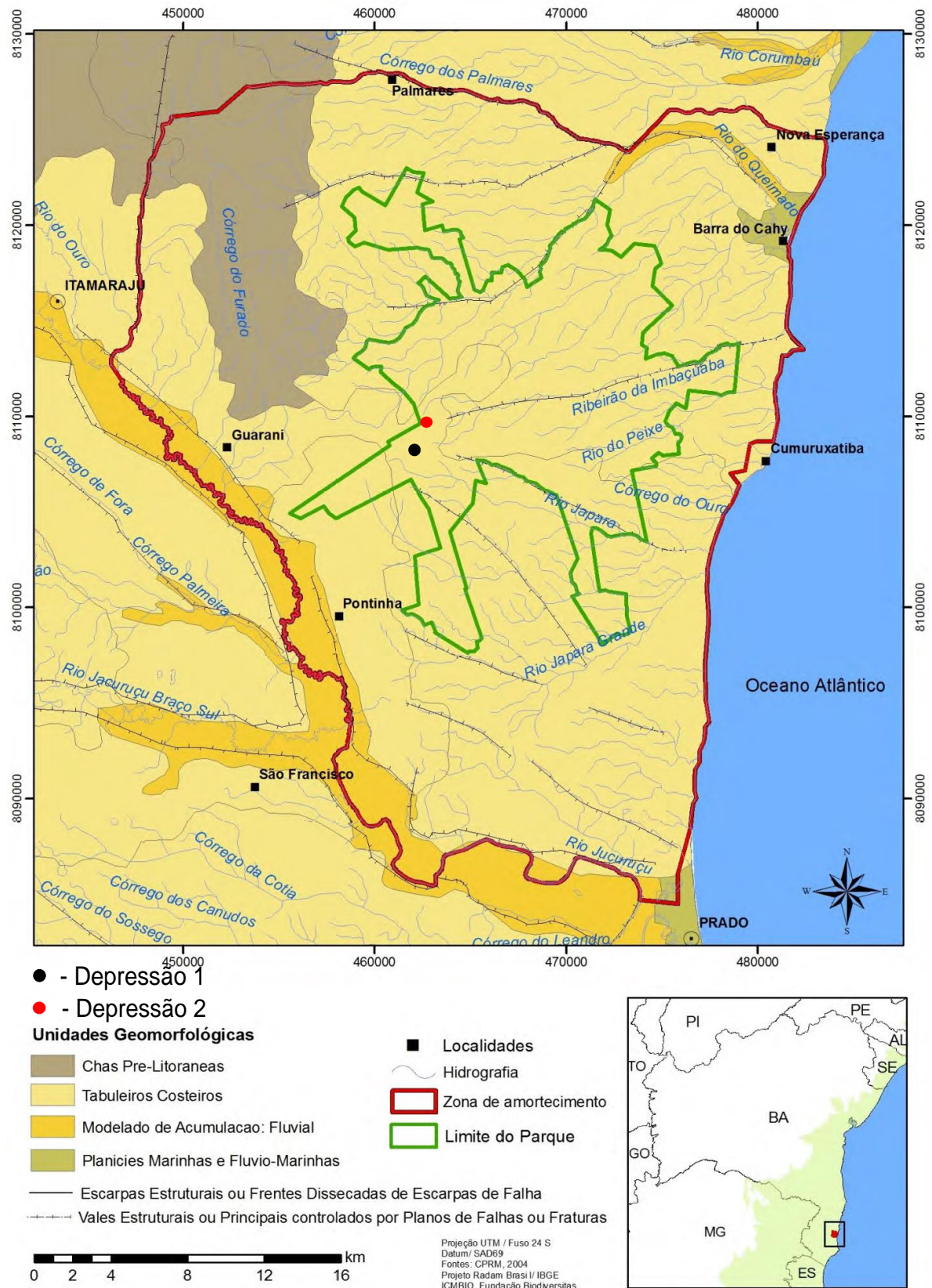


Anexo B: Características geológicas do Parque Nacional do Descobrimento e Zona de Amortecimento –(Prado, BA).



Fonte: Adaptado de Plano de Manejo do PN do Descobrimento (ICMBIO, 2014).

Anexo C: Carta geomorfológica do Parque Nacional do Descobrimento (Prado, BA).



Fonte: Adaptado de Plano de Manejo do PN do Descobrimento (ICMBIO, 2014).

## Anexo D: Contagem geral dos fitólitos - D1P1

Classe	Ordem	Família	Subfamília	Morfotipos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Angiospermas	Monocotiledôneas	Poales	Poaceae	Panicooid	Panicooid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
				Pooid	Pooid	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
				Chloroid	Chloroid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Bulliform	Bulliform	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
				Elongate	Elongate	3	0	3	2	1	5	3	3	3	1	1	2	3	1	0	0	0	0	4	4	
				Hair	Hair	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Bambuseaceae	Bambuseae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Cyperaceae	Cyperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Arecales	Areceae	Palmeras	Palmeras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
				Eudicotiledôneas			Eudicot	235	2	239	259	290	254	229	255	230	260	262	234	258	235	223	17	229	228	
					Pteridophytae		Irregular cell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							Indeterminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Tafonomizado	21	0	47	21	24	12	8	47	49	46	27	81	67	33	53	11	49	29					
			Total	239	2	242	261	291	260	233	258	234	261	263	236	261	236	223	17	235	234					

## Anexo E: Contagem geral dos fitólitos - D1P4

Classe	Ordem	Família	Subfamília	Morfotipos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Angiospermas	Monocotiledôneas	Poales	Poaceae	Panicoid	6	0	11	1	2	1	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0			
				Pooid	2	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Chloroid	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Bulliform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Elongate	15	1	10	3	1	1	2	6	6	5	4	1	4	3	3	0	0	0	
				Hair	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Bambuseaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Cyperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Arecaceae	59	70	122	83	4	1	0	5	2	14	4	2	3	0	3	1			
				Eudicotiledôneas	127	139	64	130	206	203	204	193	200	194	207	204	200	209	199	203			
				Pteridophytae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
								Irregular c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Indetermin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
				Tafonomiz	13	15	25	24	29	20	61	37	25	30	30	24	8	22	11	10			
				Total	209	210	210	218	214	206	208	205	210	215	216	207	207	212	205	204			

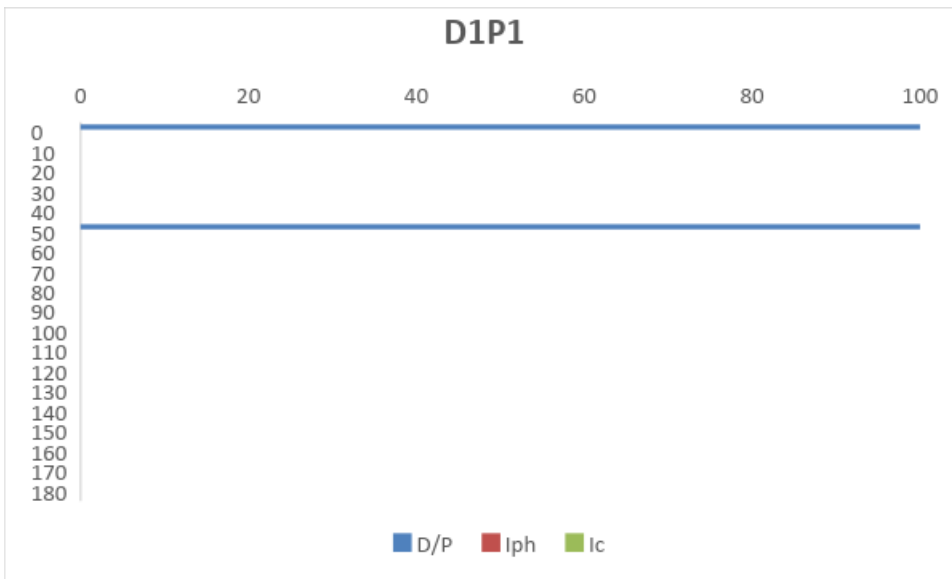
## Anexo F: Contagem geral dos fitólitos - D2P1

Classe	Ordem	Familia	Subfamilia	Morfotipos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
Angiospe	Monocoti	Poales	Poaceae	Panicooid	Panicooid	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
				Pooid	Pooid	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Chloroid	Chloroid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Bulliform		4	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
				Elongate		13	9	3	4	4	4	2	4	8	8	7	11	11	11	3	6	1	2	2
				Hair		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
				Bambuseaceae	Bambuseae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Cyperaceae	Cyperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Palmeras	Palmeras	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Eudicotiledôneas		Eudicot		190	231	246	220	239	241	251	222	253	231	222	235	231	244	232	248	
				Pteridophytae		Irregular c		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
						Indetermin		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						Tafonomiz		29	30	19	17	31	11	18	95	49	56	137	77	154	69	76	79	
		Total		211	241	249	224	245	245	256	230	261	238	234	246	241	251	233	250					

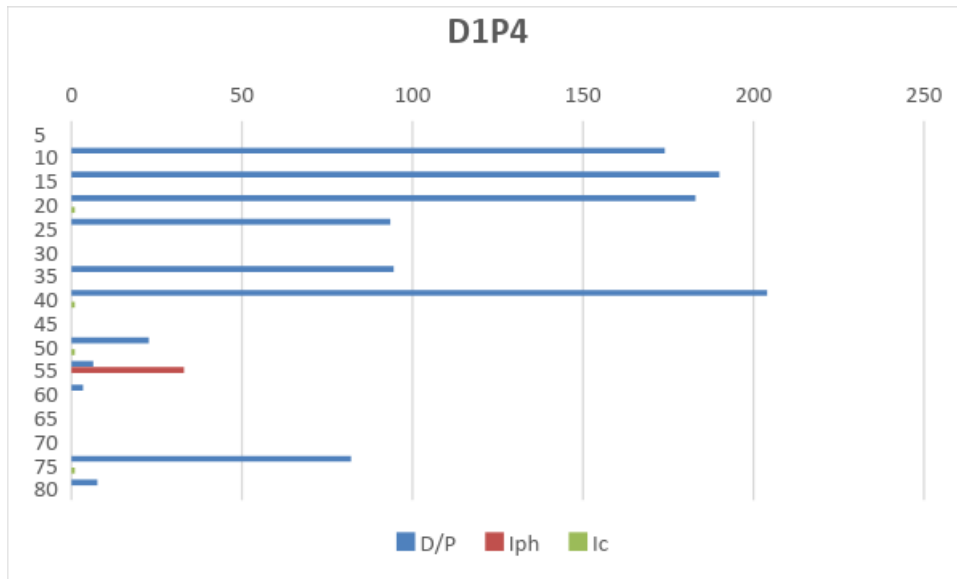
## Anexo G: Contagem geral dos fitólitos - D2P4

Classe	Ordem	Família	Subfamília	Morfotipos	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
<b>Angiospe</b>	<b>Monocoti</b>	<b>Poales</b>	<b>Poaceae</b>	Panicoid	Panicoid	20	2	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0				
				Pooid	Pooid	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
				Chloroid	Chloroid	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Bulliform	Bulliform	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
				Elongate	Elongate	20	9	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	6	11	8		
				Hair	Hair	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1		
				Bambuseaceae	Bambuseae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Cyperaceae	Cyperaceae	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Arecales	Areceaceae	Palmeras	95	231	228	85	153	133	69	20	1	0	0	0	0	0		
				<b>Eudicotiledôneas</b>				Eudicot	82	10	36	64	45	34	140	214	228	28	254	211	240	
								Maranthaceae	4	5	4	73	19	46	9	11	7	0	19	5	1	
				Pteridophytæ				Irregular ce	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
								Indetermin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
								Tafonomiz	13	51	71	69	55	79	53	47	56	7	11	53	54	
				Total	235	259	271	224	219	217	219	246	239	29	280	229	252					

Anexo H: Índices Fitolíticos - D1P1

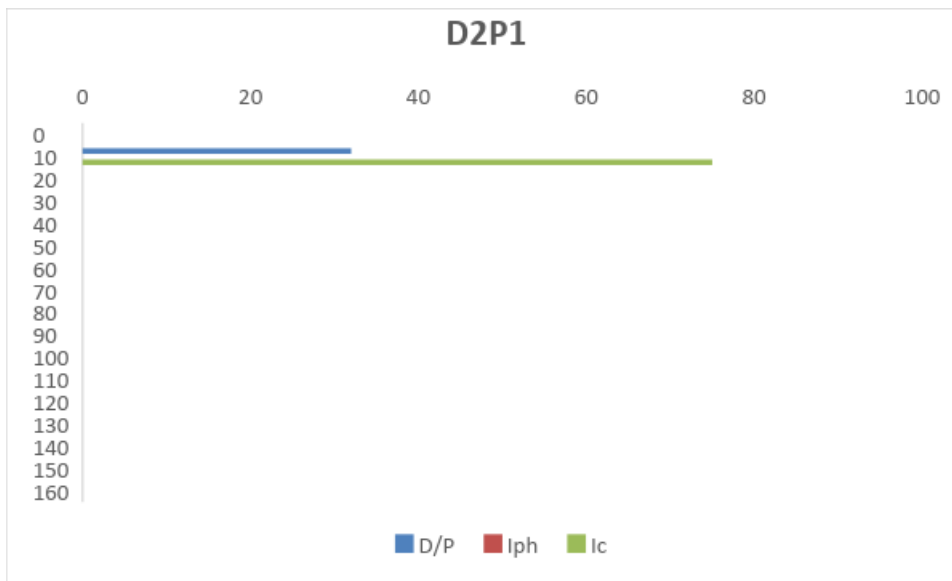


## Anexo I: Índices Fitolíticos - D1P4





## Anexo J: Índices Fitolíticos – D2P1



## Anexo K: Índices Fitolíticos – D2P4

