

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**POTENCIAL FORENSE DE MICROVESTÍGIOS BIOGEOLÓGICOS EM  
ECOSSISTEMA COSTEIRO DO BRASIL**

**Cynthia Ramos**

Dissertação apresentada ao programa de  
Geoquímica e Geotectônica para obtenção do  
título de Mestre em Ciências  
Área de Concentração: Geotectônica

Orientador: Prof. Dr. Paulo E. de Oliveira

SÃO PAULO  
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Serviço de Biblioteca e Documentação do IGc/USP  
Ficha catalográfica gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a)  
autor(a) via programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do  
ICMC/USP

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de catalogação da publicação:  
Sonia Regina Yole Guerra - CRB-8/4208 | Anderson de Santana - CRB-  
8/6658

Ramos, Cynthia

Potencial Forense de Microvestígios Biogeológicos  
em Ecossistema Costeiro do Brasil / Cynthia Ramos;  
orientador Paulo Eduardo De Oliveira. -- São

Paulo, 2019.

74 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
em Geoquímica e Geotectônica) -- Instituto de  
Geociências, Universidade de São Paulo, 2019.

1. Palinologia. 2. Ciências Forenses. 3.  
Diatomáceas. 4. Geolocalização. 5. Palinologia  
Forense. I. De Oliveira, Paulo Eduardo , orient.

II. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**POTENCIAL FORENSE DE MICROVESTÍGIOS BIOGEOLÓGICOS EM  
ECOSSISTEMA COSTEIRO DO BRASIL**

**CYNTHIA RAMOS**

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira

Dissertação de Mestrado

**Nº 835**

COMISSÃO JULGADORA

Dr. Paulo Eduardo de Oliveira

Dr. Francisco de Assis Ribeiro dos Santos

Dr. Fábio Augusto da Silva Salvador

SÃO PAULO  
2019





*À minha maior saudade: Vô Zezinho (in memoriam). Por sua participação ativa em toda a minha formação acadêmica, desde a minha infância, eu dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira, pela sua confiança em meu trabalho, por todo apoio e ensinamento passado. É uma honra trabalhar ao seu lado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por financiar esta pesquisa através do programa Pró-Forense e da bolsa concedida a mim.

À Marina Milanello do Amaral, perita da Superintendência da Polícia Técnico-Científica de São Paulo, mestre em Botânica e doutoranda em Botânica Forense. Pela honra dessa parceria e por nunca hesitar em ajudar. Por compartilhar suas experiências práticas, sempre pontuando o que deveria ser observado durante todo o desenvolvimento deste projeto.

À Samantha Faustino, especialista em diatomáceas, pela paciência em me ajudar sempre que eu tinha dúvidas sobre identificação ou interpretação, pela bibliografia compartilhada e por ter me recebido no Instituto de Botânica, sempre muito querida e prestativa.

Ao Jorge Pinaya, pelo auxílio na parte de análise e interpretação estatística do trabalho.

Aos meus colegas de laboratório por compartilhar tantas alegrias e angústias e por tudo que aprendi e vivenciei ao seu lado nesses anos. Em especial ao Maicon, pela amizade construída e auxílio em todos os momentos, desde o uso do microscópio até a identificação dos grãos; à Valéria, pelo suporte durante todo o processamento e identificação de foraminíferos; ao Rudney, por todos os auxílios durante o projeto; a Raphaella, pela parceria do time da Forense e pelos momentos de alegria e apuros na Argentina; à Prof<sup>a</sup>. Judite pelos ensinamentos e auxílio com a identificação de grãos de esporos; ao Junior pelos momentos de descontração; ao Thomas pelas fotos do trabalho de campo e principalmente à Vanda, que além de uma brilhante pesquisadora foi uma colega, amiga e mãe pra todos do laboratório.

Aos meus queridos amigos, em especial Larissa, Flávio, Marina, as Gabis, Raquel, Dani, Tia Noerli, Tio Gerson, Monica e Tim Smith, Ligia e todos os que acompanharam a minha jornada até aqui e torceram por mim desde o início.

Aos queridos Mônica Cupertino e Rodolfo Graciotti, colegas da disciplina de Biogeografia, que tanto me auxiliaram nessa e na disciplina de R. Companheiros de bandeirão e de agradáveis conversas.

Ao meu pai João e meu irmão Thiago pela torcida e apoio durante todo o processo.

À minha avó Francisca que mesmo não compreendendo muito bem o meu trabalho, sempre demonstrou apoio e carinho, torcendo por mim desde o início e estando ao meu lado, como sempre esteve desde o primeiro dia que coloquei os pezinhos em uma escola.

À minha mãe Rosemeire, por ter demonstrado seu apoio desde que tomei a decisão de seguir a carreira acadêmica, mesmo sabendo das dificuldades que isso traria, tanto financeiras quanto emocionais. Por sempre ter me compreendido e apoiado. Por ser um exemplo de mulher. Espero ser digna de todo esse orgulho que você sente por mim.

Ao meu noivo Yuri, que no início deste trabalho era apenas um amigo, e desde aquela época torceu e acreditou mais em mim do que eu mesma. Que desde a prova de ingresso no Mestrado, até o último dia, foi meu alicerce emocional e meu maior incentivador. Por toda a sua compreensão e paciência nos meus momentos de ausência devido às exigências desse trabalho.

Gratidão!

## RESUMO

O termo “Palinologia Forense” refere-se ao uso de grãos de pólen e esporos para fins judiciais, havendo relatos de vários casos ao redor do mundo em que essa técnica se mostrou efetiva. Países como Nova Zelândia, Inglaterra e Estados Unidos utilizam-se amplamente desta técnica e apresentam protocolos consolidados em parceria com instituições acadêmicas para o desenvolvimento e aplicação de metodologias voltadas à essa área. A hipótese de que grãos de pólen e esporos encontrados em peças de roupa de um suspeito ou vítima, possam indicar sua geolocalização no momento do crime, tem sido testada em condições controladas em outros países de vegetação mais homogênea e com padrões de polinização predominantemente anemófila, ou seja, com dispersão através do vento. Embora esta técnica se relacione essencialmente com o estudo de palinófitos, em sua aplicação ampla, pode também fornecer informações relacionadas a outros microorganismos como foraminíferos e as algas diatomáceas, que normalmente são utilizadas no âmbito forense para a detecção de morte por afogamento. A interpretação dos sinais palinológicos em regiões com vegetação heterogênea são mais difíceis devido à baixa probabilidade de um local apresentar uma assinatura polínica específica e diferente de outros pontos. Esta pesquisa avalia o potencial forense de grãos de pólen, esporos, diatomáceas e foraminíferos como geolocalizadores em uma realidade ambiental como a do Brasil, através do sinal desses microvestígios retido em vestimentas. Foi simulado um trajeto em uma área do litoral paulista, com dois pontos principais de trilha, sendo eles: praia e manguezal, com três indivíduos diferentes. As peças de roupa usadas foram removidas, lavadas e os resíduos foram processados de acordo com as metodologias para extração dos diferentes microvestígios, que foram identificados e contados. A concentração de cada táxon em cada uma das amostras foram analisadas e apresentaram resultados positivos para o contato com área litorânea e em algumas amostras, o contato específico com área de mangue. Essa análise contribui para a criação de protocolos forenses na área de palinologia com o intuito de beneficiar a perícia brasileira.

**Palavras-chave:** Palinologia, Ciências Forenses, Diatomáceas, Geolocalização, Palinologia Forense.

## ABSTRACT

The term "Forensic Palynology" refers to the use of pollen grains and spores for judicial purposes, and there have been reports of several cases around the world where this technique has been proved effective. Countries such as New Zealand, England and United States use this technique extensively and present consolidated protocols in partnership with academic institutions for the development and application of methodologies related to this area. The hypothesis that pollen grains and spores found in pieces of clothing of a suspect or victim can indicate their geolocation at the time of the crime has been tested under controlled conditions in other countries with more homogeneous vegetation and with predominantly anemophilic pollination patterns, that is, with dispersion through the wind. Although this technique is essentially related to the study of palynomorphs, in its wide application, it can also provide information related to other microorganisms such as foraminifera and diatom algae, which are normally used in forensic ambit for the detection of death by drowning. The interpretation of the palynological signals in regions with heterogeneous vegetation are more difficult due to the low probability of a site having a specific pollen signature and different from other points. This research evaluates the forensic potential of pollen grains, spores, diatoms and foraminifera as geocalizers in an environmental reality such as Brazil, through the signal of these microtraces retained in clothing. A route was simulated in an area of the coast of the State of São Paulo, with two main points of track, being: beach and mangrove, with three different individuals. The used garments were removed, washed and the residues were processed according to the methodologies for extraction of the different micro-traces, which were identified and counted. The concentration of each taxon in each of the samples were analyzed and presented positive results for the contact with the coastal area and in some samples, the specific contact with the mangrove area. This analysis contributes to the establishment of forensic protocols in the area of palynology in order to benefit the Brazilian expertise.

**Key words:** Palynology, Forensic Science, Diatoms, Geolocation, Forensic Palynology

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	ÁREA DE ESTUDO	5
2.1.	Aspectos Geográficos e Geomorfológicos	5
2.2.	Aspectos Climáticos	6
2.3.	Aspectos Vegetacionais	6
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1.	Simulações	13
3.2.	Caracterização das Peças	16
3.2.1.	Camiseta	16
3.2.2.	Calças	16
3.2.3.	Barras de calça	17
3.2.4.	Sapatos	18
3.2.5.	Solas de sapato	18
3.3.	Trabalhos Laboratoriais	19
3.3.1.	Extração dos resíduos	19
3.3.2.	Processamento químico, identificação e contagem palinológica	20
3.3.3.	Processamento químico, identificação e contagem diatomológica	22
3.3.4.	Processamento químico, identificação e contagem de foraminíferos	23
3.4.	Análises Estatísticas	24
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1.	Camiseta	29
4.2.	Calças	32
4.3.	Barras de calça	36
4.4.	Sapatos	39
4.5.	Solas de sapato	46
4.6.	Integração dos dados	47
5.	CONCLUSÕES E SUBSÍDIOS A FUTUROS PROTOCOLOS FORENSES	51
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53



## **LISTA DE APÊNDICES**

Apêndice A – Listagem dos palinomorfos encontrados nas amostras

Apêndice B – Listagem das diatomáceas encontradas nas amostras

Apêndice C – Descrição morfológica dos principais táxons de palinomorfos

Apêndice D – Descrição morfológica dos principais táxons de diatomáceas

Pranchas 1 e 2 – Principais palinomorfos

Pranchas 3 e 4 – Principais diatomáceas

Prancha 5 – Foraminíferos



## 1. INTRODUÇÃO

O termo “Palinologia Forense” se refere ao uso judicial da técnica de análise de grãos de pólen e esporos que, devido ao seu tamanho microscópico, podem facilmente aderir a diferentes tipos de superfície. Por essa razão, em uma determinada região podem se tornar uma evidência, ao vincular ou estimar trajetos de uma pessoa ou mais pessoas ou até objetos com a localização onde ocorreu o contato (Bryant et al., 2013).

A Palinologia Forense tem sido aplicada eventualmente como uma ferramenta na resolução de crimes desde a década de 50, sendo atualmente, uma técnica comumente utilizada em países como Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália (Boi, 2018).

Bryant and Mildenhall (1998) citam dezenas de casos ao redor do mundo em que a Palinologia foi usada como parte de investigações policiais, em sua maioria como peça chave para resoluções de crimes, o que demonstra a eficiência da aplicação dessa ciência no âmbito forense.

Embora esta técnica se relacione essencialmente com o estudo de grãos de pólen e esporos, em sua aplicação ampla, pode também fornecer informações relacionadas a outros microorganismos de parede orgânica encontrados em ambientes marinhos ou em águas continentais (Bryant and Mildenhall, 1998). Por exemplo, as diatomáceas, que são algas microscópicas unicelulares formadas por valvas caracterizadas por suas paredes celulares de sílica (Round et al., 1990), que devido a seus requerimentos ecológicos podem facilitar o reconhecimento de ambientes específicos. De uma forma geral, o teste para detectar morte por afogamento é a aplicação mais comum desses organismos na área forense, apesar de nas geociências, o maior interesse por essas algas dentro do âmbito forense seja a identificação da origem de materiais ou indivíduos a partir de locais de investigação. Uma vez que algum objeto tenha entrado em contato com água, seja continental ou litorânea, a análise diatomológica pode discriminar o tipo de ambiente envolvido (Cameron, 2004). Outro exemplo são os foraminíferos, um grupo de microorganismos que até o momento foi pouco empregado em estudos forenses, contudo apresentam um alto poder indicativo de contato com o ambiente litorâneo, podendo ser uma ferramenta útil na perícia (Bowen, 2010). Isso se deve ao fato de que esses protozoários que vivem em habitats marinhos desde a zona costeira, até

o piso oceânico, difundidos desde os pólos até os trópicos, podendo ser planctônicos ou bentônicos (Armstrong and Brasier, 2005).

Mesmo com a possibilidade de solucionar investigações a aplicação de técnicas como essa ainda é subutilizado pelas polícias científicas (Amaral, 2018), contudo alguns casos de aplicação de técnicas da Botânica forense mostraram-se altamente eficazes no País (Amaral et al., 2019).

De Oliveira e Suguio (2005) evidenciaram a importância do desenvolvimento de estudos forenses voltados para o emprego de técnicas de análises palinológicas e diatomológicas de sedimentos. Tendo como exemplo um furto de containers com equipamentos eletrônicos transportados do Porto de Santos, SP até a cidade São Paulo, onde os equipamentos foram substituídos por sacos de areia. As análises desses sedimentos e outros materiais argilosos revelaram a presença de grãos de pólen típicos da Mata Atlântica e de manguezais da Baixada Santista, além de diatomáceas típicas da região costeira do estado de São Paulo. Essas evidências levaram à conclusão de que o furto havia ocorrido nas redondezas do Porto e não no Município de São Paulo.

É sabido que o tipo de solo e a alta diversidade da vegetação de uma área podem dificultar a identificação de locais específicos (Wiltshire, 2016), principalmente em um país como o Brasil, que apresenta grande heterogeneidade na vegetação, inclusive dentro de um mesmo ecossistema (Garcia e Pirani, 2005; Magnago et al., 2011; Assis et al., 2011), o que aumenta a complexidade de interpretação do sinal polínico. Portanto, apesar de atualmente existirem reconhecidos protocolos palinológicos forenses internacionais (Mildenhall et al., 2006; Wiltshire, 2016), se faz necessária a criação de metodologias adaptadas à realidade ambiental brasileira. Dessa forma, para promover o intercâmbio de conhecimentos forenses na comunidade acadêmica brasileira e estimular o estabelecimento de parcerias com órgãos de perícia criminal, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) criou o Programa Pró-Forense em 2014, através do edital Pró-Forense. Com esse estímulo, as ciências forenses passaram a fazer parte das atividades de pesquisa em instituições acadêmicas de forma mais sistemática e estruturada. Essa prática de parcerias com instituições de pesquisa já é comumente aplicada em países como Estados Unidos, Inglaterra e Nova Zelândia, com protocolos mais consolidados (Community Committee on Identifying the Needs of the Forensic Sciences, 2009).

Como parte integrante de projeto inserido neste programa da CAPES, este trabalho tem como objetivo estabelecer procedimentos de coleta e análise de interesse forense levando em conta a presença de grãos de pólen, entre outros microvestígios em vestimentas. Testou-se a possibilidade de gerar dados sobre a transferência de vestígios do ambiente para essas peças e avaliar o grau de associação com o ecossistema que o material entrou em contato.

O princípio de Edmond Locard, um dos pioneiros em Ciências Forenses (Locard, 1920, 1929) que postula “todo contato deixa uma marca” é, neste trabalho, associado ao fato de que espécies vegetais possuem requerimentos ecológicos específicos (Good, 1964), por vezes associadas à áreas de endemismo, ou seja, com ocorrência exclusiva em uma região particular (Carvalho, 2009b), permitindo a identificação desse contato.

Isto porque, os grãos de pólen possuem estruturas que facilitam sua dispersão através de diferentes vetores. Na vegetação neotropical, onde predomina a polinização zoófila, ou seja, por animais, (Faegri e van der Pijl, 1979; Ramalho e Batista, 2005), a parede externa (exina) dos grãos, apresenta ornamentações como, por exemplo, espinhos, clavas, ou até mesmo por pollenkitt, uma substância aderente que permite o transporte do grão por insetos e animais que entrem em contato com a estrutura de reprodução masculina da flor (Traverse, 2007). Portanto, os tecidos de vestuários podem ocasionalmente ser vetores análogos.

Desta forma, prevê-se encontrar associações de tipos polínicos em resíduos obtidos de peças de roupas que foram expostas a áreas de vegetação específica de uma região litorânea do estado de São Paulo. Espera-se que essa assinatura polínica combinada com o sinal de táxons de diatomáceas marinhas e continentais possa indicar a geolocalização do contato.

Estudos forenses em ambientes costeiros do Brasil são de grande importância devido à localização de grandes centros urbanos e atividades portuárias, possíveis cenários de diferentes tipos de crimes (Eski, 2011). Um exemplo é a Região Metropolitana da Baixada Santista, que mantém desde os anos 80 o segundo lugar no Estado de São Paulo em questão de mortes violentas (Camargo, 2007).



## 2. ÁREA DE ESTUDO

### 2.1. Aspectos Geográficos e Geomorfológicos

Foram escolhidos dois pontos de coletas, em diferentes ecossistemas, que serviram de simulação de trajeto, localizados em Bertioga, SP. Este município é parte de uma conurbação, que compõem a Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), situada na porção central do litoral paulista (Fig. 1), na região sudeste do Brasil, e geograficamente caracterizada como um compartimento isolado na forma de baixada, com morros isolados entre a serra e o oceano (Zündt, 2006). A população dessa grande área urbana é de 1,8 milhões de habitantes, enquanto que o município de Bertioga possui população estimada pelo IBGE (2019) de 61,7 mil habitantes em seu território de 491.546 km<sup>2</sup>, com uma planície costeira de 640 km<sup>2</sup> de área (Pinto Sobrinho et al., 2011).

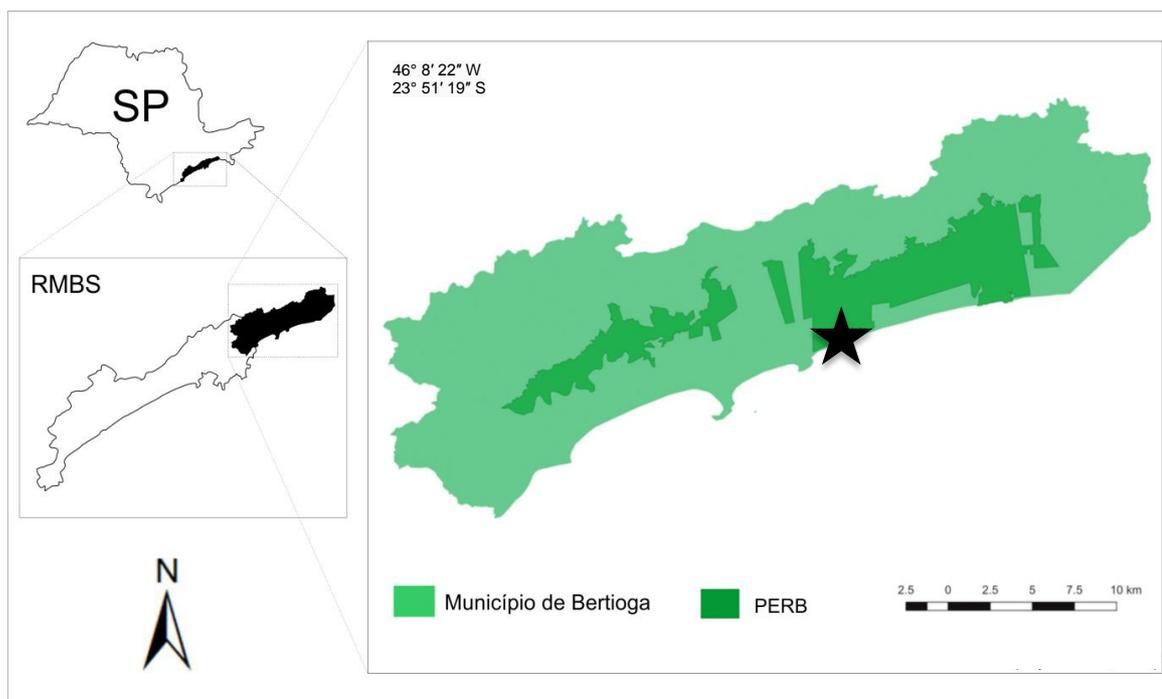


Figura 1. Local do estudo, no Parque Estadual Restinga de Bertioga, Município de Bertioga, Região Metropolitana da Baixada Santista, SP. Destaque para a área dos trajetos. (Adaptado de Kojima et al., 2019)

O primeiro ponto de estudo, localizado na Restinga da Praia de Itaguapé, está situado nas coordenadas 23°46'45.94"S e 45°58'17.12"O, próximo à entrada do "Parque Estadual Restinga de Bertioga" (PERB), uma unidade de conservação que contém a maior parte das bacias dos rios Itaguapé e Guaratuba e o segmento leste da bacia do Rio Itapanhaú (Pinto Sobrinho et al., 2011). Já o segundo ponto fica em

uma área de vegetação de mangue, nas coordenadas 23°46'29.15"S e 45°58'08.46"O.

A origem e evolução da planície costeira de Bertioga, assim como de toda a costa brasileira, estão relacionadas com a variação do nível do mar ao longo do tempo (Villwock et al., 2005). Souza (2007) destaca para a região, a evolução das planícies costeiras durante o quaternário como sendo ambientes sedimentares pleistocênicos da Formação Cananéia e holocênicos da Formação Ilha Comprida, além de depósitos recentes tanto da praia quanto do continente como depósitos aluviais, coluviais de baixada e de encosta.

As planícies que se encontram sob influência da relação entre marés, relevo, solo e vegetação, são caracterizadas por restinga, praias e manguezais associados a regiões de estuário. Nessas áreas estuarinas ocorrem depósitos de sedimentos marinhos revolvidos por influência de rios, que constantemente recebem material argiloso erodido dessas planícies (Villwock et al., 2005).

## **2.2. Aspectos Climáticos**

O PERB abriga a Estação Meteorológica Automática de Bertioga, que desde sua instalação, em Fevereiro de 2017, envia dados para o Sistema de Informações Hidro-Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019). Segundo os dados obtidos dessa estação e fornecidos pelo INMET, em 2017, no ano de coleta de campo para este trabalho, a temperatura média anual foi de 21,4°C, sendo a temperatura mais alta de 36,6°C registrada no mês de março e a temperatura mais baixa de 12,1°C registrada ao longo do mês de julho. É uma região úmida, com precipitação média de 2000 mm computada naquele ano, com uma média de 0,26 mm por dia e maior registro para o mês de março, de 70,6 mm.

A média de direção dos ventos fornecida pela estação variou entre as direções Sudoeste e Sul-Sudoeste durante a noite até o período da manhã e entre as direções Sul e Sul-Sudeste ao longo do dia. Para a região, estes dados caracterizam que em média, os ventos, apesar da variação na direção, ocorrem normalmente vindos do oceano em direção à costa.

## **2.3. Aspectos Vegetacionais**

A Baixada Santista está localizada em uma área da Mata Atlântica, que originalmente abrigava um complexo de florestas perenes predominantes na costa

leste brasileira, caracterizada por um notável gradiente altitudinal e sua fisionomia mais típica está associada à Serra do Mar (Schmiegelow et al., 2008).

Segundo Guedes et al. (2005), estima-se que este ecossistema possua cerca de 20 mil espécies vegetais distribuídas em diferentes grupos como: angiospermas, samambaias, líquens, musgos e hepáticas. Predomina um alto padrão de heterogeneidade florística exemplificado pela coexistência de árvores, epífitas e lianas em escala local, o que mostra que esse tipo de floresta apresenta uma dinâmica espacial em sua composição vegetal, bastante complexa (Fig. 2). A costa Atlântica brasileira abrange um conjunto de florestas decíduas e semi-decíduas, além de um mosaico de várias formações vegetais conectadas que interagem no espaço, como manguezais, dunas e florestas de restinga (Veloso et al., 1991).

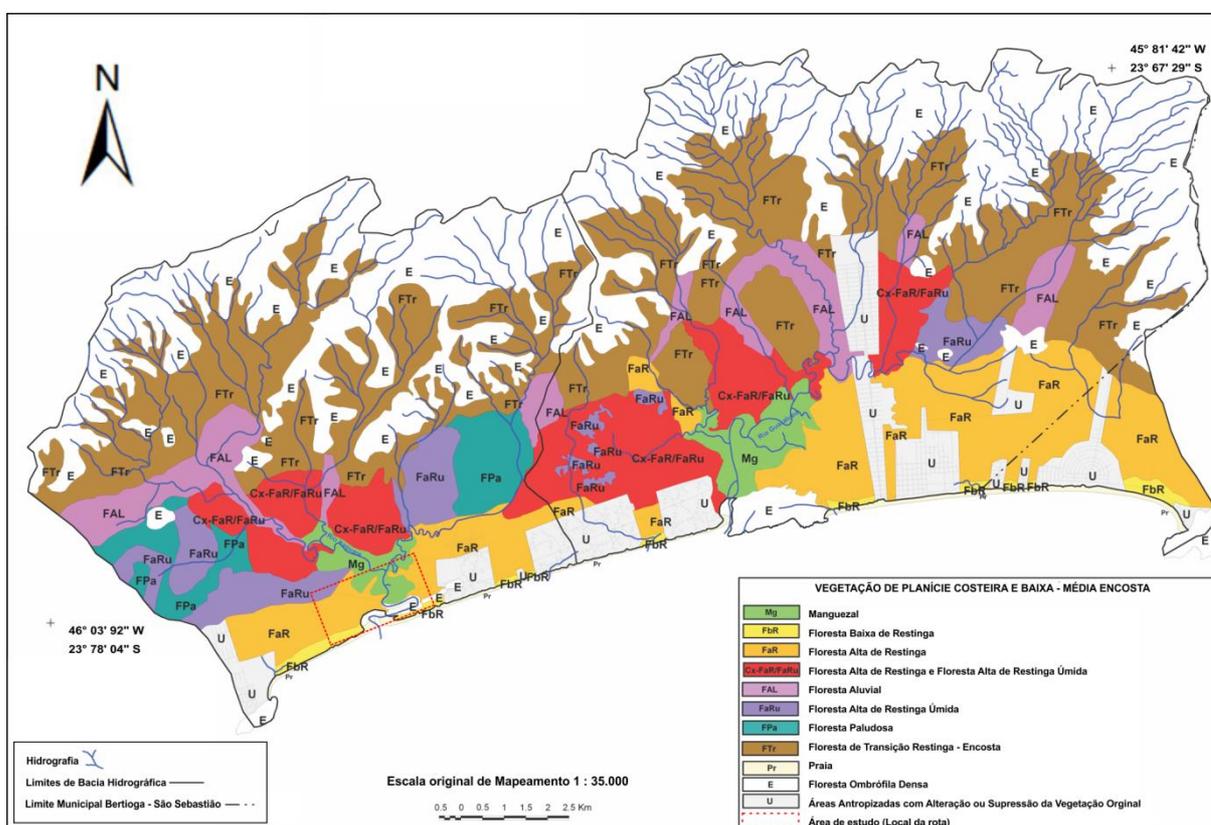


Figura 2. Mapa da Vegetação do local de estudo. Destaque na a área de estudo, a predominância de Floresta Alta e Baixa de Restinga e Mangue (Adaptado de Souza et al, 2008).

O termo “restinga” é apresentado de maneiras diferentes em áreas como geologia, geografia, biologia, entre outros (Souza et al., 2008). Uma das definições utilizadas para designar a vegetação de Restinga é apresentada pela Resolução CONAMA n°10/1993, que utiliza o sistema de classificação da vegetação brasileira proposto por Veloso et al. (1991) como sendo “vegetação que recebe influência

marinha, presente ao longo do litoral brasileiro, também considerada comunidade edáfica, por depender mais da natureza do solo do que do clima. Ocorre em mosaico e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado”. Contudo, a composição florística da restinga pode variar em função da precipitação que é maior desde o estado de São Paulo até o litoral sul do Brasil em oposição a valores menores de precipitação desde o norte do Rio de Janeiro até o Nordeste (Silva et al., 2010).

Essa Resolução também define vegetação de mangues como “vegetação com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e dispersão descontínua ao longo da costa brasileira”. Segundo Veloso et al. (1991), o manguezal pode ser classificado em mangue vermelho devido à predominância de *Rhizophora mangle* L., ou mangue branco com *Laguncularia racemosa* L. e mangue siriúba com *Avicennia* sp. L., os dois primeiros colonizando os locais mais baixos e o terceiro os locais mais altos e mais afastados da influência das marés.

Na Baixada Santista, a vegetação de restinga compõe uma faixa que vai desde a praia até, praticamente, o sopé da Serra do Mar (Guedes et al., 2006). A mesma autora destaca que na composição florística da restinga nessa área, a maioria dos táxons está largamente distribuída em outros habitats, além de ocorrer um grande número de espécies da Serra do Mar, que caracteristicamente adentram a vegetação da restinga (Fig. 3).

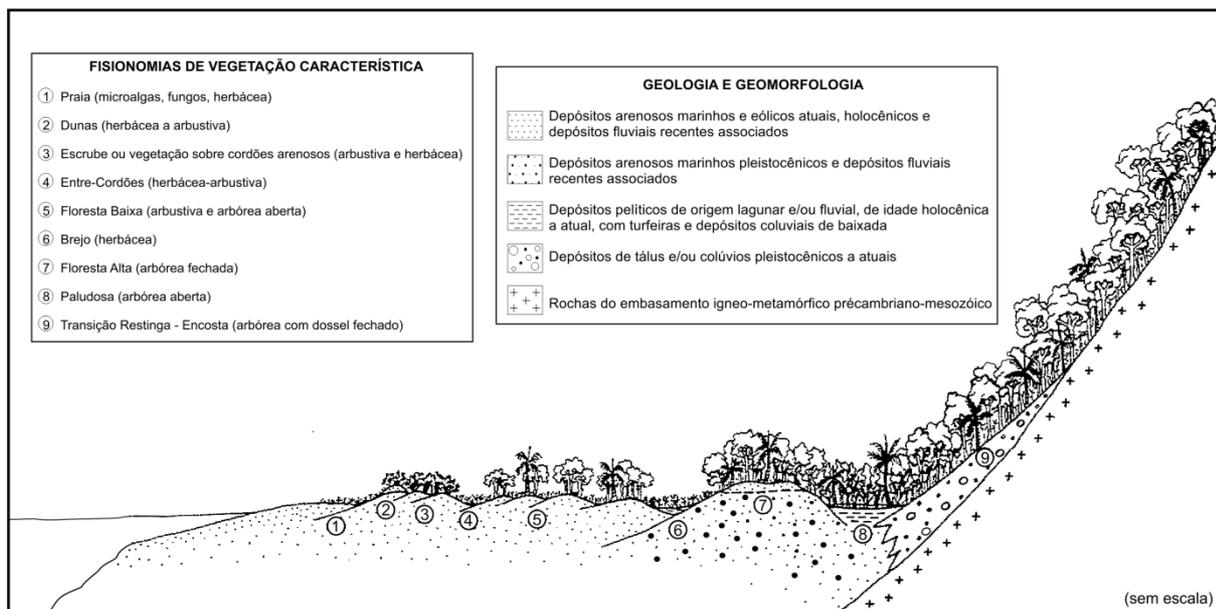


Figura 3. Perfil esquemático das planícies costeiras paulistas, com as variações geológico-geomorfológicas e fisionomias da vegetação de restinga (Adaptado de Souza et al., 1997).

Martins et al. (2008), em seu levantamento sobre a vegetação fanerógama da região de Bertioga, identificaram as dez famílias mais representativas, em relação ao número de espécies: Orchidaceae, Myrtaceae, Bromeliaceae, Rubiaceae, Asteraceae, Fabaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Poaceae e Solanaceae. Guedes et al. (2006) destacam para a localidade da Enseada de São Lourenço, onde se localiza a Praia de Itaguapé, as famílias Myrtaceae, Lauraceae, Rubiaceae, Arecaceae, Bignoniaceae e Melastomataceae.

Ambos os trabalhos adotaram como guia para reconhecimento das formações vegetais, as classes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 7/1996, que detalha as fitofisionomias encontradas na vegetação de restinga. Essas classes são: Vegetação de Praias e Dunas, Vegetação Sobre Cordões Arenosos (Escrube, Floresta Baixa de Restinga, Floresta Alta de Restinga) e Vegetação Associada às Depressões (Entre Cordões Arenosos, Brejo de Restinga, Floresta Paludosa, Floresta Paludosa sobre Substrato Turfosos).

Souza et al. (1997) destacam para o setor morfodinâmico no qual se encontra Bertioga, as seguintes fisionomias vegetais: Vegetação de Praias restrita a poucas áreas sem erosão praial; Fisionomias de Dunas, Brejo de Restinga e Floresta Paludosa ocorrentes em áreas reduzidas, estando as duas últimas associadas a paleolagunas; Floresta Baixa de Restinga desenvolvendo em faixa estreita paralela ao mar e às áreas ocupadas por vegetação entre cordões.

Como indicado por Schaeffer-Novelli (2018a) no manguezal, as plantas são exigentes quanto à luz solar, suportam baixas concentrações de oxigênio no sedimento, convivem com água salgada, conseguem se sustentar em substrato lodoso e têm seus propágulos dispersos em meio aquático. Em muitas áreas, a faixa entre o manguezal e a terra firme apresenta vegetação que ocupa terrenos pouco atingidos pelas marés, como o *Hibiscus tiliaceus* L. (algodoeiro-da-praia ou embirado-mangue), *Acrostichum aureum* L. (avencão) e *Conocarpus erectus* L. (mangue-de-botão). Sobre a superfície dos sedimentos podem ser encontradas diatomáceas bentônicas, cianobactérias e algumas clorofíceas (Schaeffer-Novelli, 2018b).

Durante os trabalhos de campo, observou-se a presença de árvores de porte médio, arbustos e ervas, com algumas ocorrências de árvores emergentes (Fig. 4). Notou-se uma grande quantidade de *Dalbergia ecastaphyllum* L. ("marmeleiro-da-praia"), e de *Blutaparon* sp. (A.St.-Hil.), apesar deste não apresentar inflorescências.

Foi possível também observar por todo o caminho plantas como o táxon arbóreo *Schinus sp. L.* (Aroeira), e a erva *Hydrocotyle sp. L.*, além de várias gramíneas.

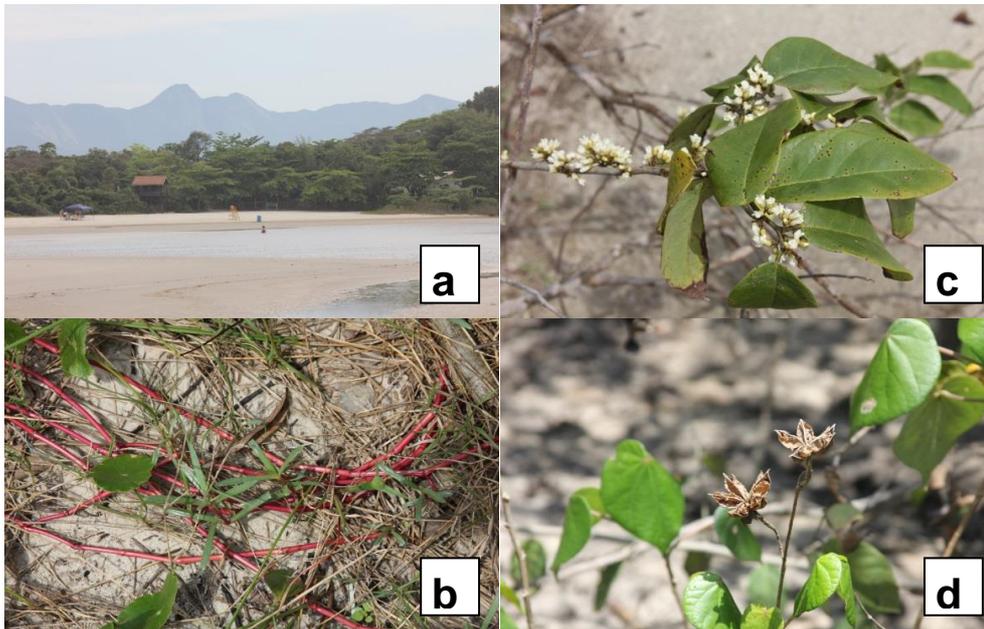


Figura 4. Aspectos vegetacionais: (a) fitofisionomia de setor da Praia de Itaguare, próximo a desembocadura do Rio Itaguare. Alguns táxons encontrados durante trabalhos de campos: (b) *Sesuvium sp.* e *Hydrocotyle sp.*; (c) *Dalbergia ecastophyllum*; (d) *Talipariti pernambucense* (“Hibisco ou algodoeiro do mangue”, sin. de *Hibiscus pernambucensis*). Fotos: Thomas K. Akabane.

Há poucos estudos desenvolvidos com enfoque no levantamento florístico de samambaias nas restingas, com apenas alguns trabalhos no nordeste brasileiro, no estado do Espírito Santo e no Rio de Janeiro (Santos et al., 2004). Apesar disso, durante as coletas em campo, foram observadas numerosas ocorrências de samambaias na região de praia e dunas (Fig 5).

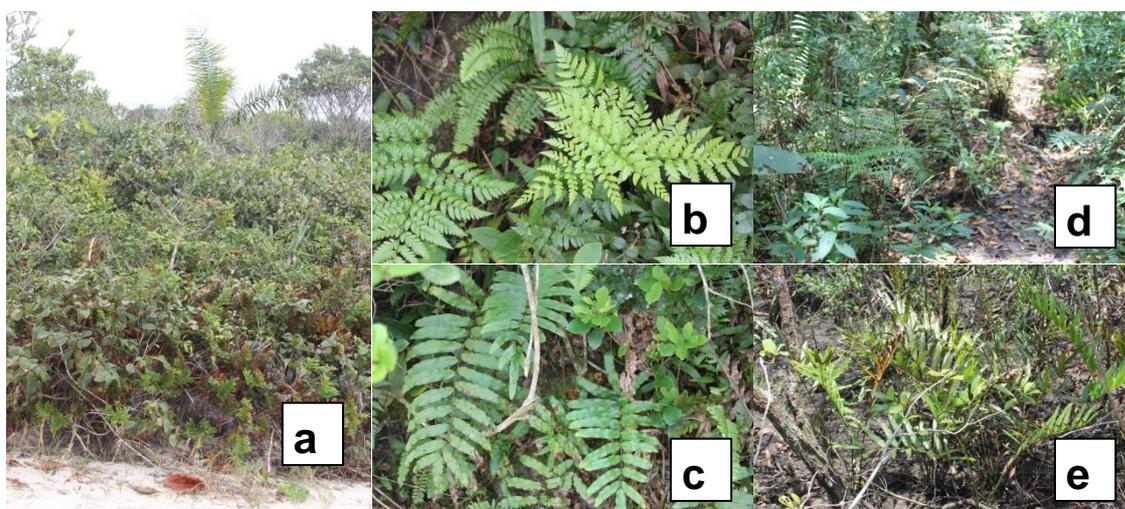


Figura 5. Ocorrência de espécies de samambaias na região da Praia de Itaguare, Bertioga - SP, e no manguezal da região: (a) ocorrência na região de dunas; (b), (c) co-ocorrência com espécies de vegetação de dunas; (d) samambaias na trilha para o manguezal; (e) *Acrostichum sp.* (samambaia-do-mangue). Fotos: Thomas K. Akabane.

Na trilha para o manguezal, além das espécies de samambaias típicas como, por exemplo, *Acrostichum* que no momento apresentavam-se desprovidos de esporângios, notou-se a presença de algumas Melastomataceae e Malvaceae, de hábito arbóreo, como o “algodoeiro-da-praia”.

A dispersão de pólen e esporos nessa região é predominantemente zoófila, ou seja, o processo de transferência polínica de uma flor a outra é realizada por animais, principalmente insetos e em alguns casos mais específicos por vertebrados como aves e mamíferos tais como pássaros e morcegos, entre outros (Faegri e van der Pijl, 1979; Colinvaux et al., 1999). Por outro lado, a anemofilia, ou seja, a dispersão de pólen e esporos pelo vento, apesar de ser relativamente menos representada na região de estudo, é uma estratégia de dispersão empregada por importantes taxons exóticos, ornamentais ou não, que ocorrem nas imediações tais como *Pinus* L. e eucaliptos. Contudo, em diferentes estágios sucessionais, gerados pelo avanço urbano e especulação imobiliária em todo o município (Fierz e Rosa, 1999), especialmente os iniciais onde há uma representação mais significativa de táxons oportunistas, a anemofilia torna-se mais representativa (Opler et al., 1980).

A distribuição das diferentes síndromes de polinização nos táxons presentes na área estudada encontra-se nos Apêndices A e B, baseando-se em levantamento bibliográfico (Lewis, 1986; Todzia, 1988; Buzato et al., 1994; Silva et al., 1996; Trigo et al., 1996; van Dulmen, 2001; Taura e Laroca, 2004; Malerbo-Souza et al., 2004; Lenza e Oliveira, 2005; Carvalho, 2009a; Suhs et al., 2009; Gomes et al., 2010; Tavares, 2011; Negrão et al., 2013; Maroja, et al., 2018; Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger, 2018; Dorneles et al., 2013; Ramalho e Batista, 2005). Licófitas e monilófitas (samambaias) produzem os esporos que necessitam apenas encontrar um substrato com as condições adequadas para germinar e formar um gametófito, onde serão produzidos gametas e ocorrerá a reprodução sexuada (Raven et al., 1992), sem necessidade de um vetor para sua dispersão.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada no trabalho seguiu três etapas principais: **A.** simulação de trajetos; **B.** extração dos microvestígios que ficaram retidos nas roupas e acessórios após a exposição a diferentes ambientes da rota; **C.** tratamento químico dos sedimentos, seguido por montagem de lâminas, identificação e contagem dos táxons encontrados.

#### 3.1. Simulações

Muitos estudos já colaboraram com o entendimento da palinologia e sua aplicação nas ciências forenses, inclusive a partir de amostras obtidas de peças de roupas (Zavada et al., 2007; Scott et al., 2014; Webb et al., 2018). O que estes estudos têm em comum é a metodologia baseada em condições laboratoriais ou até mesmo em campo, porém em situações controladas. Os dados obtidos nessas simulações estabelecidas permitem uma análise estatística acurada devido à comparação com amostras de controle, além das repetições dos ensaios.

Para o presente estudo, foi idealizada uma situação mais próxima da realidade das análises forenses, ou seja, utilizaram-se tanto peças já em uso quanto peças limpas, por indivíduos que realizaram o mesmo trajeto, porém sob diferentes circunstâncias de contato com o ambiente (Tabela 1), além de oferecer mais ou menos peças para análise. Isto é importante uma vez que na rotina pericial, análises são frequentemente realizadas a partir de pequenos fragmentos de peças de vestuário, que inclusive já passaram por outros procedimentos (Wiltshire, 2016).

Os trajetos foram (Fig. 6) simulados em 19 de Setembro de 2017, por três pessoas, de altura média 1,70 m, e as diferenças fundamentais nas rotas, contato com o ambiente e acessórios utilizados estão especificadas na Tabela 1.

O ponto inicial foi na região de dunas da Praia de Itaguapé, caminhando pela areia, atravessando uma faixa rasa do Rio Itaguapé e pisando novamente na areia. No caminho de volta, dessa vez cruzou-se uma parte mais larga do rio, mais próxima ao mar, até retornar ao ponto inicial. Deste ponto, caminhou-se por uma trilha aberta de mata de restinga até chegar à Rodovia BR 101 (Rio-Santos). A partir daí, no caminho para o mangue, passou-se por outra trilha de mata aberta de restinga, porém mais densa que a anterior, que margeia o mangue. Houve contato com uma poça com acúmulos orgânicos. Ao chegar ao local, houve uma breve

caminhada pelo mangue seco, ou seja, sem lama, exposto pela baixa maré, retornando pela trilha até a rodovia.



Figura 6. Trajeto das simulações de rota. (A) Ponto inicial na praia (P1); (B) Região do manguezal (P2); (1) Caminho saindo do ponto inicial; (2) Retorno ao ponto inicial; (3) trilha até a estrada; (4) trilha até a região do manguezal, retornando pelo mesmo caminho até a estrada. No dia do trabalho de campo, o rio encontrava-se menos volumoso do que a representação desta imagem de satélite. Foto: Google Earth (acessado em Janeiro de 2019).

Tabela 1. Especificação de rotas, contatos com o ambiente e acessórios de cada indivíduo participante da simulação de trajeto.

INDIVÍDUO	VESTIMENTA	PRAIA	MANGUE
1	Barra de calça jeans e sola de sapato	Porção rasa do rio, água até a panturrilha	Porção periférica, apenas no substrato seco
2	Barra de calça jeans, calça de moletom, tênis e sola de sapato	Porção mais funda do rio, água até o joelho	Transição entre os substratos seco e molhado
3	Camiseta, Calça Jeans e Sapato	Porção profunda do rio, água até a coxa	Porção interior, no substrato molhado firme, seguido de contato com o rio que margeia o mangue, até a panturrilha

A fim de facilitar o reconhecimento das variadas amostras obtidas de cada indivíduo nos diferentes pontos, adotou-se o ambiente de praia como sendo P1 e mangue como P2. Os indivíduos se manterão identificados como 1, 2 e 3 conforme a Tabela 1. As peças de vestimenta/acessórios amostrados foram: camiseta, calça, sapato, sola de sapato nunca utilizada e barra de calça nunca utilizada. Foram obtidas 11 amostras, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Identificação das amostras extraídas segundo a peça de vestimenta, indivíduo que a utilizou e ambiente com o qual se manteve contato com os ecossistemas de praia e mangue.

<b>Nº DA AMOSTRA</b>	<b>PEÇA</b>	<b>INDIVÍDUO</b>	<b>CÓDIGO</b>
1	Sapato	2	P1 e P2
2	Sapato	2	P1 e P2
3	Calça	3	P1 e P2 (controle)
4	Calça	2	P1 e P2
5	Camiseta	3	P1 e P2 (controle)
6	Sapato	3	P1 e P2 (controle)
7	Sola	1	P1 e P2
8	Sola	2	P2
9	Sola	2	P1
10	Barra	2	P1 e P2
11	Barra	1	P1 e P2

As solas de sapato e as barras de calça foram fixadas com fita silver tape (Fig. 7). As amostras do indivíduo 3 estão indicadas como “controle” pois estiveram em contato com o ambiente por dois dias seguidos, indo e voltando da cidade de São Paulo até Bertioga, com o intuito de observar se haveria alguma diferença quanto à retenção dos vestígios. Vale ressaltar que com exceção das solas e das barras, que foram fixadas no ponto inicial da rota, os indivíduos já saíram da cidade de São Paulo vestindo as outras peças.



Figura 7. Etapas de simulações: (a) Aplicação das barras da calça; (b) aplicação de solas de sapato; (c) caminhada pela praia; (d) caminhada pelo manguezal. Fotos: Thomas K. Akabane.

## 3.2. Caracterização das Peças

### 3.2.1. Camiseta

Camiseta de modelo simples de manga comprida, 100% algodão e sem estampas (amostra 5).

### 3.2.2. Calças

As amostras 3 e 4 a princípio apresentam duas diferenças básicas: a amostra 3 é uma calça de tecido jeans e foi indicada como “controle” por ter saído de São Paulo e ter ido até a região de estudo, em Bertioga, por dois dias na mesma semana, sem lavagem no período de intervalo entre os trajetos. Já a amostra 4 é uma calça de moletom sintético, que saiu de São Paulo até Bertioga e também fez as simulações de trajeto, porém apenas no dia do trabalho de campo. Na Figura 8 é possível observar as tramas dos tecidos de ambas as calças, evidenciando as diferenças entre as fibras e o espaço entre elas. Nota-se que a amostra 3 apresenta tramas com fibras maiores e menos espaçadas em comparação com a 4.

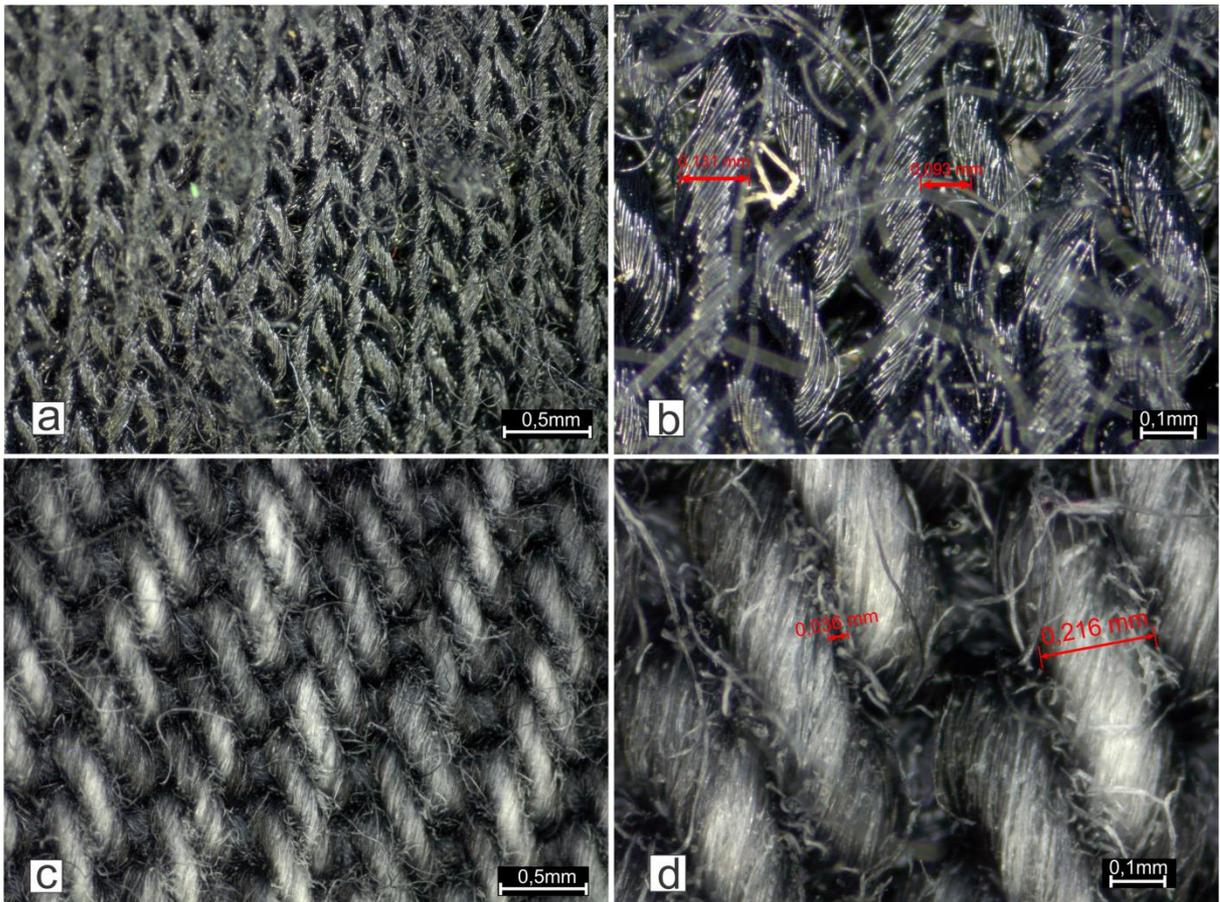


Figura 8. Tramas das calças amostradas. (a) calça de moletom sintético (amostra 4); (b) fibra da calça de moletom sintético medindo 0,131mm de largura, com uma distância de 0,093mm entre as fibras; (c) calça jeans (amostra 3); (d) fibra da calça jeans medindo 0,216mm de largura, com uma distância de 0,036 mm entre as fibras. Fotos: Cynthia Ramos

### 3.2.3. Barras de calça

Ambas barras de calça são de um material do tipo jeans, porém mais fino e maleável. As peças foram cortadas em medidas de aproximadamente 35 cm x 35 cm (Fig. 7a) e as imagens do tecido e da trama estão na figura 9.

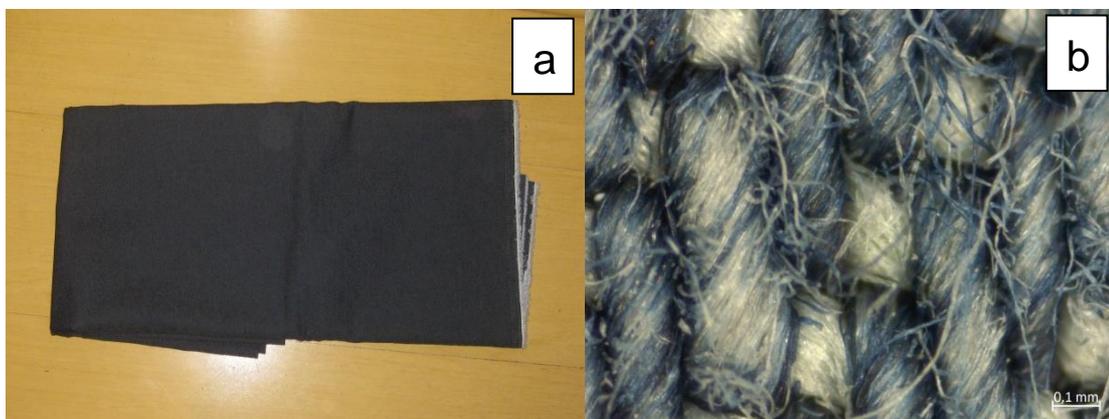


Figura 9. Tecido utilizado como barra de calça (a); Detalhe da trama do tecido utilizado como barra de calça, com dimensões aproximadas da amostra 3, também de tecido jeans (b) (amostras 10 e 11). Fotos: Marina M. Do Amaral (a) e Cynthia Ramos (b).

### 3.2.4. Sapatos

As amostras de sapato 1, 2 e 6 apresentam algumas diferenças entre si. As amostras 1 e 2 são de um par de tênis, que durante o trajeto foram usados pelo mesmo indivíduo, com a única diferença de que a amostra 2 é a do tênis que teve uma sola fixada, que também foi incluída nas análises (Fig. 7b). A amostra 6 é de um par de botas de couro sintético que foram lavadas e processadas juntas, também identificada como “controle” por ter estado na área de estudo duas vezes. O tênis é composto por um tecido poroso (Fig. 10a), capaz de absorver e reter melhor pequenas partículas, enquanto que a bota de couro sintético (Fig. 10b), apresenta uma superfície lisa, com pouca porosidade e baixo poder de absorção.



Figura 10. Sapatos utilizados no trabalho: (a) tênis (amostras 1 e 2); (b) bota de couro sintético (amostra 6). Fotos: Cynthia Ramos.

### 3.2.5. Solas de sapato

As solas de sapato são de modelos de tipo tênis casual e sapato social, sem diferenças aparentes na profundidade das ranhuras, com material de borracha, ilustrado na figura 11.



Figura 11. Solas de sapato utilizadas no trabalho. Foto: Marina M. Do Amaral.

### 3.3. Trabalhos Laboratoriais

Após a exposição no ambiente, as peças de vestuário e solas de sapato foram retiradas e embaladas individualmente em sacos herméticos para evitar contaminação cruzada. Cada saco foi identificado com o nome do indivíduo que a utilizou e o ponto onde a amostra entrou em contato (Fig. 12). Ao retornar para São Paulo, todas foram levadas para o Laboratório de Micropaleontologia do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental (DGSA) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP). As peças foram dispostas dentro de uma estufa previamente esterilizada com álcool 70°, a 50°C, para secagem durante uma noite, evitando assim a proliferação de fungos que pudessem contaminar as amostras e danificar os microvestígios coletados. Após o período de secagem, iniciou-se a extração de resíduos para os tratamentos químicos.



Figura 12. Amostras armazenadas nos sacos identificados após a simulação. Fotos: Cynthia Ramos.

#### 3.3.1. Extração dos resíduos

Cada peça foi disposta em um balde ou béquer de 10 litros previamente lavados com água destilada e detergente neutro. A camiseta, assim como as calças e barras, foram imersas em água destilada com uma pequena quantidade de detergente, de aproximadamente 20 gotas, e levemente friccionadas para auxiliar na remoção dos microvestígios aderidos aos tecidos. Os sapatos e solas foram lavados com água destilada, com o auxílio de uma pisseta, seguido de remoção dos sedimentos incrustados nas reentrâncias do solado com uma pequena espátula (Fig. 13).

Todo o material líquido resultante das lavagens de cada amostra foi centrifugado a uma velocidade de 3000 rpm durante 5 minutos para descartar a porção líquida e concentrar o resíduo. O precipitado da centrifugação foi sub-amostrado para padronizar seu volume nos diferentes processamentos palinológicos

e diatomológicos. Amostras com maior quantidade de sedimento (1, 2, 6, 7, 8, 9 e 10) foram amostradas em 1cm<sup>3</sup>, enquanto que nas com pouca quantidade (3, 4, 5, 11), amostrou-se 0,25cm<sup>3</sup>.



Figura 13. Processo de extração dos resíduos das botas em béquer com água destilada, com auxílio de espátula em laboratório. Fotos: Cynthia Ramos.

### 3.3.2. Processamento químico, identificação e contagem palinológica

As amostras destinadas à análise palinológica foram processadas baseando-se no padrão internacional de técnicas descritas em Colinvaux et al. (1999), com algumas adaptações, como segue:

- As sub-amostras foram colocadas em tubos de polipropileno de 50 ml para centrífuga;
- Pastilhas contendo 12.100 esporos de *Lycopodium clavatum* foram adicionadas aos tubos como um marcador exótico, para auxiliar no cálculo de concentração dos palinófitos. Esta técnica de Stockmarr (1971) é equivalente à técnica de captura e recaptura (mark and recapture technique). A quantidade de pastilhas adicionadas variou de 1 a 2 conforme o volume de amostra, sendo para 0,25 cm<sup>3</sup> e 1 cm<sup>3</sup>, respectivamente;
- O carbonato presente na matriz da pastilha de *Lycopodium* foi removido, adicionando 8 ml de HCl (ácido hidrocloreto) 10%;
- Para a dissolução da sílica presente na amostra, foram adicionados 7 ml de HF (ácido fluorídrico) 40%, com ação de 2 horas em bloco aquecedor a 100°C, seguido de centrifugação com água destilada (Fig. 14);

- Para remoção do excesso de água, adicionou-se 8 ml de  $C_2H_4O_2$  (ácido acético glacial). As amostras foram centrifugadas e o líquido descartado. É importante remover o excesso de água para o passo seguinte, pois o contato com acetólise é explosivo.
- O conteúdo citoplasmático e a celulose foram removidos pela reação de “acetólise”, uma hidrólise ácida composta por 9 partes de  $(CH_3CO)_2O$  (anidrido acético) e uma parte de  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico). Adicionou-se 8 ml de acetólise em cada tubo, que foram dispostos em banho-maria a  $100^\circ C$  por 10 minutos;
- Após este procedimento, as amostras foram centrifugadas e o líquido eliminado. Adicionou-se mais 8 ml de ácido acético glacial, foram novamente centrifugadas e lavadas com água destilada;
- Os resíduos finais foram tamisados em peneiras de  $5\ \mu m$  em aparelho de ultrassom, em temperatura ambiente, durante 5 minutos;
- Adição de álcool absoluto nos tubos para eliminação do excesso de água e glicerina para preservar as amostras. Os tubos ficaram em estufa a  $50^\circ C$  até a eliminação total do álcool;
- Para montagem das lâminas, uma gota do resíduo final foi disposta em uma lâmina para microscopia juntamente com adição de uma gota de glicerina e misturadas delicadamente com o auxílio de um palito esterilizado. Cada lâmina foi coberta por uma lamínula cujas bordas foram previamente preenchidas com parafina derretida. As lâminas foram colocadas por alguns segundos em chapa aquecedora a  $95^\circ C$  para fixação das lamínulas. Esmaltes transparentes foram utilizados para auxiliar na selagem.
- Para cada amostra, três lâminas foram montadas e todos os grãos de pólen e esporos de ambas foram contados. Utilizou-se os aumentos de 68X e 100X em microscópio óptico.
- Cada palinomorfo encontrado foi medido e fotografado, e fichas de identificação foram montadas.
- Para identificação dos tipos polínicos foi utilizada a palinoteca do Laboratório de Micropaleontologia do Instituto de Geociências da USP, assim como referências modernas e clássicas de atlas palinológicos (Roubik e Patiño,

1991; Colinvaux et al., 1999; Lorente et al., 2017; Weng et al., 2019; entre outros).



Figura 14. Amostras em bloco aquecedor com HF para remoção da sílica presente no sedimento. Fotos: Cynthia Ramos.

### 3.3.3. Processamento químico, identificação e contagem diatomológica

A metodologia aplicada no processamento e contagem para análise diatomológica foram baseadas nos protocolos estabelecidos por Battarbee (1986), com algumas adaptações:

- As amostras foram oxidadas, para eliminação da matéria orgânica, com 5 ml de  $H_2O_2$  (peróxido de hidrogênio) em bloco aquecedor a  $80^\circ C$ . Os tubos permaneceram no bloco até a reação cessar totalmente;
- Após o processo de oxidação, o resíduo foi centrifugado, o líquido descartado e adicionou-se 1 ml de HCl 37% para neutralização e remoção de carbonatos;
- Após as amostras ficarem em decantação durante 24 horas, a porção líquida foi descartada;
- O resíduo foi então transferido, com auxílio de uma pisseta com água destilada, para um béquer, onde completou-se até 150 ml de água destilada. As amostras ficaram novamente em decantação durante 24 horas e o líquido foi descartado, adicionando-se mais 150 ml de água destilada ao béquer. Este processo foi repetido até a completa neutralização do pH da água destilada;
- Para a montagem das lâminas, coletou-se, com o auxílio de uma micropipeta, 50  $\mu l$  do resíduo. Este foi colocado sobre lamínulas dispostas em placa aquecedora a  $90^\circ C$  para a evaporação da porção líquida. Duas gotas de meio

Entelan, com alto índice de refração, foram adicionadas ao centro de cada lâmina. As lamínulas com o resíduo seco, ou seja, com as frústulas diatomáceas a elas aderidas, foram colocadas sobre as lâminas com o meio fixador (Fig. 15). Em seguida, pressionou-se delicadamente cada lamínula contra cada lâmina para remoção de bolhas de ar;

- Para cada amostra, foram feitas duas lâminas e a contagem foi feita até se chegar a pelo menos 500 valvas, com o exame completo do transecto onde se atingiu esse valor;
- Alguns espécimens representativos foram medidos e fotografados, e fichas de identificação foram montadas para facilitar a contagem;
- Para identificação das diatomáceas, foram consultadas referências modernas e clássicas em atlas e trabalhos acadêmicos com imagens e descrições das valvas e frústulas (Patrick e Reimer, 1966, 1975; Krammer e Lange-Bertalot, 19861; Metzeltin e Lange-Bertalot, 1998; Lehmkuhl, 2009; Wetzel, 2011, entre outros).

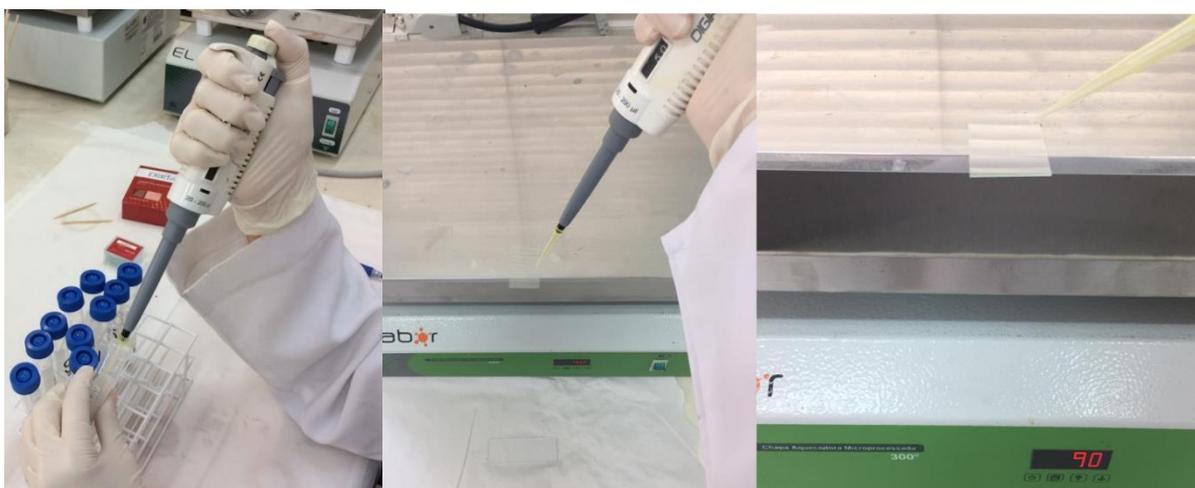


Figura 15. Montagem de lâminas para análise diatomológica, com o uso de micropipeta. Primeiramente o resíduo final é disperso com água e pipetado sobre a lamínula na chapa aquecedora para evaporação da água e consequente fixação das frústulas. Fotos: Cynthia Ramos.

### **3.3.4. Processamento químico, identificação e contagem de foraminíferos**

As amostras passaram pelos processos de filtração e flotação, baseados na metodologia descrita em Boltovskoy e Wright (1976), com algumas alterações:

- Peneiras granulométricas com malhas de 500  $\mu\text{m}$ , 350  $\mu\text{m}$  e 63  $\mu\text{m}$  foram dispostas respectivamente, uma sobre a outra, estando a de menor malha na parte inferior;

- As amostras foram transferidas para as peneiras e lavadas com o auxílio de uma pisseta com água destilada, os sedimentos das diferentes amostras, retidos em cada uma das peneiras, foram transferidos para filtros de celulose devidamente identificados com os números das amostras e das peneiras.
- Os filtros então foram dobrados e dispostos em estufa a 50°C para secagem;
- Após a secagem, o sedimento de cada filtro foi transferido para diferentes béqueres e adicionou-se 5 ml de C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub> (tricloroetileno) para flotação dos microvestígios;
- Após o início da flotação, o líquido com esses sobrenadantes foi delicadamente transferido para novos filtros de celulose. Esse processo foi repetido em média três vezes, até que não houvesse mais sedimentos flutuantes;
- Os filtros permaneceram em capela de exaustão até que o reagente secasse.
- Os sedimentos resultantes deste processo foram observados separadamente em lupa estereoscópica e todos os foraminíferos encontrados foram transferidos para uma lâmina e fixados com gel fixador para cabelo.
- Todas as carapaças encontradas foram contadas e identificadas.
- Para identificação dos foraminíferos foram consultados trabalhos acadêmicos com imagens e descrições dos organismos (Rodrigues et al., 2003; Eichler et al., 2006).

Posteriormente o sedimento que não flutuou também foi analisado, pois algumas carapaças podem ser mais pesadas e/ou ficarem fixadas no sedimento, não conseguindo flotar no líquido (Boltovskoy e Wright, 1976).

### **3.4. Análises Estatísticas**

Somente os palinomorfos e diatomáceas que ocorreram mais de uma vez durante a contagem (ver Apêndices A e B) foram incluídos nas análises estatísticas, com intuito de remover o efeito do acaso e evitar questionamentos em tribunal.

Para quantificação dessas amostras palinológicas foram utilizados programas computacionais tais como TILIA e TILIA GRAPH (Grimm e Troostheide, 1994). Estes programas determinam, a partir dos dados obtidos da contagem, a porcentagem e concentração, ou seja, número de indivíduos por grama ou por ml da amostra forense.

A concentração é baseada na seguinte equação:

$$\frac{(PC / LC) \times TLad}{VA}$$

Onde:

- PC = Contagem total de um determinado palinomorfo na amostra;
- LC = Contagem total de esporos de *Lycopodium* naquela amostra;
- TLad = Total de esporos de *Lycopodium* adicionados à amostra (12.100 se uma pastilha ou 24.200 se duas pastilhas);
- VA = Volume subamostrado em centímetros cúbicos (1 cm<sup>3</sup> ou 0,25 cm<sup>3</sup>).

Para a concentração de diatomáceas, foi utilizada a seguinte equação:

$$\frac{DC \times (AI / Nc \times Ac) \times (ViA / VS)}{Mi}$$

Onde:

- DC = Contagem total de uma determinada valva na amostra;
- AI = Área da lamínula (mm<sup>2</sup>);
- Nc = N° de transectos contados;
- Ac = Área do campo de visão no microscópio;
- ViA = Volume da amostra após a oxidação (ml);
- VS = Volume de amostra pipetada;
- Mi = Massa inicial subamostrada (g).

Adicionalmente, a análise multivariada Detrended Correspondence Analysis (DCA) foi aplicada utilizando o programa estatístico Paleontological Statistics (PAST) (Hammer et al., 2001), para identificar padrões de distribuição das espécies. O DCA é basicamente usado em análises ecológicas, fornecendo dados estatísticos a partir de dados de abundância (Hill e Gauch Jr., 1980).



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o potencial forense de diferentes materiais após as simulações em campo, optou-se pela apresentação de resultados e discussão de forma individualizada das peças de vestuário e os diferentes tecidos usados.

Para a interpretação dos resultados, foram utilizados somente os valores de concentração dos microvestígios, pois a porcentagem pode tendenciar o resultado, enquanto que para a concentração os cálculos se basearam na abundância do marcador exótico, além de levar em conta a quantidade subamostrada, padronizando as amostras (Salgado-Laboriau, 2007).

Os palinomorfos foram divididos em quatro categorias: Restinga, Manguezal, Mata Atlântica e Vegetação Local. Essas categorias foram criadas a fim de facilitar a compreensão e interpretação dos resultados.

A categoria “Manguezal” foi criada para agrupar os grãos encontrados nas amostras que pertencem a táxons ocorrentes somente em áreas de mangue. Os grãos das famílias Combretaceae e Melastomataceae são muito similares em sua forma e tamanho (Erdtman, 1986) o que torna difícil a identificação e separação dos mesmos. Apesar de a família Melastomataceae ser abundante na região de restinga (Amaral, 2003), a análise de DCA (Fig. 16a) revelou uma proximidade maior desse táxon com outro elemento associado a mangues (*Rhizophora*). O que leva a crer, sob a luz da Lei da Parcimônia que há uma grande possibilidade desses grãos serem Combretaceae, uma família mais representada em manguezais pelos gêneros *Laguncularia* e *Conocarpus* (Amaral, 2003). A morfologia do grão de pólen de *Laguncularia* é uma exceção à similaridade entre essas famílias por ser tricolporado, enquanto que *Conocarpus* apresenta a típica condição heterocolpada das famílias Combretaceae e Melastomataceae (Magalhães e Silva e Santos, 2009). Dessa forma, esses grãos foram aqui atribuídos a *Conocarpus* e na categoria “Manguezal” ficaram agrupados esse táxon e *Rhizophora mangle*.

Para a categoria “Restinga” foram selecionados alguns táxons que comumente ocorrem em restingas ao longo da costa brasileira, apesar de não serem exclusivos desse ecossistema. Há certa dificuldade em selecionar elementos endêmicos de restinga, uma vez que a vegetação ocorrente em áreas com influência marinha é também comumente encontrada em toda a extensão da Mata Atlântica (Cerqueira, 2000). No entanto, a partir de levantamento bibliográfico sobre restingas

(Rizzini, 1979; Ferri, 1980; Araújo and Lacerda, 1987; Barros et al., 1991; Couto and Cordeiro, 2005; Sampaio et al., 2005), foi possível selecionar alguns elementos que sempre co-ocorrem mais especificamente em restingas ao longo da costa brasileira, do que em áreas mais interiorizadas.

Em “Vegetação Local”, foram agrupados os táxons que, apesar de não serem exclusivos do PERB, e que podem ocorrer ao longo da Mata Atlântica ou até mesmo em outros ecossistemas, foram indicados em estudos de levantamento florístico na região do PERB e/ou arredores (Guedes et al., 2006; Martins et al., 2008; Fundação Florestal, 2018), evidenciando a assinatura polínica da área. Essa categoria, por reunir elementos co-ocorrentes de uma região mais específica, pode indicar a força da relação entre amostra e o contato com o ambiente.

A categoria “Mata Atlântica” foi criada para agrupar os elementos encontrados nas amostras e que no entanto não são específicos de manguezais, não foram apontados nos estudos sobre restinga e nem nos levantamentos da vegetação da região de estudo. Esses táxons ocorrem em toda a Mata Atlântica, que é o ecossistema onde a área de estudo está inserida e em alguns casos, apresentam ocorrências também em outros ecossistemas.

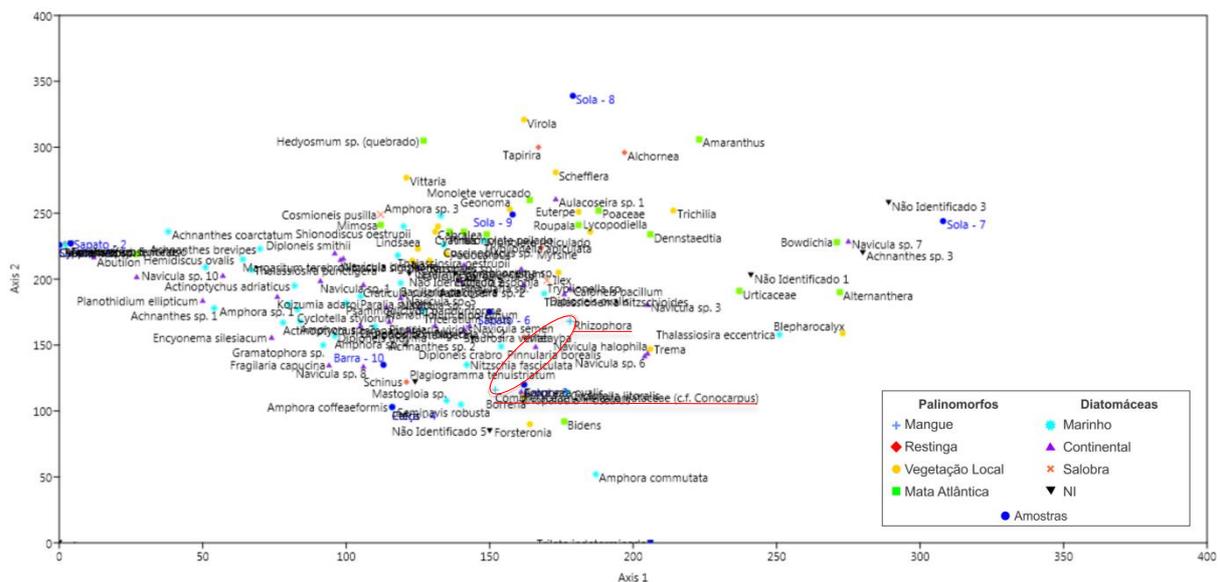


Figura 16a. Diagrama de distribuição DCA com todos os microvestígios encontrados nas amostras, destacando a proximidade de Combretaceae / Melastomataceae a elemento de mangue, como *Rhizophora*.

As diatomáceas também foram divididas em categorias a fim de facilitar a interpretação, sendo elas: Marinha, Continental, Salobra e Não Identificada (NI).

As três primeiras categorias foram selecionadas de acordo com levantamento de dados (Forzza et al., 2010; Zappi et al., 2015; Algaebase, 2019; Moro e Fürstenberger, 1997) sobre o habitat de cada um dos táxons identificados. A categoria NI foi criada de maneira a agrupar aquelas nas quais não foi possível identificar a valva ou que, devido a identificação só ter sido realizada até nível de gênero, não foi viável distinguir o habitat daquele táxon, uma vez que dentro do mesmo gênero, espécies diferentes habitam diferentes ambientes.

#### 4.1. Camiseta

A amostra 5, camiseta controle, exposta duas vezes ao mesmo ambiente, apresentou uma concentração muito baixa de microvestígios, com uma contagem de apenas 9 grãos de pólen, além de nenhuma frústula de diatomácea e nenhuma carapaça de foraminífero. Isto pode ser explicado pelo fato dessa amostra não ter entrado em contato com a água. Esta informação pode ter implicações forenses uma vez que isso resultou em ausência de frústulas diatomáceas, ou seja, somente o contato direto do tecido com a água poderia resultar em retenção desses microvestígios.

Para a análise de DCA, essa amostra foi excluída das variáveis, uma vez que, devido a sua baixa contagem, a mesma tendência o resultado estatístico, ao agrupar todas as outras amostras em um ponto, afetando a interpretação (Fig. 16b).

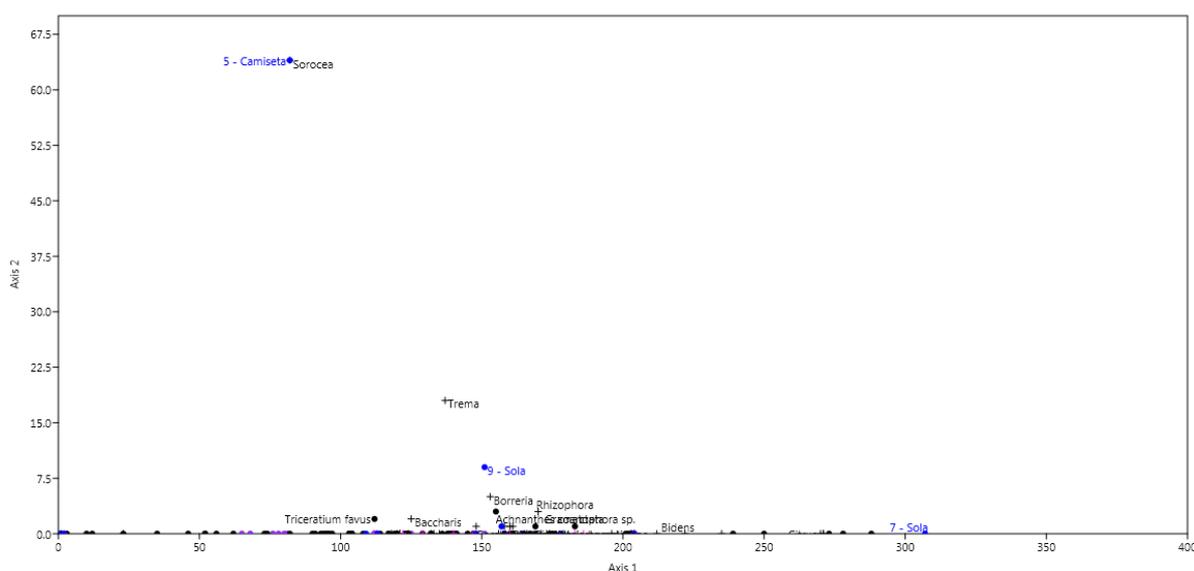


Figura 16b. Diagrama de DCA das amostras, com todos os táxons de palinormorfos e diatomáceas encontrados. É possível notar a disparidade da Amostra 5, que dificulta a interpretação estatística dos resultados.

No diagrama gerado pelo programa Tilia (Fig. 17), com os valores de concentração de todos os palinomorfos encontrados nas amostras, também é possível perceber que a amostra 5 não apresentou destaque, devido à baixa contagem de palinomorfos. A baixa representação de pólen nesta amostra pode ser explicada pela natureza da polinização predominantemente zoófila da vegetação local. Uma vez que a camiseta não entrou em contato direto com a vegetação, como o restante das amostras, seria provável que grãos de pólen anemófilos, se depositariam nela através da chuva polínica. Apesar dos grãos anemófilos serem produzidos em maior quantidade, eles são notoriamente desprovidos de pollenkitt, e têm baixa representatividade de táxons na vegetação da área (Traverse, 2007).

Uma informação relevante sobre essa amostra do ponto de vista forense trata-se da baixa representatividade em termos de concentração, causada pela presença de um único grão de *Rhizophora mangle*, um táxon caracteristicamente anemófilo (Menezes et al., 1997). No presente estudo, onde ocorrências de apenas um único indivíduo não foram contabilizadas nas análises estatísticas, em casos como o desta amostra onde houve baixa contagem de microvestígios, seu significado na interpretação judicial poderia ser representativo. Um grão de *Rhizophora mangle* encontrado nesta amostra é indicativo de contato com o ecossistema de manguezal, especificamente.

É possível notar que apesar da baixa contagem de microvestígios, a amostra 5 apresentou uma concentração alta de *Sorocea*, um táxon arbóreo que faz parte da vegetação local, com ocorrência na Mata Atlântica Ombrófila Densa assim como na Restinga (Zappi et al., 2015). Contudo esse táxon não foi registrado em nenhuma outra amostra. Além deste táxon pertencente à família Moraceae, que é anemófila, foram também encontrados nesta amostra outros taxons dispersos pelo vento, tais como *Pinus*, *Trema* e *Borreria*.

## Concentração Palinomorfos - Total

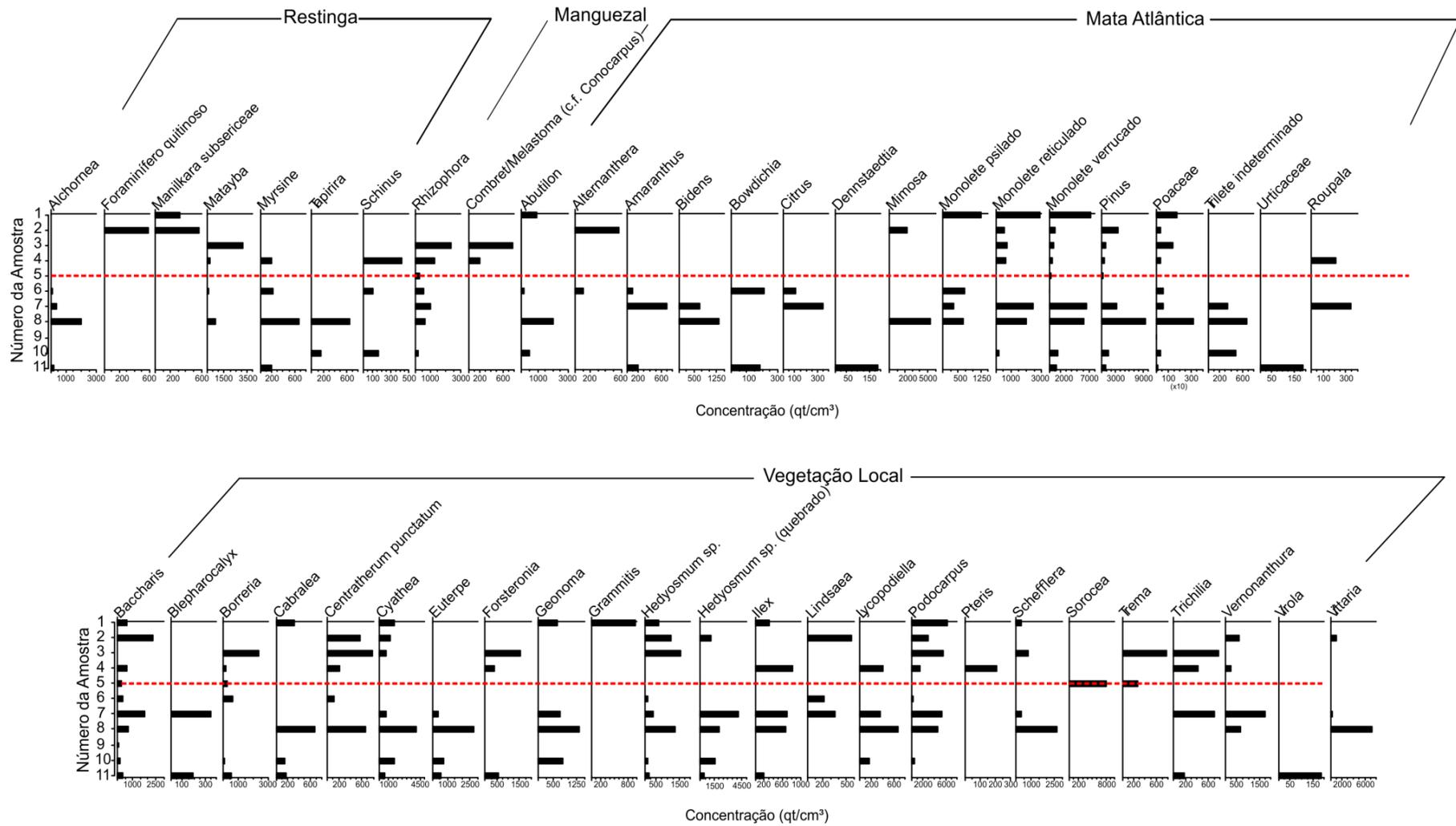


Figura 17. Diagrama de concentração total de palinórfos encontrados em todas as amostras, com destaque para a amostra 5, que apresentou baixa contagem e portanto, não representa um bom indicador de coleta de palinórfos para análise forense.

## 4.2. Calças

Os resultados da concentração de palinomorfos e diatomáceas encontrados nas calças é apresentado nas figuras 18 e 19.

Observa-se na figura 19 que a amostra 3 acumulou mais grãos de pólen e esporos do que a amostra 4, no entanto, para as diatomáceas (Fig. 18), a amostra 4 reteve maior número de microvestígios e é provável que esse fato ocorra devido à dimensão das tramas desses dois tecidos. Uma vez que o moletom apresenta fibras mais espaçadas, espera-se que sua malha retenha vestígios maiores como as diatomáceas do que os grãos de pólen que se apresentam em tamanhos menores. Já o jeans, com suas fibras mais próximas, manteve os diminutos grãos que se acumularam durante os dois dias em que a calça esteve exposta ao ambiente. Segundo (Traverse, 2007), grãos de pólen podem variar, em raros casos, entre 100  $\mu\text{m}$  e 250  $\mu\text{m}$ , porém a grande maioria, em média, apresentam dimensões de apenas 30  $\mu\text{m}$ . A grande maioria de frústulas de diatomáceas variam entre 10  $\mu\text{m}$  e 60  $\mu\text{m}$  nos taxons continentais contra marinhas que atingem valores maiores que 100  $\mu\text{m}$ , atingindo dimensões próximas da tamanhos macroscópicos, cerca de 1 mm (Round et al., 1990; Vieira, 2011).

Essa hipótese é corroborada à medida que se analisa a retenção de apenas um tipo de microvestígio nos diferentes tecidos. A figura 18 mostra que alguns táxons de diatomáceas ocorrem somente em um tipo de calça ou no outro, sem co-ocorrência nos diferentes tecidos. Na calça jeans, que neste caso apresenta uma distância entre suas fibras de apenas 36  $\mu\text{m}$ , apresentou ocorrência exclusiva de valvas com média de comprimento menor do que 30  $\mu\text{m}$ , como *Gramatophora* sp. (14,6  $\mu\text{m}$  x 3,2  $\mu\text{m}$ ), *Achnanthes coarctata* (29,8  $\mu\text{m}$  x 7,8  $\mu\text{m}$ ), *Diploneis didyma* (28,5  $\mu\text{m}$  x 10,7  $\mu\text{m}$ ) e *Pinnularia borealis* (29,7  $\mu\text{m}$  x 8  $\mu\text{m}$ ). Já o moletom apresentou uma distância entre as fibras de 93  $\mu\text{m}$  e as valvas de ocorrência exclusiva neste tecido, têm média de comprimento maior do que 33  $\mu\text{m}$ , chegando até mais de 70  $\mu\text{m}$ . São elas: *Pinnularia* sp. (57  $\mu\text{m}$  x 7  $\mu\text{m}$ ), *Paralia sulcata* (40,9  $\mu\text{m}$  Ø), *Craticula cuspidata* (34,6  $\mu\text{m}$  x 9  $\mu\text{m}$ ), *Nitzschia fasciculata* (63  $\mu\text{m}$  x 7,1  $\mu\text{m}$ ), *Navicula semen* (40  $\mu\text{m}$  x 14,8  $\mu\text{m}$ ), *Mastogloia* sp. (33,2  $\mu\text{m}$  x 10,3  $\mu\text{m}$ ), *Gyrosigma strigilis* (73,3  $\mu\text{m}$  x 11,7  $\mu\text{m}$ ) e a *Triceratium favus*, uma diatomácea de grandes proporções, que nas amostras sempre aparece quebrada, em fragmentos em torno de 70  $\mu\text{m}$ .



# Concentração Palinomorfos - Calças

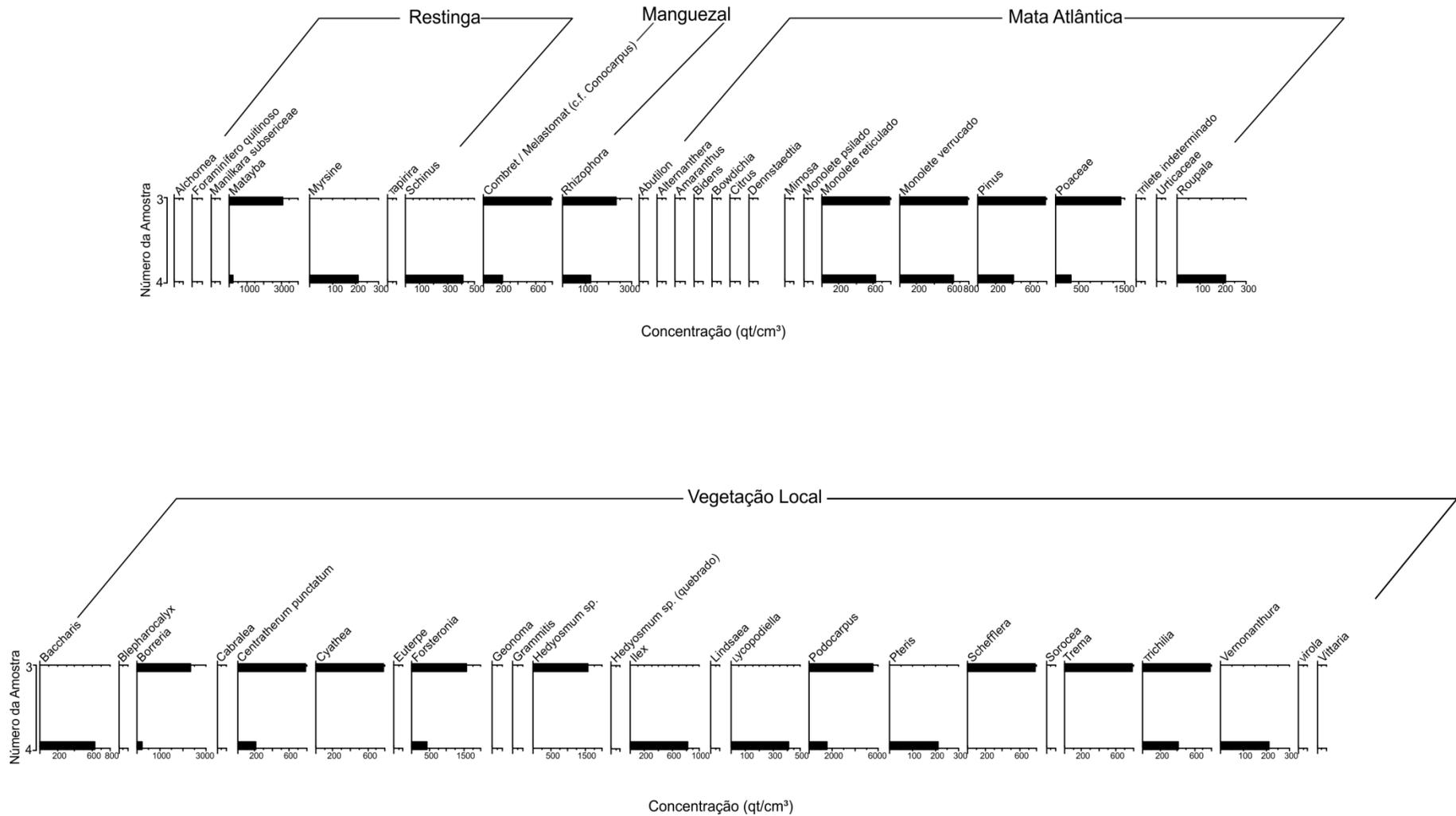


Figura 19. Diagrama de concentração de palinórfos encontrados nas amostras 3 e 4 (Calças)

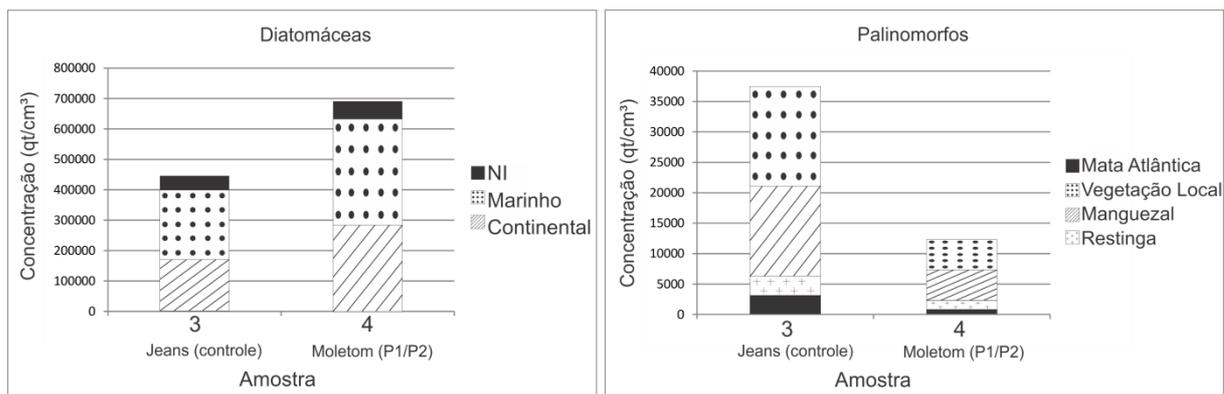


Figura 20. Concentração dos elementos encontrados nas amostras de calças, separados por categoria.

A diferença entre as tramas dos tecidos que compõem as calças pode também explicar o porquê de a amostra 3 (calça jeans) ter retido uma concentração menor de valvas de diatomáceas, mesmo tendo sido a amostra que mais manteve contato com água durante as simulações. Isso se deve provavelmente ao fato de que tramas que não conseguem absorver as diatomáceas, as mantêm em sua superfície, porém as frústulas são mais facilmente removidas, sem maior esforço como já relatado por (Scott et al., 2014).

Quanto à natureza do sinal diatomológico retido, embora com concentrações diferentes, ambos são indicativos do contato dos diferentes tipos de tecido com os ecossistemas aquáticos tanto continental quanto marinho, uma vez que não se entrou em contato direto com a água do mar, porém num contexto estuarino, com influência marinha.

Ao contrário do que foi observado na análise diatomológica, a maior retenção de grãos de pólen e esporos ocorre na calça jeans, onde ficou um sinal claro dos diferentes ambientes (praia x mangue) percorridos durante o trajeto. Neste caso, ambas peças de vestuário poderiam ser usadas em análises periciais.

É interessante notar nas calças a alta concentração de vegetação ocorrente no local de estudo e os elementos de mangue (Fig. 20), No caso da amostra 3 é possível que os valores mais altos de concentração tenham sido causados por maior tempo de exposição da peça ao ambiente, ao contrário da amostra 4, exposta aos ecossistemas locais por cerca da metade do tempo. Esse diferencial de retenção de pólen em função do tempo de exposição de tecidos jeans entre outros foi observado por Webb et al. (2018) em condições de laboratório. Esses autores também destacam maior retenção de palinórfos por tecidos do tipo denim (jeans).

Contudo, resultados contrários a este, são apresentados por Zavada et al. (2007) que destacam que não houve diferença estatística na retenção de palinórfos em função do tipo de tecido usados. Contudo, esses autores fizeram simulações apenas com algodão, poliéster, lã, seda e linho. Possivelmente a divergência desses resultados com os de Bertioga, concordantes com Webb et al. (2018), possa ser explicada pelo diferencial de retenção de palinórfos pelo jeans. Independentemente dessa discussão, torna-se inequívoca a importância do sinal retido em ambas as peças que confirmam o seu contato com diferentes ecossistemas costeiros, com forte componente da vegetação do local de estudo.

### **4.3. Barras de calça**

A diferença entre as amostras 10 e 11 é basicamente a intensidade com que as barras entraram em contato com os ambientes. Ambas são de tecido jeans e foram usadas no mesmo trajeto, porém a amostra 10 teve maior contato com a água do estuário no P1 e adentrou na porção do mangue com sedimentos inconsolidados e muito úmidos em P2, enquanto que a amostra 11 ficou apenas umedecida na água do estuário e permaneceu na porção marginal do mangue.

Na análise diatomológica, essa diferença entre as peças em relação ao contato com a água fica evidente. Por exemplo, a amostra 10, que ficou completamente submersa na água, apresentou uma concentração maior de valvas do que a amostra 11 (Figs. 21 e 22).

Scott et al. (2014) já haviam observado essa relação do tecido que entrou em contato com a água reter mais diatomáceas do que o que foi exposto ao ambiente e que permaneceu seco. Porém é interessante notar que, assim como nas outras peças, as concentrações entre as categorias se mantiveram proporcionais, demonstrando que não é necessário um contato muito ativo com o ambiente para reproduzir o seu sinal de maneira fidedigna.



## Concentração Palinomorfos - Barras de Calça

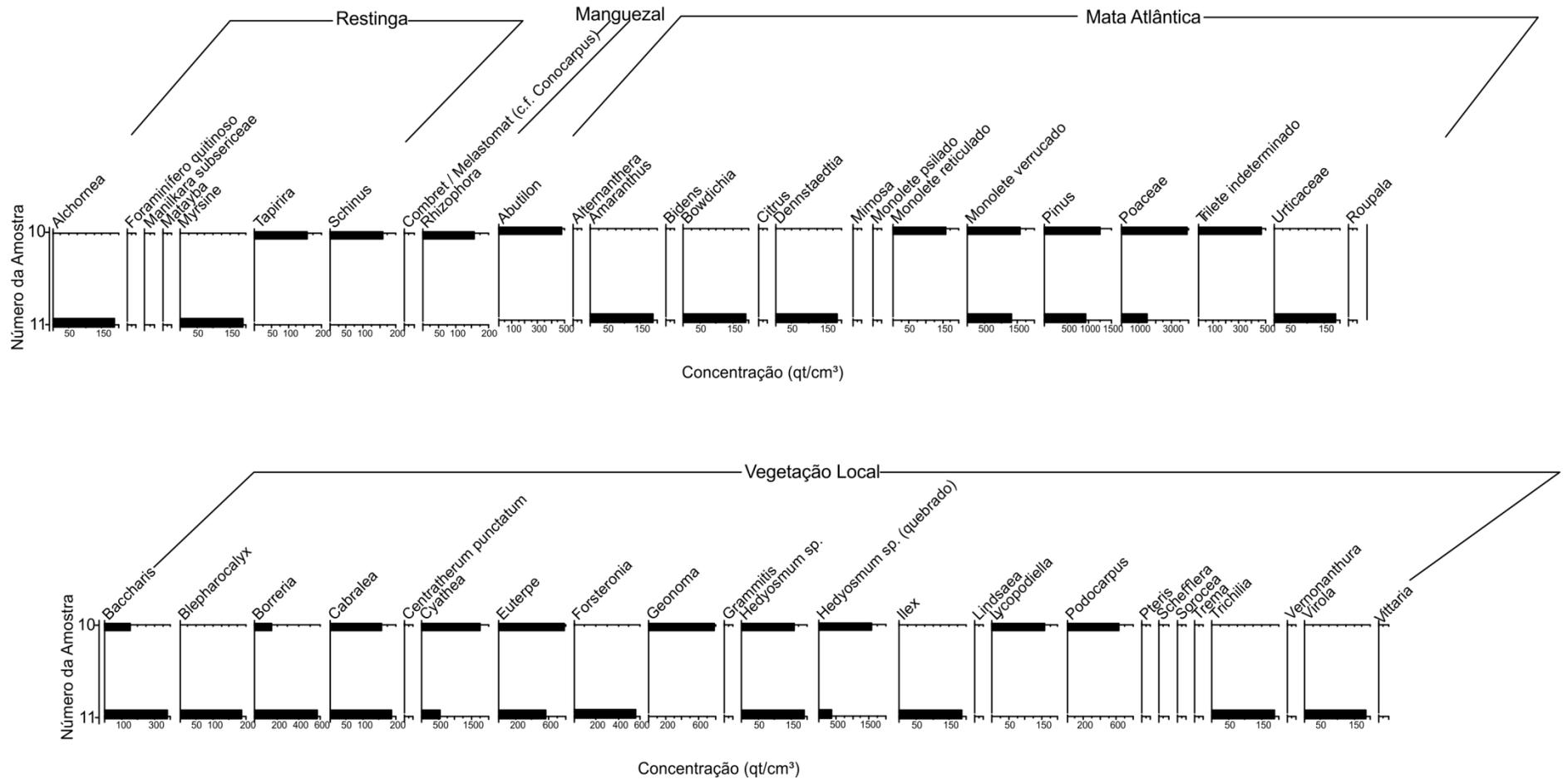


Figura 22. Diagrama de concentração de palinomorfos encontrados nas amostras 10 e 11 de (barras de calça).

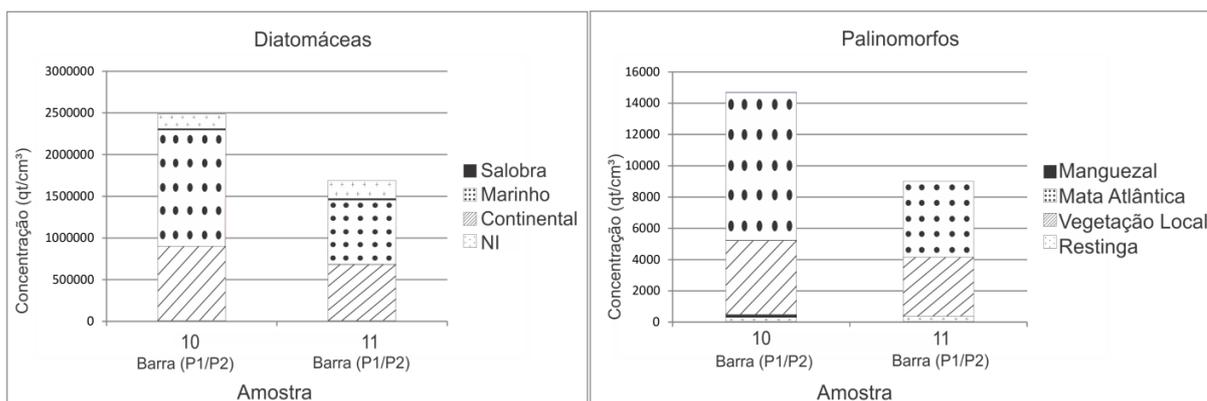


Figura 23. Concentração dos elementos encontrados nas barras de calça, separados por categoria.

Quanto ao sinal palinológico, nota-se que a amostra 11 não apresentou elementos de mangue. Isso sugere que *Rhizophora mangle* exigiu um contato mais direto, como uma caminhada pelo interior do manguezal, para que seu sinal ficasse retido na peça (Fig. 23). O fato do material da amostra 10 ter sido molhado através do contato com o rio em P1 pode também explicar essa maior retenção de *Rhizophora*, uma vez que os grãos de pólen desse táxon, também são comumente transportados pela água (Langenheim et al., 1967).

#### 4.4. Sapatos

Na Figura 24 é possível observar que a concentração de diatomáceas não teve grande variação entre as amostras 1 e 2, com apenas poucas ocorrências de táxons em somente uma delas. Além disso, as concentrações de elementos das diferentes categorias (Fig. 26) também apresentam as mesmas proporções nas duas amostras. Isso mostra que o sinal diatomológico do trajeto é o mesmo para ambos sapatos da mesma pessoa, de modo que facilita a ação pericial em um caso que não se tem, ou não se pode ter ambos os sapatos que compõem o par, para análise. Sendo assim, com apenas um sapato já seria possível estimar o trajeto do indivíduo, que nesse caso, claramente esteve em uma região estuarina, por apresentar altas concentrações de elementos marinhos e continentais, além de alguns táxons tipicamente de habitat salobro.

Para a amostra 6, esperava-se encontrar um número maior de valvas, pois foi a amostra do único indivíduo que manteve mais contato com água e entrou novamente no rio, em sua porção que margeia o mangue, antes de caminhar de volta pela trilha do P2. Contudo, o que se observa é que a bota acumulou menos

microvestígios e é possível que isto tenha ocorrido, assim como no caso das calças, devido à diferença do material que compõe os sapatos. Essa diferença de concentração das diatomáceas entre os materiais dos sapatos é observada por Levin et al. (2017), que afirmam que superfícies mais ásperas tendem a manter um número maior de microvestígios do que em materiais mais lisos. Os autores também destacam que diatomáceas maiores são perdidas mais facilmente nessas superfícies pouco porosas. O que é refletido neste trabalho, uma vez que, com exceção de *Actinoptychus adriaticus*, todas as diatomáceas apontadas como de maior porte ( $> 33 \mu\text{m}$ ) ocorrem em concentrações bem menores na bota se comparadas com as ocorrências nos tênis. Independentemente desses fatos, as concentrações das categorias entre as amostras se mantêm proporcionais, o que significa que o sinal retido, por menor que seja, reflete o ambiente com o qual a peça entrou em contato.

Em questão de retenção de palinórfos (Fig. 25) nos diferentes tipos de sapatos, fica nítida a diferença entre ambos. A amostra 6 apresenta táxons em maior concentração, que não co-ocorrem nas amostras 1 e 2, e quando ocorrem, apresentam concentrações baixas em relação as outras duas. Era esperado que a amostra 6 apresentasse uma concentração maior de microvestígios, uma vez que esteve por dois dias na área de estudo, além de ter concentrado o resíduo dos dois sapatos que compõem o par em apenas uma amostra. No entanto, como é possível observar na Figura 17, essa amostra reteve um menor número de palinórfos, possivelmente, como no caso das diatomáceas, devido ao material que compõe essa amostra. Outra semelhança com a análise diatomológica é o fato da retenção de grãos de pólen e esporos de menor dimensão como *Alchornea*, *Borreria*, *Matayba*, *Schinus* e *Rhizophora*, menores que  $30 \mu\text{m}$ , ser maior no calçado de superfície mais lisa, como verificado por Levin et al. (2017). Da mesma forma, grãos de maiores dimensões, ou seja, maiores que  $30 \mu\text{m}$ , como *Manilkara subsericea* e maiores que  $50 \mu\text{m}$  como *Cyathea*, monoletes verrucados e *Podocarpus*, que ficaram restritos ao sapato de tecido poroso.

## Concentração Diatomáceas - Sapatos

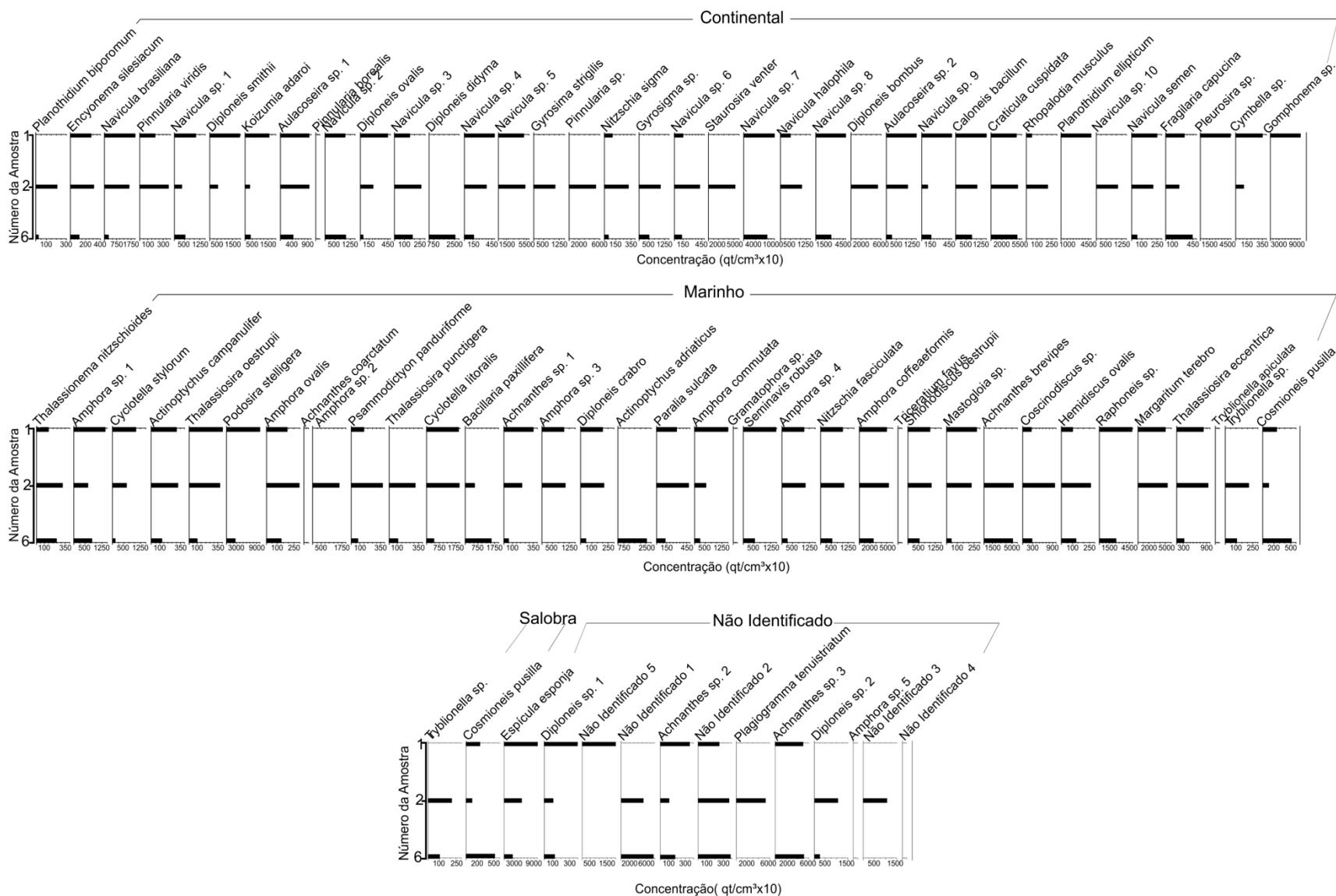


Figura 24. Diagrama de concentração de diatomáceas encontradas nas amostras 1, 2 e 6 (Sapatos)

## Concentração Palinomorfos - Sapatos

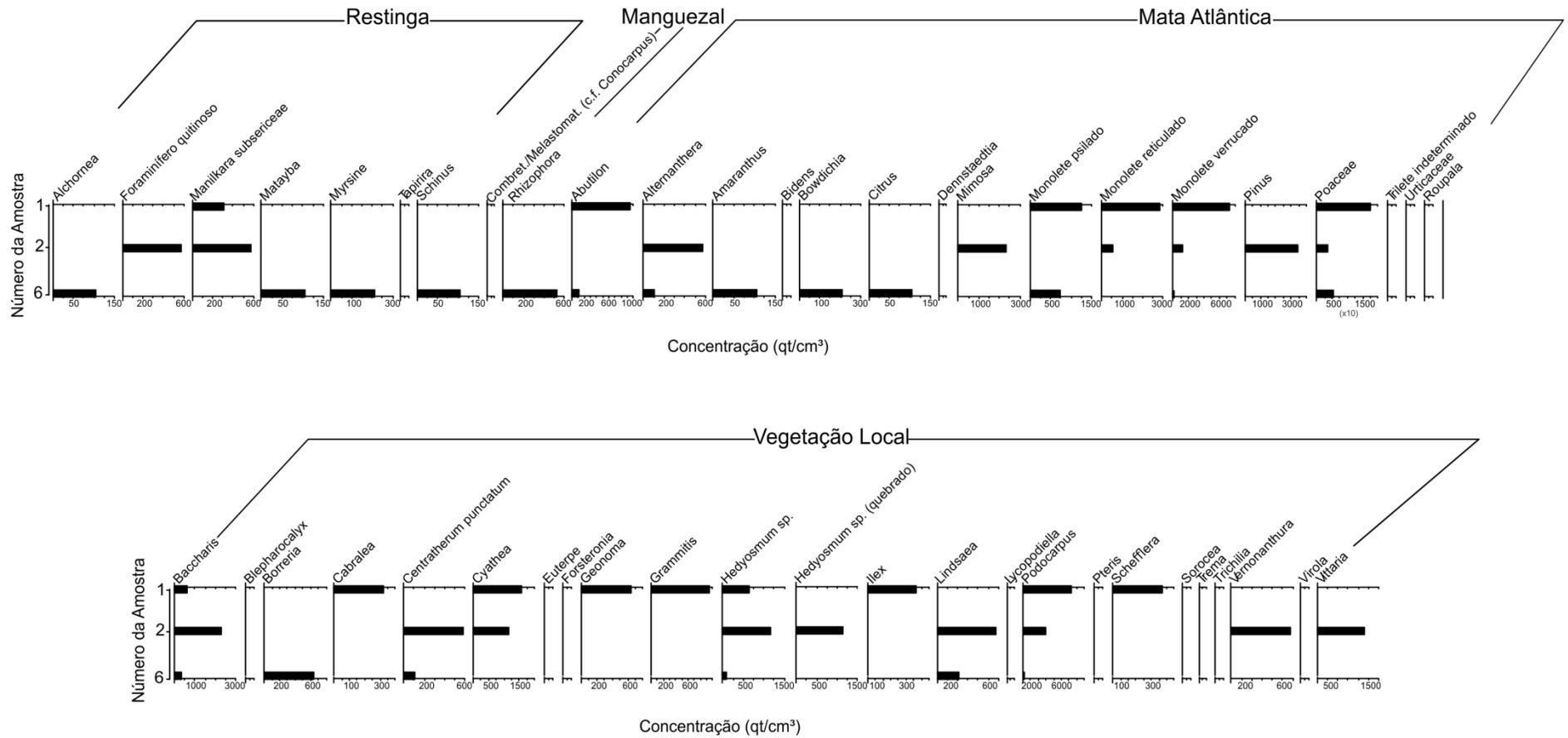


Figura 25. Diagrama de concentração de palinomorfos encontrados nas amostras 1, 2 e 6 (Sapatos)

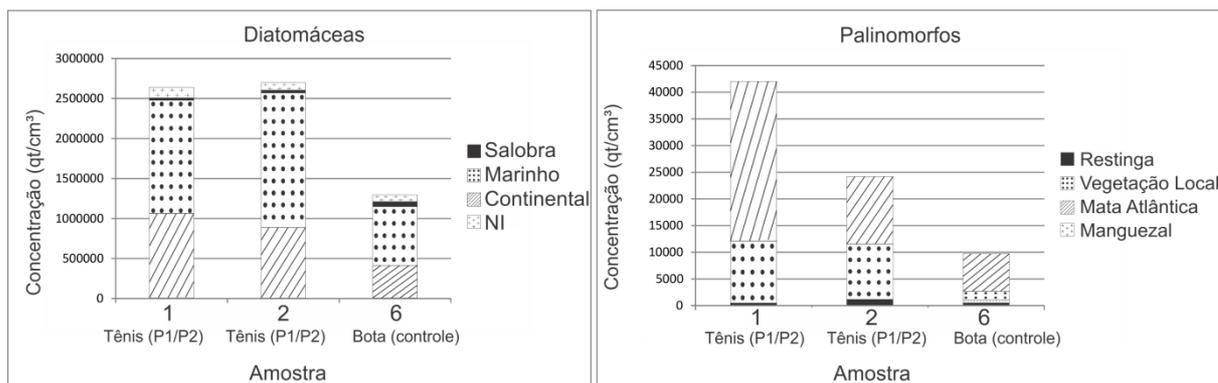


Figura 26. Concentração dos elementos encontrados nas amostras de sapato, separados por categoria.

Entre as amostras 1 e 2, do par de tênis, fica mais evidente a diferença de concentração de palinomorfos. É provável que o fato da sola (amostras 8 e 9) ter sido aplicada sobre a sola do tênis, tenha impedido o maior acúmulo de grãos de pólen e esporos na amostra 2, o que não ocorre com diatomáceas, devido ao fato do tênis ter entrado em contato direto através de submersão na água.

Riding et al. (2007) afirmam em seus estudos sobre as diferentes assinaturas polínicas que ocorrem em sapatos, que o sinal do último ambiente em que o calçado entrou em contato é o que fica visível na análise do resíduo extraído. Possivelmente por essa razão é que o sinal mais representado nas amostras de sapato tenha sido o de Mata Atlântica no geral, com menos destaque para a vegetação específica do local e de áreas de restinga. Isso porque após o sapato entrar em contato com a vegetação de restinga, próximo à região de dunas, o trajeto seguiu para a área do manguezal, onde se pisou numa poça de água sulfurosa. Esse contato com a água possivelmente removeu uma parte dos microvestígios acumulados, seguido pelo caminho de volta em uma trilha de mata aberta com elementos pouco específicos do ambiente costeiro.

É interessante notar a ocorrência de um foraminífero quitinoso na amostra 2, que foi registrado somente uma vez em todas as amostras. Esses microorganismos podem aparecer em análises palinológicas, por serem compostos de quitina e não se deteriorarem com o tratamento de HF (Boltovskoy e Wright, 1976; Zamora et al., 2007). Assim como no caso dos foraminíferos carbonáticos, esse microvestígio indicaria o contato com a praia, porém neste caso, devido a única ocorrência, ele não seria considerado uma forte evidência se analisado sozinho.

## Concentração Diatomáceas - Solas de Sapato

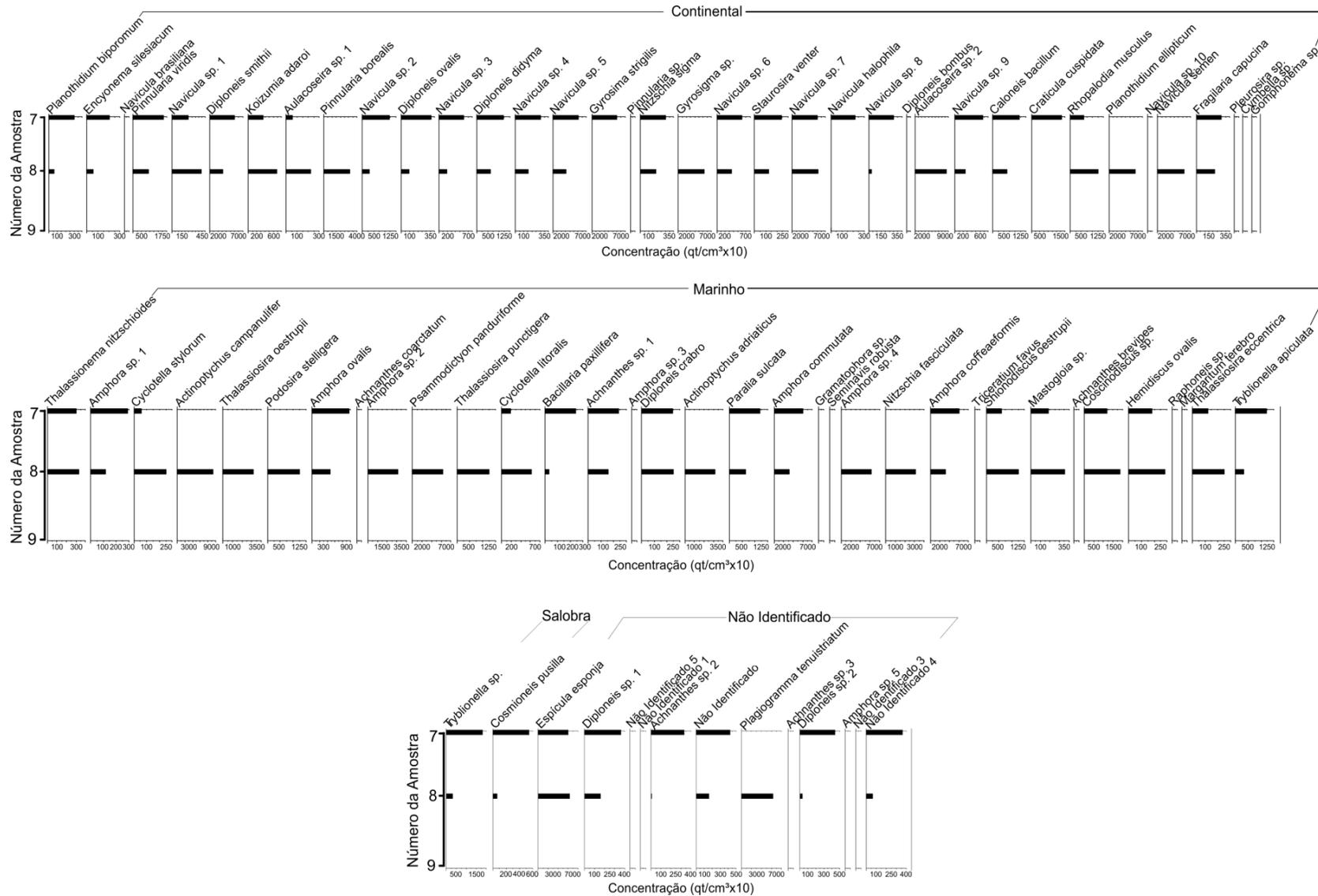


Figura 27. Diagrama de concentração de diatomáceas encontradas nas amostras 7, 8 e 9 (solas de sapato).

## Concentração Palinomorfos - Solas de Sapato

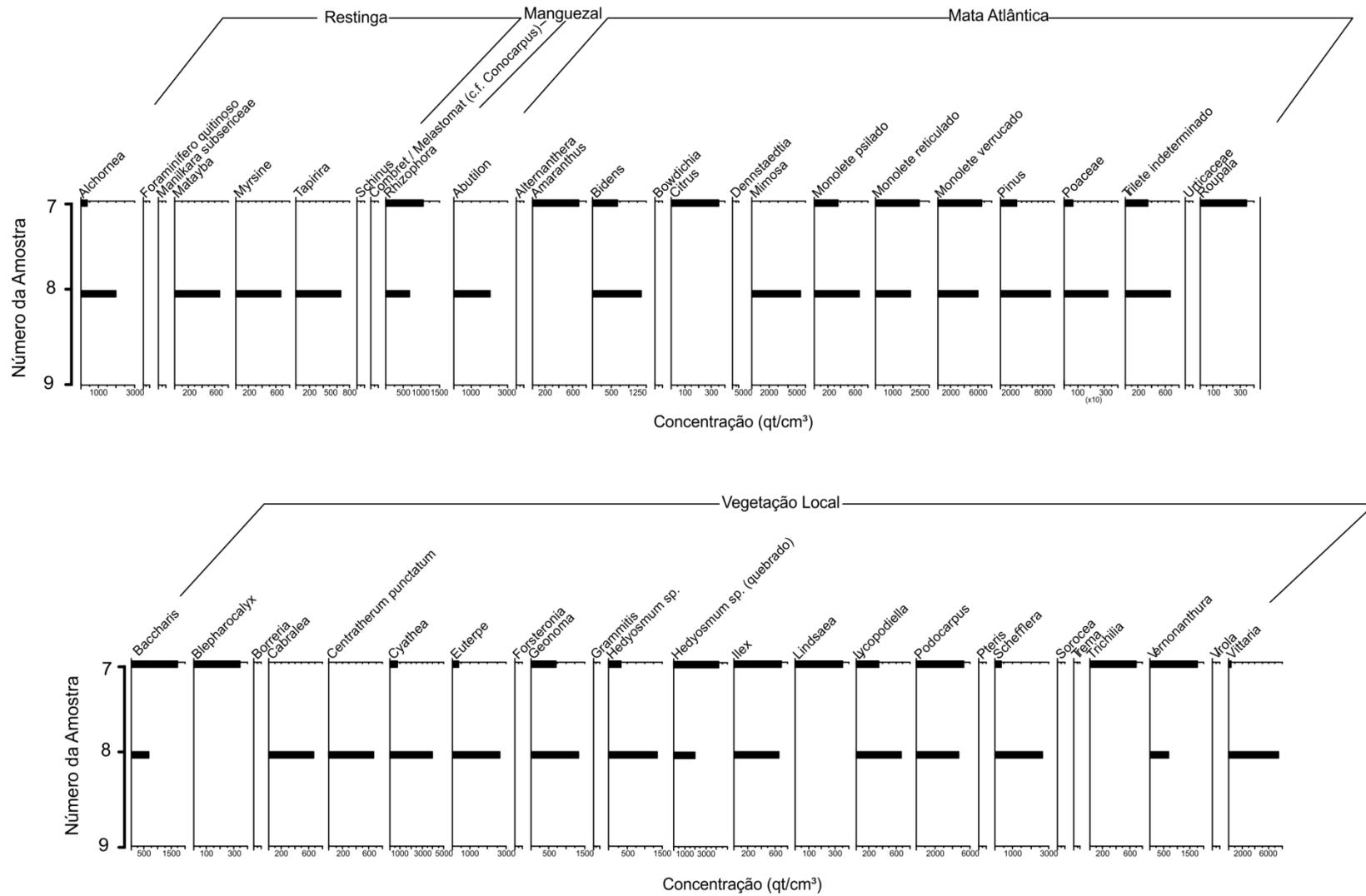


Figura 28. Diagrama de concentração de palinórfos encontrados nas amostras 7, 8 e 9 (solas de sapato).

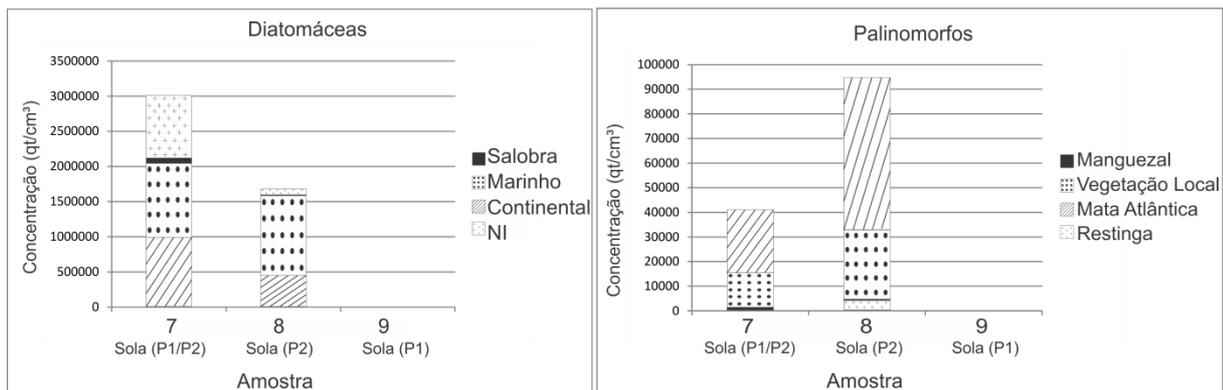


Figura 29. Concentração dos elementos encontrados nas amostras de solas de sapato, separados por categoria.

#### 4.5. Solas de sapato

As amostras 7, 8 e 9 apresentam diferenças quanto ao ambiente com o qual entraram em contato através do trajeto, sendo que a amostra 7 passou por P1 e P2 (praia/restinga e mangue), a amostra 8 passou somente por P2 (mangue) e a amostra 9 somente em P1 (praia/restinga).

A amostra 9 que entrou em contato somente com a areia não acumulou grãos de pólen, esporos e nem diatomáceas, porém foi a única que reteve carapaças de foraminíferos carbonáticos.

A decisão de incluir a análise de foraminíferos foi tomada após o exame inicial das lâminas palinológicas e diatomológicas. As amostras 5 e principalmente a 9, continham uma quantidade muito baixa de microvestígios que, em um caso real, poderia inviabilizar a análise. Logo, com o conhecimento prévio de que o trajeto (ou local de crime) foi em ambiente de praia, a extração de foraminíferos de amostras dos indivíduos (ou suspeito / vítima), poderia indicar o contato com esse ambiente.

Eichler et al. (2006) relatam que no Canal de Bertioga, que emenda com as águas do rio Itapanhaú, passando pelo PERB e que desemboca em Bertioga, foraminíferos do gênero *Elphidium* ocorrem sempre em associação com diatomáceas dos gêneros *Achnanthes*, *Diploneis*, *Eunotia*, *Grammatophora*, *Gyrosigma*, *Navicula*, *Nitzschia* e *Pinnularia*, sendo essa associação ecológica encontrada na sola de sapato analisada (ver Apêndice B e Prancha 5).

O fato de a sola da qual o indivíduo pisou somente em areia, não ter retido grãos de pólen, esporos e frústulas de diatomáceas, provavelmente ocorreu devido à alta porosidade de solos arenosos, que não permitem acúmulo desses microvestígios devido à percolação e eventual oxidação (Salgado-Laboriau, 2007).

A amostra 7, por ter entrado em contato direto com a água do rio em P1 e depois com o manguezal, reteve um maior número de frústulas de diatomáceas, tanto de origem marinha quanto continental, do que a amostra 8 que esteve em contato apenas com o solo do manguezal (Figs. 27 e 29).

No caso dos palinomorfos, ocorreu o contrário; O que reteve mais microvestígios foi a amostra 8. Provavelmente, pelo fato da amostra 7 ter acumulado grãos de areia antes de entrar em contato com o solo mais argiloso do manguezal, a granulometria grossa da areia, não permitiu uma alta fixação desse sedimento na sola, o que já foi observado na amostra 9 (Fig. 28 e 29).

O trajeto realizado se iniciou na areia da praia, passando por uma trilha de mata aberta, atravessando a rodovia, seguindo por uma trilha de mata mais fechada, entrando em contato com o manguezal e voltando pela mesma trilha fechada até chegar novamente à rodovia. Como já citado, Riding et al. (2007) destacam a importância do último sinal do ambiente ser mais evidente em amostras de calçados. Neste estudo, essa ideia se corrobora, uma vez que é possível notar o quanto a vegetação de Mata Atlântica se destaca perante as outras em questão de concentração de palinomorfos retidos nas solas. Por outro lado, os outros ambientes por onde a sola passou também ficaram assinalados, ainda que em menor quantidade, principalmente a de um tipo muito específico de vegetação, como a de mangue. No caso da região de estudo, a sola, portanto forneceria informações úteis à perícia, ao contrário de outros tipos de vegetação com dispersão predominantemente anemófila, especialmente em locais de clima temperado, onde é recomendado o uso da parte superior do calçado por reter mais facilmente sinal transportado pelo vento (Morgan et al., 2009; Wiltshire, 2016).

#### **4.6. Integração dos dados**

Ao comparar amostras de calça e barras de calça, com exceção da amostra controle, as outras mantiveram valores de concentração muito próximos e com as diferentes categorias representadas de maneira equivalente. Esses dados mostram que em um caso real, onde o palinólogo forense não tem acesso prioritário às peças de roupas usadas como evidencia (Wiltshire, 2016), apenas um fragmento de uma peça poderia ser utilizado, sem prejudicar as outras análises (DNA, sangue, cabelos etc) e ainda assim refletir o ambiente com o qual entrou em contato. Nesse caso, somente a barra da calça poderia ser recortada da calça inteira e periciada para

extração de grãos de pólen, esporos e diatomáceas e dependendo da dinâmica de cada crime, ao invés da barra, outra porção da vestimenta poderia ser utilizada (Negrini Neto, 2009).

Quanto aos sapatos e somente solas de sapatos, a ideia se repete parcialmente: em algumas amostras, somente uma porção da peça é capaz de refletir a realidade do todo. Porém, se o perito só tivesse recebido a sola de sapato do indivíduo 2 que andou somente na praia (amostra 9), não teria sido possível a extração de grãos de pólen. Caso recebesse outra peça desse mesmo indivíduo, como a barra da calça, os sinais confirmariam uma região estuarina, através da ocorrência de diatomáceas de habitats marinho, continental e salobro.

A associação de diferentes peças apresentaria um laudo mais robusto, como no caso da camiseta (amostra 5), que sozinha não foi o suficiente para se extrair uma assinatura polínica; Uma análise de qualquer outra peça do vestuário do indivíduo 3, apontaria um contato com a área do trajeto. É também importante saber o que procurar numa evidência (Morgan, 2017), ou da necessidade de incluir uma análise *a posteriori*, como na amostra 9. Esta não apresentou nenhum microvestígio através das análises pré-estabelecidas no trabalho, mas indicou contato com o ambiente costeiro na análise de foraminíferos.

A grande representação de grãos de esporos também foi esperada, uma vez que foram observadas as ocorrências de várias samambaias tanto no ambiente de praia como no de mangue. Amaral (2003) menciona a alta ocorrência de esporos como representantes das áreas mais úmidas da Mata Atlântica, o que ocorre na região de estudo. É importante notar que as amostras que entraram em contato com o mangue não retiveram esporos de *Acrostichum*, mesmo com algumas ocorrências desta samambaia típica de manguezais pelo trajeto. É provável que isso tenha ocorrido devido ao fato de que naquela trilha, à época das simulações, foi observado que as folhas dessa planta não apresentavam esporângios. Este resultado é interessante para ilustrar os limites das representações das plantas nos locais, uma vez que nem todas presentes no ambiente deixam registro no espectro polínico.

O fato de *Rhizophora* ter sido representado no contato com a área de manguezal e *Avicennia* não ter sido encontrado nas amostras pode ter ocorrido devido à diferença na distribuição entre os grãos de pólen de cada táxon. Muller (1959) observou a menor produção e menor poder de dispersão dos grãos de pólen

de *Avicennia* quando comparados com *Rhizophora*. Também na área de estudo, foram observados um número maior de árvores de *Rhizophora* na região do trajeto.

A influência da direção dos ventos na região não foi suficiente para alterar o processo de precipitação de grãos de *Podocarpus* na área. Observando a quantidade desses grãos tipicamente anemófilos e representantes de mata de altitude (Ledru et al., 2007) encontrados nas amostras, era esperado que os ventos estivessem na direção da encosta para o mar, porém para aquele ano, a média da direção dos ventos foi no sentido contrário. Salgado-Laboriau (2007) explica que a eficiência da polinização anemófila se dá justamente pela complexidade de sua dispersão, sendo a direção dos ventos somente uma das variáveis, assim como também são influenciados a nível regional, por massas de ar mais fortes e até mesmo através da chuva polínica trazida pela atmosfera.

Sobre a hipótese de que o sinal palinológico indicaria o ambiente com o qual a peça de roupa periciada entrou em contato, foi possível observar que a associação dos táxons de palinómorfos e diatomáceas extraídos das peças, apontou uma relação com o ambiente costeiro. Sem dúvida, o táxon mais significativo desse ambiente foi o de *Rhizophora mangle*, que mais do que indicar um ambiente litorâneo, mostrou o contato com manguezais. A região do PERB, apesar de não ter táxons exclusivos, produz uma assinatura polínica que também não pode ser excluída das amostras, indicando, juntamente com a análise diatomológica e de foraminíferos, uma ligação plausível e não-exclusiva das amostras com essa região.



## **5. CONCLUSÕES E SUBSÍDIOS A FUTUROS PROTOCOLOS FORENSES**

Esta pesquisa exploratória dentro da estratégia desenvolvida pela CAPES para impulsionar as ciências forenses no Brasil, ancorada por vínculos acadêmicos e periciais, apresentou resultados positivos para subsidiar protocolos forenses na área de palinologia no país.

O trabalho trouxe uma temática pioneira no Brasil, simulando rotas para checagem da retenção diferencial de microvestígios em função de tipos de vestimenta, associando diferentes fontes de evidência, como palinomorfos, diatomáceas e foraminíferos. Tudo isso com o desafio de lidar com a realidade ambiental do país que apresenta uma vegetação com padrão de polinização predominantemente zoófila e extremamente heterogênea.

Observou-se o fato de que sinais específicos são retidos simultaneamente em diferentes materiais e peças, informação de grande utilidade na rotina pericial, uma vez que esse conhecimento garante uma maior disponibilidade de amostras do mesmo indivíduo.

Desconsiderar os táxons ocorrentes apenas uma vez, manteve uma análise conservadora, o que concorda com a presunção de inocência, uma garantia processual do direito brasileiro que beneficia o acusado no caso de dúvida razoável quanto à sua culpabilidade.

Os resultados também mostraram a necessidade de desenvolvimento de pesquisas adicionais que agreguem mais robustez à interpretação estatística dos resultados tais como amostras de solo para controle e repetições de trajetos. Isso porque a complexidade da identificação de palinomorfos em ecossistemas como a Mata Atlântica do litoral do estado de São Paulo, em que raramente é possível apontar uma espécie endêmica, dificulta o direcionamento para a exatidão geográfica.

Portanto, mesmo com importantes resultados para a interpretação forense em área litorânea da região Sudeste do Brasil - onde se localiza o maior e o mais importante porto da América Latina - é recomendada a repetição deste estudo em outras áreas do país. Sua aplicação em outros ecossistemas e em diferentes épocas do ano irá expandir e corroborar com a elaboração de protocolos palinológicos para a perícia científica brasileira.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algaebase, 2019, Algaebase:.,  
<http://www.algaebase.org/search/?species=genusname speciesname> (accessed January 2019).
- Amaral, M.M., 2018, Botânica e Palinologia Forenses, *in* Dias Filho, C.R. e Francez, P.A.C. eds., Introdução à Biologia Forense, São Paulo, Millennium, p. 157–211.
- Amaral, P.G.C., 2003, Contribuição palinológica ao estudo da evolução do manguezal do rio Itanhaém, litoral sul de São Paulo: Universidade de São Paulo, 71 p.
- Amaral, M.M., Bicudo, C.E.M., Magalhães e Silva, F.H., De Oliveira, P.E., e Angyalossy, V., 2019, A Botânica vai ao tribunal (M. M. Amaral, Ed.): São Paulo, RiMa, 72 p.
- Araújo, D.S.D., e Lacerda, L.D., 1987, A natureza das restingas: Ciência Hoje, v. 6, p. 42–48.
- Armstrong, H., e Brasier, M., 2005, Microfossils: Oxford, Blackwell Publishing, 296 p.
- Assis, M.A. et al., 2011, Florestas de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil: vegetação e heterogeneidade ambiental: Biota Neotropica, v. 11, p. 103–121, doi:10.1590/S1676-06032011000200012.
- Barros, F., Melo, M.M.R.F., Chiea, S.A.C., Wanderley, M.G.L., e Jung-Mendaçolli, S.L., 1991, Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso - Caracterização geral da vegetação e listagem das espécies ocorrentes: São Paulo, Hucitec, 184 p.
- Battarbee, R.W., 1986, Diatom Analysis, *in* Berglund, B.E. ed., Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, Wiley, p. 527–570.
- Boi, M., 2018, The Importance of Palynology in Forensic Investigations: Forensic Science & Addiction Research, v. 3, p. 2–3, doi:10.31031/FSAR.2018.03.000580.
- Boltovskoy, E., e Wright, R., 1976, Recent Foraminifera: Dordrecht, Springer Netherlands, 575 p., doi:10.1007/978-94-017-2860-7.
- Bowen, A.M., 2010, Forensic applications of Foraminifera: The Microscope, v. 58, p. 3–18,  
<http://www.csa.com/htbin/dbrng.cgi?username=usfish&access=usfish1590&db=georef-set-c&qry=an%3D2010-088656&adv=1&fed=results>.
- Bryant, V.M., Bush, M.B., e Siska, P., 2013, Forensic Geolocation Based on Pollen

- Analysis, *in* Hwang, G.M. and Masters, D. eds., Pollen Coalition Workshop, McLean, VA, AASP — The Palynological Society, p. 10–20.
- Bryant, V.M., e Mildenhall, D.C., 1998, Forensic palynology: a new way to catch crooks, *in* Bryant, V.M. e Wrenn, J.W. eds., New developments in palynomorph sampling, extraction and analysis, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, p. 145–155, <http://anthropologyworldnews.tamu.edu/faculty/bryant/publications/Bryant-Mildenhall-1998-New-Way-to-Catch-Crooks.pdf>.
- Buzato, S., Sazima, M., e Sazima, I., 1994, Pollination of three species of *Abutilon* (Malvaceae) intermediate between bat and hummingbird flower syndromes: *Flora*, v. 189, p. 327–334, doi:10.1016/S0367-2530(17)30613-8.
- Camargo, A.B.M., 2007, Mortes por Causas Violentas no Estado de São Paulo - a influência das agressões: *São Paulo em Perspectiva*, v. 21, p. 31–45.
- Cameron, N.G., 2004, The use of diatom analysis in forensic geoscience, *in* Pye, K. e Croft, D.J. eds., *Forensic Geoscience: Principles, Techniques and Applications*, London, The Geological Society of London, v. 232, p. 277–280, doi:10.1144/gsl.sp.2004.232.01.25.
- Carvalho, A.M.C., 2009a, *Guilda de abelhas e outros visitantes de Matayba guianensis* (Sapindaceae) em vegetação de Cerrado: Universidade Federal de Uberlândia, 147 p.
- Carvalho, C.J.B., 2009b, Padrões de endemismos e a conservação da biodiversidade, *in* Silva, J.M.C. ed., *Megadiversidade - Os desafios científicos para a conservação da biodiversidade no Brasil, Belo Horizonte - MG'*, *Conservação Internacional*, v. 5, p. 77–86.
- Cerqueira, R., 2000, Biogeografia das Restingas, *in* Esteves, F.A. e Lacerda, L.D. eds., *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*, Macaé, RJ, NUPEM / UFRJ, p. 65–75.
- Colinvaux, P., De Oliveira, P.E., e Patiño, J.E.M., 1999, *Amazon Pollen Manual and Atlas*: CRC Press, 332 p.
- Community Committee on Identifying the Needs of the Forensic Sciences, 2009, *Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward*. National Research Council: 352 p., doi:10.1016/0379-0738(86)90074-5.
- Couto, O.S., e Cordeiro, R.M.S., 2005, *Manual de reconhecimento de espécies vegetais da restinga do estado de São Paulo*: São Paulo, Secretaria do Meio

- Ambiente, 440 p.
- Dorneles, L.L., Zillikens, A., e Padilha, M.T.S., 2013, Biologia da polinização de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) e associação com abelhas sociais (Apidae: Apini) em sistema agroflorestal na Ilha de Santa Catarina: *Iheringia*, v. 68, p. 47–57.
- van Dulmen, A., 2001, Pollination and phenology of flowers in the canopy of two contrasting rain forest types in Amazonia, Colombia: *Plant Ecology*, v. 153, p. 73–85.
- Eichler, P.P.B., Eichler, B.B., David, C.J., Miranda, L.B., e Sousa, E.C.P.M., 2006, The estuary ecosystem of Bertioga, São Paulo, Brasil: *Journal of Coastal Research*, p. 1110–1113.
- Erdtman, G., 1986, *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*: Leiden, E. J. Brill, 539 p.
- Eski, Y., 2011, “Port of call”: Towards a criminology of port security: *Criminology and Criminal Justice*, v. 11, p. 415–431, doi:10.1177/1748895811414593.
- Faegri, K., e van der Pijl, L., 1979, *The principles of pollination ecology*: Oxford, Pergamon Press Ltd., 244 p.
- Ferri, M.G., 1980, *Vegetação Brasileira*: Belo Horizonte / São Paulo, Itatiaia / Editora da Universidade de São Paulo, 157 p.
- Fierz, M.S.M., e Rosa, F.S., 1999, A paisagem x evolução do uso e ocupação do solo em Bertioga, litoral paulista: *Revista do Departamento de Geografia*<sup>1</sup>, v. 13, p. 259–287.
- Forzza, R.C. et al., 2010, *Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil*: Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdi / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 872 p.
- Fundação Florestal, 2018, Parque Estadual Restinga de Bertioga - Plano de Manejo:, [arquivos.ambiente.sp.gov.br/.../2019/01/plano-de-manejo-pe-restinga-de-bertioga.pdf](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/.../2019/01/plano-de-manejo-pe-restinga-de-bertioga.pdf).
- Garcia, R.J.F., e Pirani, J.R., 2005, Análise florística, ecológica e fitogeográfica do Núcleo Curucutu, Parque Estadual da Serra do Mar (São Paulo, SP), com ênfase nos campos juntos à crista da Serra do Mar: *Hoehnea*, v. 32, p. 1–48.
- Gomes, R., Pinheiro, M.C.B., Lima, H.A., e Santiago-Fernandes, L.D.R., 2010, Biologia floral de *Manilkara subsericea* e de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) em restinga: *Revista Brasil. Bot.*, v. 33, p. 271–283.
- Good, R., 1964, *The Geography of Flowering Plants*: London, Logman Group, 518 p.

- Gottsberger, G., e Silberbauer-Gottsberger, I., 2018, How are pollination and seed dispersal modes in Cerrado related to stratification? Trends in a cerrado sensu stricto woodland in southeastern Brazil, and a comparison with Neotropical forests: *Acta Botanica Brasilica*, v. 32, p. 434–445, doi:10.1590/0102-33062018abb0186.
- Grimm, E.C., e Troostheide, C.D., 1994, Tilia 2.0 - program for plotting palynological diagrams:
- Guedes, D., Barbosa, L.M., e Martins, S.E., 2006, Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no Município de Bertioga, SP, Brasil: *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, p. 299–311, doi:10.1590/S0102-33062006000200006.
- Guedes, M.L.S., Batista, M.A., Ramalho, M., Freitas, H.M.B., e Silva, E.M., 2005, Breve incursão sobre a biodiversidade da Mata Atlântica, *in* Franke, C.R., Rocha, P.L.B., Klein, W., e Gomes, S.L. eds., *Mata Atlântica e Biodiversidade*, Salvador, Edufba, p. 461.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., e Ryan, P.D., 2001, PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis: *Palaeontologia electronica*, v. 4, p. 9.
- Hill, M.O., e Gauch Jr., H.G., 1980, Detrended Correspondence Analysis: An Improved Ordination Technique: *Vegetatio*, v. 42, p. 47–58.
- IBGE, 2019, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística:, <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/bertioga/panorama> (accessed June 2019).
- INMET, 2019, Instituto Nacional de Meteorologia:, <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas> (accessed March 2019).
- Kojima, R.K., Kameyama, C., e Magenta, M.A.G., 2019, Acanthaceae Juss. no Parque Estadual Restinga de Bertioga, Estado de São Paulo, Brasil: *Hoehnea*, v. 46, p. 1–16, doi:10.1590/2236-8906-46/2018.
- Krammer, K., e Lange-Bertalot, H., 1986, *Bacillariophyceae*, 1. Teil: Naviculaceae: Gustav Fischer, 876 p.
- Langenheim, J.H., Hackner, B.L., e Barlett, A., 1967, Mangrove pollen at the depositional site of oligo-miocene amber from Chiapas, Mexico: *Harvard University Herbaria*, v. 21, p. 289–324, <http://data.gbif.org/datasets/resource/1827>.

- Ledru, M., Salatino, M.L.F., Ceccantini, G., Salatino, A., Pinheiro, F., e Pintaud, J., 2007, Regional assessment of the impact of climatic change on the distribution of a tropical conifer in the lowlands of South America: Diversity and Distributions, v. 13, p. 761–771, doi:10.1111/j.1472-4642.2007.00389.x.
- Lehmkuhl, E.A., 2009, Diatomáceas (Diatomeae) da Baía de Guaratuba, estado do Paraná, Brasil: Universidade Federal do Paraná, 282 p.
- Lenza, E., e Oliveira, P.E., 2005, Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil: Revista Brasileira de Botânica, v. 28, p. 179–190, doi:10.1590/s0100-84042005000100015.
- Levin, E.A., Morgan, R.M., Scott, K.R., e Jones, V.J., 2017, The transfer of diatoms from freshwater to footwear materials: An experimental study assessing transfer, persistence, and extraction methods for forensic reconstruction: Science & Justice, v. 57, p. 349–360, doi:10.1016/j.scijus.2017.05.005.
- Lewis, W.H., 1986, Airborne Pollen of the Neotropics: Grana, v. 25, p. 75–83, doi:10.1080/00173138609429936.
- Locard, E., 1929, L'analyse des poussières en criminalistique: Revue Internationale de Criminalistique, v. 1, p. 176–249.
- Locard, E., 1920, L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques: Paris, Flammarion, 303 p.
- Lorente, F.L., Buso Jr., A.A., De Oliveira, P.E., e Pessenda, L.C.R., 2017, Atlas Palinológico: Laboratório 14C - Cena/USP: Piracicaba, FEALQ, 333 p.
- Magalhães e Silva, F.H., e Santos, F.A.R., 2009, Pollen morphology of the shrub and arboreal flora of mangroves of Northeastern Brazil: Wetlands Ecology and Management, v. 17, p. 423–443, doi:10.1007/s11273-008-9118-2.
- Magnago, L.F.S., Martins, S. V., e Pereira, O.B., 2011, Heterogeneidade florística das fitocenoses de restingas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, Brasil: Revista Árvore, v. 35, p. 245–254, doi:10.1590/s0100-67622011000200009.
- Malerbo-Souza, D.T., Nogueira-Couto, R.H., e Couto, L.A., 2004, Honey Bee Attractants and Pollination in sweet orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, var. Pera Rio: J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis., v. 10, p. 144–153.
- Martins, S.E., Rossi, L., Sampaio, P. de S.P., e Magenta, M.A.G., 2008, Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP,

Brasil: *Acta Botanica Brasilica*, v. 22, p. 249–274, doi:10.1590/S0102-33062008000100024.

Menezes, M.P.M., Oliveira, D., e Mello, C.F., 1997, Pollination of red mangrove, *Rhizophora mangle*, in northern Brazil: *Acta Hort*, v. 437, p. 431–434.

Metzeltin, D., e Lange-Bertalot, H., 1998, *Tropische Diatomeen in Sudamerika, I Tropical diatoms of South America*: Königstein, Koeltz Scientific Books, 695 p.

Mildenhall, D.C., Wiltshire, P.E.J., e Bryant, V.M., 2006, Forensic palynology: Why do it and how it works: *Forensic Science International*, v. 163, p. 163–172, doi:10.1016/j.forsciint.2006.07.012.

Morgan, R.M., 2017, Conceptualising forensic science and forensic reconstruction. Part I: A conceptual model: *Science & Justice*, v. 57, p. 455–459, doi:10.1016/j.scijus.2017.06.002.

Morgan, R.M., Freudiger-Bonzon, J., Nichols, K.H., Jellis, T., Dunkerley, S., Zelazowski, P., e Bull, P.A., 2009, The Forensic Analysis of Sediments Recovered from Footwear, *in* Ritz, K., Dawson, L., e Miller, D. eds., *Criminal and Environmental Soil Forensics*, Dordrecht, Springer Netherlands, p. 253–269, doi:10.1007/978-1-4020-9204-6\_16.

Moro, R.S., e Fürstenberger, C.B., 1997, Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas: Ponta Grossa, PR, Editora da UEPG, 282 p.

Muller, J., 1959, Palynology of Recent Orinoco delta and shelf sediments : Reports of the Orinoco shelf: *Micropaleontology*, v. 5, p. 1–32.

Negrão, E.N.M., Santos, T.F., Pantoja, M. V, e Maués, M.M., 2013, Características sobre a biologia da polinização e dispersão de sementes de espécies prioritárias para o manejo florestal no estado do Pará, *in* 64° Congresso Nacional de Botânica, Belo Horizonte, MG, <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/99176/1/resumo-ins20596-id5054.pdf>.

Negrini Neto, O., 2009, *Manual de Procedimentos Básicos de Laboratório do Centro de Exames, Análises e Pesquisas.*:

De Oliveira, P.E., e Suguio, K., 2005, Estudos quaternários e sua aplicação forense: caso estudo de containers furtados no estado de São Paulo, *in* XI Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários, Guarapari, ES, ABEQUA, p. 1–5.

- Opler, P.A., Frankiet, G.W., e Baker, H.G., 1980, Comparative Phenological Studies of Treelet and Shrub Species in Tropical Wet and Dry Forests in the Lowlands of Costa Rica: British Ecological Society, v. 68, p. 167–188.
- Patrick, R., e Reimer, C.W., 1975, The diatoms of the United State: Philadelphia, Acad. nat. Sci. Philad., 213 p.
- Patrick, R., e Reimer, C.W., 1966, The diatoms of the United States: Philadelphia, Acad. nat. Sci. Philad., 688 p.
- Pinto Sobrinho, F.A., Souza, C.R.G., e Mogollón, J.E.J.B., 2011, Análise estrutural de florestas de restinga associadas a depósitos marinhos pleistocênicos e holocênicos na Bacia do Rio Itaguapé, Bertioga (SP): Revista do Instituto Geológico, v. 32, p. 27–40.
- Ramalho, M., e Batista, M.A., 2005, Polinização na Mata Atlântica: perspectiva ecológica da fragmentação, *in* Franke, C.R., Rocha, P.L.B., Klein, W., e Gomes, S.L. eds., Mata Atlântica e Biodiversidade, Salvador, Edufba, p. 93–142.
- Raven, P.H., Evert, R.F., e Eichhorn, S.E., 1992, Plantas Vasculares sem sementes, *in* Biologia Vegetal, New York, Worth Publishers, Inc., p. 294–332.
- Riding, J.B., Rawlins, B.G., e Coley, K.H., 2007, Changes in soil pollen assemblages on footwear worn at different sites: *Palynology*, v. 31, p. 135–151, doi:10.1080/01916122.2007.9989640.
- Rizzini, C.T., 1979, Tratado de Fitogeografia do Brasil - aspectos sociológicos e florísticos: São Paulo, HUCITEC LTDA, 374 p.
- Rodrigues, A.R., Eichler, P.P.B., e Eichler, B.B., 2003, Utilização de foraminíferos no monitoramento do canal de Bertioga (SP, Brasil): *Atlântica*, Rio Grande, v. 25, p. 35–51.
- Roubik, D.W., e Patiño, J.E.M., 1991, Pollen and Spores of Barro Colorado Island: Missouri Botanical Garden, 268 p.
- Round, F.E., Crawford, R.M., and Mann, D.G., 1990, The diatoms: biology & morphology of the genera: Cambridge, Cambridge University Press, 747 p.
- Salgado-Laboriau, M.L., 2007, Critérios e Técnicas para o Quaternário: São Paulo, Edgard Blücher, 387 p.
- Sampaio, D., Souza, V.C., Oliveira, A.A., Paula-Souza, J., e Rodrigues, R.R., 2005, Árvores da Restinga: São Paulo, Neotrópica, 277 p.
- Santos, M.G., Sylvestre, L.S., e Araújo, D.S.D., 2004, Análise florística das pteridófitas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro,

- Brasil: Acta bot. bras., v. 18, p. 271–280.
- Schaeffer-Novelli, Y., 2018a, A diversidade do ecossistema manguezal, *in* Fumi, M. ed., Atlas dos Manguezais do Brasil, Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, p. 21–34.
- Schaeffer-Novelli, Y., 2018b, Mangue e Manguezal, *in* Fumi, M. ed., Atlas dos Manguezais do Brasil, Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, p. 15–20,  
[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas\\_dos\\_manguezais\\_do\\_brasil.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf).
- Schmiegelow, J.M.M., Giancesella, S.M.F., Simonetti, C., Saldanha-Corrêa, F.M.P., Feoli, E., Santos, J.A.P., Santos, M.P., Ribeiro, R.B., e Sampaio, A.F.P., 2008, Primary producers in Santos estuarine system, *in* Neves, R., Baretta, J., e Mateus, M. eds., Perspectives on integrated coastal zone management in South America, Lisboa, Instituto Superior Técnico, p. 161–174.
- Scott, K.R., Morgan, R.M., Jones, V.J., e Cameron, N.G., 2014, The transferability of diatoms to clothing and the methods appropriate for their collection and analysis in forensic geoscience: *Forensic Science International*, v. 241, p. 127–137, doi:10.1016/j.forsciint.2014.05.011.
- Silva, R.M., Mehlig, U., Santos, J.U.M., e Menezes, M.P.M., 2010, The coastal restinga vegetation of Pará, Brazilian Amazon: a synthesis: *Revista Brasil. Bot.*, v. 33, p. 563–573.
- Silva, M.F.F., Secco, R.S., e Lobo, M.G., 1996, Aspectos Ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, Estado do Pará, Brasil: *Acta Amazônica*, v. 26, p. 17–44.
- Souza, C.R.G., 2007, Ambientes Sedimentares de Planície Costeira e Baixa-Média Encosta em Bertioga (SP), *in* XI Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários, Belém, PA, ABEQUA, p. 1–4.
- Souza, C.R.G., Bendazoli, A., Sugiyama, M., Lopes, E.A., e Kirizawa, M., 1997, A relação entre o meio físico e a biota no estudo da “restinga” do estado de São Paulo, *in* Angulo, R.J. ed., VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Paraná, ABEQUA, p. 367–372.
- Souza, C.R.G., Hiruma, S.T., Sallun, A.E.M., Ribeiro, R.R., e Sobrinho, J.M.A., 2008, “Restinga” Conceitos e Empregos do Termo no Brasil e Implicações na Legislação Ambiental: São Paulo, Instituto Geológico, 104 p.

- Stockmarr, J., 1971, Tablets with spores used in absolute pollen analysis: *Pollen et Spores*, v. 13, p. 615–621.
- Suhs, R.B., Somavilla, A., Köhler, A., e Putzke, J., 2009, Vespídeos (Hymenoptera, Vespidae) vetores de pólen de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), Santa Cruz do Sul, RS, Brasil: *Revista Brasileira de Biociências*, v. 7, p. 138–143, <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1123>.
- Taura, H.M., e Laroca, S., 2004, Biologia da Polinização: interações entre as abelhas (Hym., Apoidea) e as flores de *Vassobia breviflora* (Solanaceae): *Acta Biológica Paranaense*, v. 33, p. 143–162, doi:10.5380/abpr.v33i0.630.
- Tavares, A.C.M., 2011, Atributos e visitantes florais e polinização em uma área de Floresta Ombrófila Densa Submontana do litoral norte de São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 71 p.
- Maroja, T. E., Silva, M. A. C., Andrade L. K. F., e Quirino, Z. G. M., 2018, Pollination and dispersal syndromes of herbaceous species in urban green areas in Joao Pessoa, Paraíba.: *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 4, p. 69–84.
- Todzia, C.A., 1988, Chlorantaceae: *Hedyosmum*: New York, New York Botanical Garden Press for Flora Neotropica, v. 48, 1–138 p.
- Traverse, A., 2007, *Paleopalynology*: London, Springer Science & Business Media, 813 p.
- Trigo, M.D.M., Cabezudo, B., Recio, M., e Toro, F.J., 1996, Annual, daily and diurnal variations of Urticaceae airborne pollen in Málaga (Spain): *Aerobiologia*, v. 12, p. 85–90, doi:10.1007/BF02446599.
- Veloso, H.L., Rangel-Filho, A.L.R., e Lima, J.C.A., 1991, Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal: Rio de Janeiro, IBGE, 124 p.
- Vieira, C.E.L., 2011, Diatomáceas, *in* Carvalho, I.S. ed., *Paleontologia - Microfósseis paleoinvertebrados*, Rio de Janeiro, Interciência, p. 554.
- Villwock, J.A., Lessa, G.C., Suguio, K., Angulo, R.J., e Dillenburg, S.R., 2005, Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras, *in* Souza, C.R.G., Suguio, K., Oliveira, A.M.S., e De Oliveira, P.E. eds., *Quaternário do Brasil*, Ribeirão Preto, Holos, p. 382.
- Webb, J.C., Brown, H.A., Toms, H., e Goodenough, A.E., 2018, Differential retention of pollen grains on clothing and the effectiveness of laboratory retrieval methods in forensic settings: *Forensic Science International*, v. 288, p. 36–45, doi:10.1016/j.forsciint.2018.04.010.

- Wetzel, C.E., 2011, Biodiversidade e distribuição de diatomáceas (Ochrophyta, Bacillariophyceae) na bacia hidrográfica do Rio Negro, Amazonas, Brasil: Instituto de Botânica, 1911 p.
- Wiltshire, P.E.J., 2016, Protocols for forensic palynology: *Palynology*, v. 40, p. 4–24, doi:10.1080/01916122.2015.1091138.
- Zamora, N., Medeanic, S., e Corrêa, I.C.S., 2007, Microforaminíferos como Indicadores Paleoambientais : Estudos Palinológicos da Região Sul da Costa Rica, América Central: *Gravel*, v. 5, p. 75–87.
- Zappi, D.C. et al., 2015, Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil: *Rodriguésia*, v. 66, p. 1085–1113, doi:10.1590/2175-7860201566411.
- Zavada, M.S., McGraw, S.M., e Miller, M.A., 2007, The role of clothing fabrics as passive pollen collectors in the north-eastern United States: *Grana*, v. 46, p. 285–291, doi:10.1080/00173130701780104.
- Zündt, C., 2006, Baixada Santista: uso, expansão e ocupação do solo, estruturação de rede urbana regional e metropolização, *in* Cunha, J.M.P. ed., *Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação*, Campinas, Núcleo de Estudos de População, Universidade Estadual de Campinas, p. 305–336.

Apêndice A – Listagem dos palinomorfos encontrados nas amostras, tipo de polinização e a categoria na qual foi alocada neste trabalho.

Angiospermas e Gimnospermas		
Táxon	Polinização	Categoria
<b>AMARANTHACEAE</b>		
<i>Althernanthera</i>	Zoófila	Mata Atlântica
<i>Amaranthus</i>	Zoófila	Mata Atlântica
<b>ANACARDIACEAE</b>		
<i>Tapirira</i>	Zoófila	Restinga
<i>Schinus</i>	Zoófila	Restinga
<b>APOCYNACEAE</b>		
<i>Forsteronia</i>	Zoófila	Vegetação Local
<b>AQUIFOLIACEAE</b>		
<i>Ilex</i>	Zoófila	Vegetação Local
<b>ARALIACEAE</b>		
<i>Schefflera</i>	Zoófila	Vegetação Local
<b>ARECACEAE</b>		
<i>Euterpe</i>	Zoófila	Vegetação Local
<i>Geonoma</i>	Zoófila	Vegetação Local
<b>ASTERACEAE</b>		
<i>Baccharis</i>	Zoófila	Vegetação Local
<i>Centratherum punctatum</i>	Zoófila	Vegetação Local
<i>Vernonanthura</i>	Zoófila	Vegetação Local
<i>Bidens</i>	Zoófila	Mata Atlântica
<b>CANNABACEAE</b>		
<i>Trema</i>	Anemófila	Vegetação Local
<b>CHLORANTACEAE</b>		
<i>Hedyosmum</i>	Anemófila	Vegetação Local
<b>COMBRETACEAE/MELASTOMATACEAE</b>		
Combretaceae/Melastomataceae	Zoófila	Manguezal
<b>EUPHORBIACEAE</b>		
<i>Alchornea</i>	Anemófila	Restinga
<b>FABACEAE</b>		
<i>Bowdichia</i>	Zoófila	Mata Atlântica
<i>Mimosa</i>	Zoófila	Mata Atlântica
<b>MALVACEAE</b>		
<i>Abutilon</i>	Zoófila	Mata Atlântica
<b>MELIACEAE</b>		
<i>Cabrlea</i>	Zoófila	Vegetação Local
<i>Trichilia</i>	Zoófila	Vegetação Local
<b>MORACEAE</b>		
<i>Sorocea</i>	Anemófila	Vegetação Local
<b>MYRISTICACEAE</b>		
<i>Virola</i>	Zoófila	Vegetação Local

Angiospermas e Gimnospermas		
Táxon	Polinização	Categoria
<b>PINACEAE</b>		
<i>Pinus</i>	Anemófila	Mata Atântica
<b>POACEAE</b>		
<i>Poaceae</i>	Anemófila	Mata Atântica
<b>PODOCARPACEAE</b>		
<i>Podocarpus</i>	Anemófila	Vegetação Local
<b>PRIMULACEAE</b>		
<i>Myrsine</i>	Zoófila/Anemófila	Restinga
<b>PROTEACEAE</b>		
<i>Roupala</i>	Zoófila	Mata Atântica
<b>RHIZOPHORACEAE</b>		
<i>Rhizophora</i>	Anemófila	Manguezal
<b>RUBIACEAE</b>		
<i>Blepharocalyx</i>	Zoófila	Vegetação Local
<i>Borreria</i>	Zoófila	Vegetação Local
<b>RUTACEAE</b>		
<i>Citrus</i>	Zoófila	Mata Atântica
<b>SAPINDACEAE</b>		
<i>Matayba</i>	Zoófila	Restinga
<b>SAPOTACEAE</b>		
<i>Manilkara subseriaceae</i>	Zoófila	Restinga
<b>URTICACEAE</b>		
<i>Urticaceae</i>	Anemófila	Mata Atântica
Licófitas e Monilófitas		
<b>CYATHEACEAE</b>		
<i>Cyathea</i>	-	Vegetação Local
<b>DENNSTAEDTIACEAE</b>		
<i>Dennstaedtia</i>	-	Mata Atlântica
<b>LINDSAEACEAE</b>		
<i>Lindsaeae</i>	-	Vegetação Local
<b>LYCOPODIACEAE</b>		
<i>Lycopodiella</i>	-	Vegetação Local
<b>POLYPODIACEAE</b>		
<i>Grammitis</i>	-	Vegetação Local
<b>PTERIDACEAE</b>		
<i>Pteris</i>	-	Vegetação Local

Apêndice B – Listagem das diatomáceas encontradas nas amostras, o habitat e a categoria na qual foi alocada neste trabalho.

Táxon	Habitat	Categoria
<b>ACHNANTHES</b>		
<i>Achnanthes brevipes</i>	Bentos / Plâncton	Marinho
<i>Achnanthes sp. 1</i>	Indeterminado	NI
<i>Achnanthes sp. 2</i>	Indeterminado	NI
<i>Achnanthes sp. 3</i>	Indeterminado	NI
<b>ACHNANTHIDIUM</b>		
<i>Achnanthidium coarctatum</i>	Indeterminado	Marinho
<b>ACTINOPTYCHUS</b>		
<i>Actinoptychus adriaticus</i>	Plâncton	Marinho
<i>Actinoptychus campanulifer</i>	Plâncton	Marinho
<b>AMPHORA</b>		
<i>Amphora coffeaeformis</i>	Plâncton	Marinho
<i>Amphora commutata</i>	Plâncton	Marinho
<i>Amphora ovalis</i>	Plâncton	Marinho
<i>Amphora sp. 1</i>	Bentos / Plâncton	Marinho
<i>Amphora sp. 2</i>	Bentos / Plâncton	Marinho
<i>Amphora sp. 3</i>	Bentos / Plâncton	Marinho
<i>Amphora sp. 4</i>	Bentos / Plâncton	Marinho
<i>Amphora sp. 5</i>	Bentos / Plâncton	Marinho
<b>AULACOSEIRA</b>		
<i>Aulacoseira sp. 1</i>	Plâncton	Continental
<i>Aulacoseira sp. 2</i>	Plâncton	Continental
<b>BACILLARIA</b>		
<i>Bacillaria paxillifera</i>	Plâncton	Marinho
<b>CALONEIS</b>		
<i>Caloneis bacillum</i>	Bentos	Continental
<b>COSCINODISCUS</b>		
<i>Coscinodiscus sp. 1</i>	Plâncton	Marinho
<b>COSMIONEIS</b>		
<i>Cosmioeis pusilla</i>	Bentos	Salobra
<b>CRATICULA</b>		
<i>Craticula cuspidata</i>	Bentos	Continental
<b>CYCLOTELLA</b>		
<i>Cyclotella litoralis</i>	Plâncton	Marinho
<i>Cyclotella stylorum</i>	Plâncton	Marinho
<b>CYMBELLA</b>		
<i>Cymbella sp.</i>	Bentos	Continental
<b>DIPLONEIS</b>		
<i>Diploneis bombus</i>	Plâncton	Continental
<i>Diploneis crabro</i>	Plâncton	Marinho
<i>Diploneis didyma</i>	Plâncton	Continental
<i>Diploneis ovalis</i>	Plâncton	Continental

Táxon	Habitat	Categoria
<i>Diploneis smithii</i>	Plâncton	Continental
<i>Diploneis sp. 1</i>	Indeterminado	NI
<i>Diploneis sp. 2</i>	Indeterminado	NI
<b>ENCYONEMA</b>		
<i>Encyonema silesiacum</i>	Bentos	Continental
<b>FRAGILARIA</b>		
<i>Fragilaria capucina</i>	Indeterminado	Continental
<b>GOMPHONEMA</b>		
<i>Gomphonema sp.</i>	Bentos / Plâncton	Continental
<b>GRAMMATOPHORA</b>		
<i>Grammatophora sp.</i>	Plâncton	Marinho
<b>GYROSIGMA</b>		
<i>Gyrosigma sp.</i>	Plâncton	Continental
<i>Gyrosigma strigilis</i>	Plâncton	Continental
<b>HEMIDISCUS</b>		
<i>Hemidiscus ovalis</i>	Plâncton	Marinho
<b>KOIZUMIA</b>		
<i>Koizumia adaroi</i>	Plâncton	Continental
<b>MARGARITUM</b>		
<i>Margaritum tenebro</i>	Plâncton	Marinho
<b>MASTOGLOIA</b>		
<i>Mastogloia sp.</i>	Plâncton	Marinho
<b>NAVICULA</b>		
<i>Navicula brasiliiana</i>	Plâncton	Continental
<i>Navicula halophila</i>	Bentos	Continental
<i>Navicula semen</i>	Bentos	Continental
<i>Navicula sp. 1</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 2</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 3</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 4</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 5</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 6</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 7</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 8</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 9</i>	Indeterminado	Continental
<i>Navicula sp. 10</i>	Indeterminado	Continental
<b>NITZSCHIA</b>		
<i>Nitzschia fasciculata</i>	Plâncton	Marinho
<i>Nitzschia sigma</i>	Plâncton	Continental
<b>PARALIA</b>		
<i>Paralia sulcata</i>	Plâncton	Marinho
<b>PINNULARIA</b>		
<i>Pinnularia borealis</i>	Bentos	Continental

Apêndice B - continuação

Táxon	Habitat	Categoria
<i>Pinularia viridis</i>	Bentos	Continental
<i>Pinnularis sp.</i>	Indeterminado	Continental
<b>PLAGIOGRAMMA</b>		
<i>Plagiogramma tenuistriatum</i>	Indeterminado	NI
<b>PLANOETHIDIUM</b>		
<i>Planoethidium biporumum</i>	Bentos	Continental
<i>Planoethidium ellipticum</i>	Bentos	Continental
<b>PLEUROSIRA</b>		
<i>Pleurosira sp.</i>	Plâncton	Continental
<b>PODOSIRA</b>		
<i>Podosira stelligera</i>	Plâncton	Marinho
<b>PSAMMODICTYON</b>		
<i>Psammodictyon panduriforme</i>	Plâncton	Marinho
<b>RAPHONEIS</b>		
<i>Raphoneis sp.</i>	Plâncton	Marinho
<b>RHOPALODIA</b>		
<i>Rhopalodia musculus</i>	Plâncton	Continental
<b>SEMINAVIS</b>		
<i>Seminavis robusta</i>	Plâncton	Marinho
<b>SHIONODISCUS</b>		
<i>Shionodiscus oestrupii</i>	Plâncton	Marinho
<b>STAUROSIRA</b>		
<i>Staurosira venter</i>	Bentos	Continental
<b>THALASSIONEMA</b>		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Plâncton	Marinho
<b>THALASSIOSIRA</b>		
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	Plâncton	Marinho
<i>Thalassiosira oestrupii</i>	Plâncton	Marinho
<i>Thalassiosira punctigera</i>	Plâncton	Marinho
<b>TRICERATIUM</b>		
<i>Triceratium favus</i>	Plâncton	Marinho
<b>TRYBLIONELLA</b>		
<i>Tryblionella apiculata</i>	Bentos	Marinho
<i>Tryblionella sp.</i>	Bentos / Plâncton	Salobra

Apêndice C – Descrição morfológica dos principais táxons de palinórfos (P = medida do eixo polar, E = medida do eixo equatorial, DE = diâmetro equatorial, EM = eixo maior).

***Rhizophora mangle***

Grão mônade, tricolporado, âmbito triangular, psilado

P (16,6 – 23,6 µm) / E (16,9 – 24 µm)

Prancha 1: 01-02

***Matayba sp.***

Grão mônade, tricolporado, sincolpado, âmbito triangular, microrreticulado

P (14,5 – 15,7 µm) / E (26,7 – 31,1 µm)

Prancha 1: 03-04

***Schinus sp.***

Grão mônade, tricolporado, âmbito triangular convexo, estriado-reticulado

P (21,4 – 22,3 µm) / E (19,7 – 22,1 µm)

Prancha 1: 05-07

***Manilkara subsericeae***

Grão mônade, pentacolporado, âmbito circular, psilado

P (33,6 – 35,5 µm) / E (27,2 – 35,9 µm)

Prancha 1: 08-10

***Alchornea sp.***

Grão mônade, tricolporado, âmbito subtriangular, escabrado

P (14,9 - 20 µm) / E 17,4 – 21,4 µm)

Prancha 1: 11-14

***Cyathea sp.***

Esporo subtriangular, trilete, psilado a escabrado

DE (51 - 61 µm)

Prancha 2: 15 - 17

***Monoletes verrucados***

Esporos elipsoidais, monoletes, verrucados

EM (48,7 – 51,3 µm)

Prancha 2: 18 – 21

***Combretaceae/Melastomataceae (c.f. *Conocarpus*)***

Grão mônade, heterocolpado, circular a subporlato, psilado

P (19,3 – 20,4 µm) / E (17,9 – 18,9 µm)

Prancha 2: 22-24

***Podocarpus sp.***

Grão vesiculado, bissacado, com sacos aéreos reticulados

P (25 - 40µm) / EM ( 39 - 70µm)

Prancha 2: 25-26

***Borreria sp.***

Grão mônade, 7-8 estefanocolporado, âmbito circular, reticulado

P (15,5 - 25 µm) / E (20 - 28 µm)

Prancha 2: 27-30

Apêndice D – Descrição morfológica dos principais táxons de diatomáceas (D = diâmetro, C = comprimento, L = largura)

***Actinoptychus adriaticus***

D (36,6 µm)  
Prancha 3: 31

***Paralia sulcata***

D (40,9 µm)  
Prancha 3: 32

***Triceratium favus***

Fragmento com 60 µm  
Prancha 3: 33

***Craticula cuspidata***

C (34,6 µm) / (9 µm)  
19 estrias (10 µm)  
Prancha 3: 34

***Pinnularia borealis***

C (29,7 µm) / L (8 µm)  
7 estrias (10 µm)  
Prancha 3: 35

***Diploneis didyma***

C (28,5 µm) / L (10,7 µm)  
14 estrias (10 µm)  
Prancha 3: 36

***Nitzschia fasciculata***

C (63 µm) / L (7,1 µm)  
6 estrias (10 µm)  
Prancha 3: 37

***Achnanthes coarctata***

C (29,8 µm) / L (7,7 µm)  
14 estrias (10 µm)  
Prancha 4: 38

***Gramatophora sp.***

C (14,6 µm) / L (3,2 µm)  
18 estrias (10 µm)  
Prancha 4: 39

***Navicula semen***

C (40 µm) / L (14,8 µm)  
16 estrias (10 µm)  
Prancha 4: 40

***Mastogloia sp.***

C (33,2 µm) / L (10,3 µm)  
23 estrias (10 µm)  
Prancha 4: 41

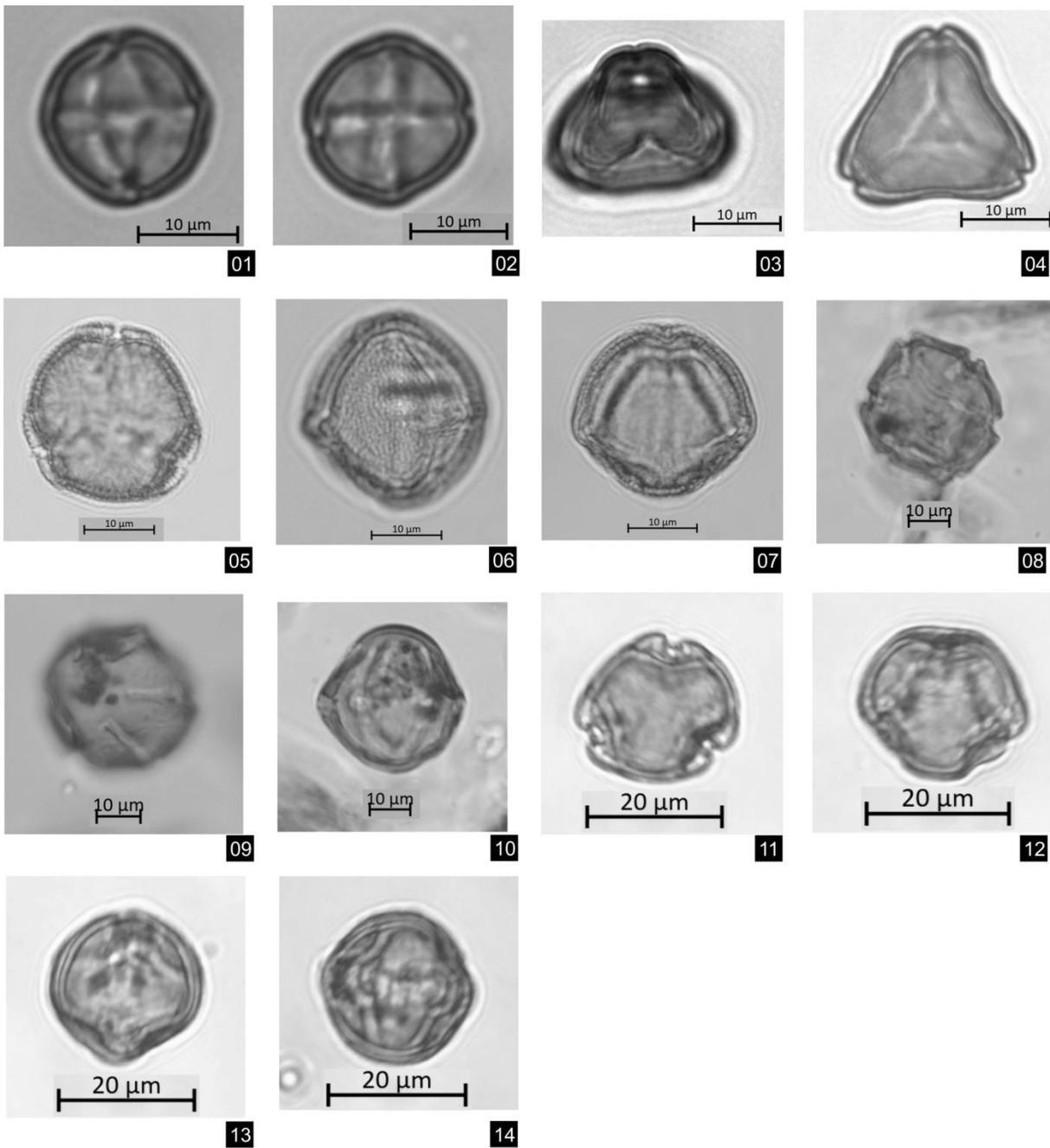
***Gyrosigma strigilis***

C (73,3 µm) / L (11,7 µm)  
24 estrias (10 µm)  
Prancha 4: 42

***Pinnularia sp.***

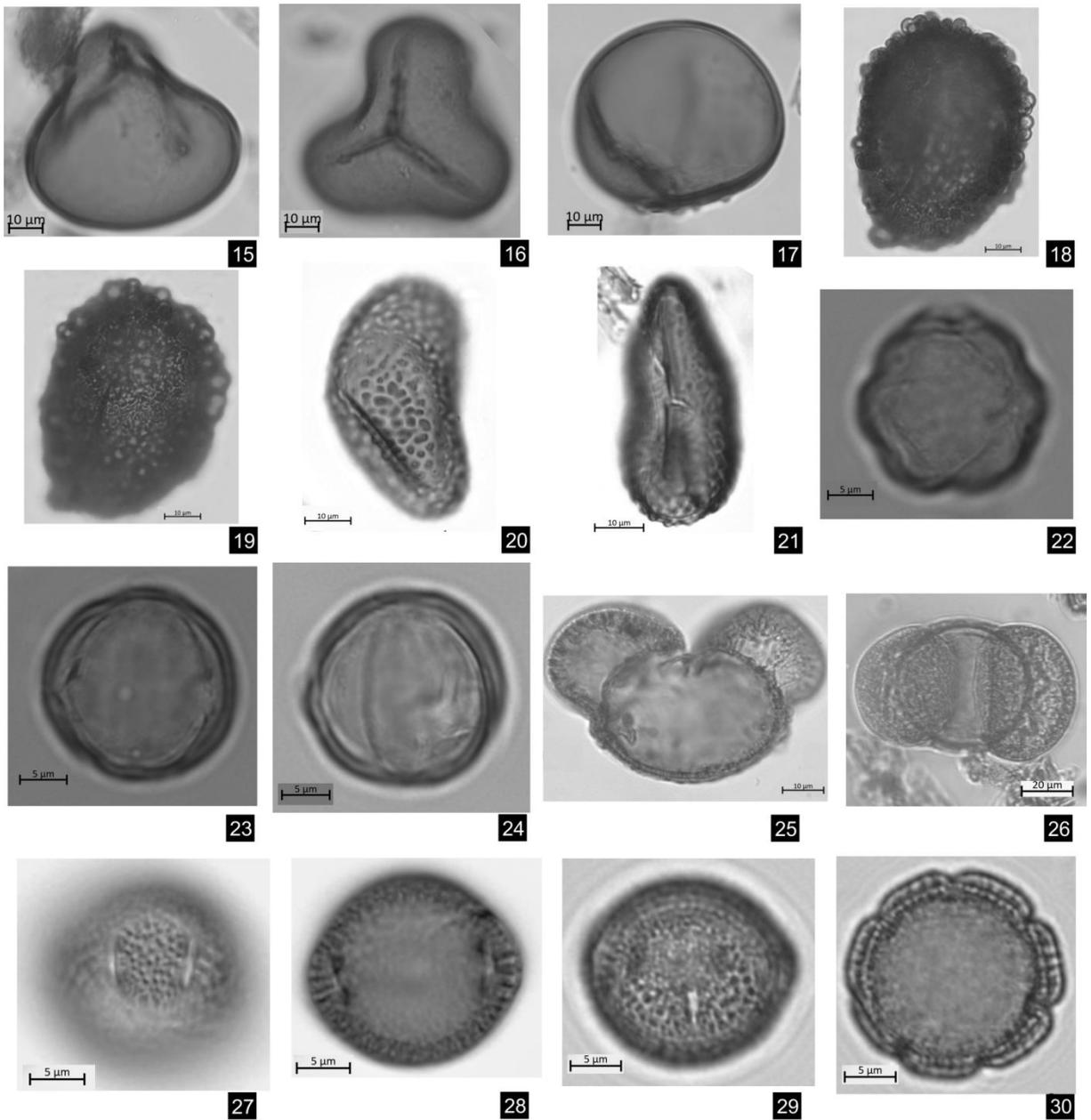
C (57 µm) / L (7 µm)  
8 estrias (10 µm)  
Prancha 4: 43

## PRANCHA 1



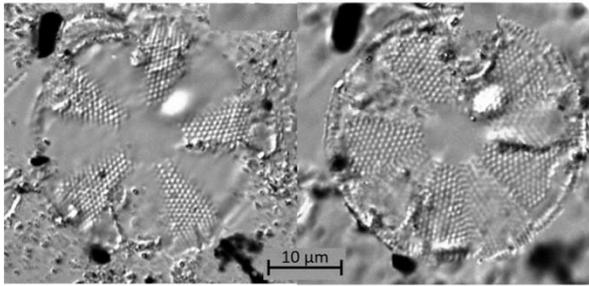
**Figuras 01 - 14:** 01 - 02: *Rhizophora mangle*; 03 - 04: *Matayba* sp.; 05 - 07: *Schinus* sp.; 08 - 10: *Manilkara subsericeae*; 11 - 14: *Alchornea* sp.

## PRANCHA 2

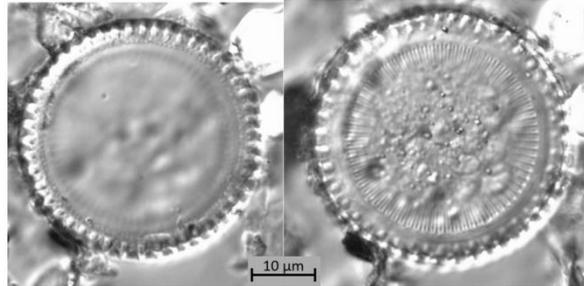


**Figuras 15 - 30:** 15 - 17: *Cyathea* sp.; 18 - 21: *Monoletes verrucados*; 22 - 24: *Combretaceae* / *Melastomataceae*; 25 - 26: *Podocarpus* sp.; 27 - 30 *Borreria* sp.

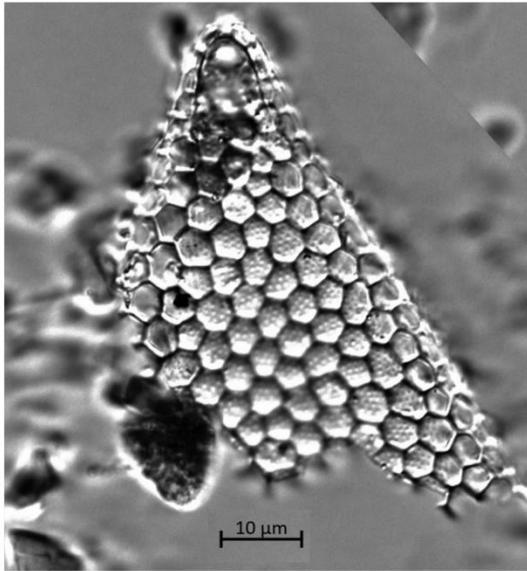
### PRANCHA 3



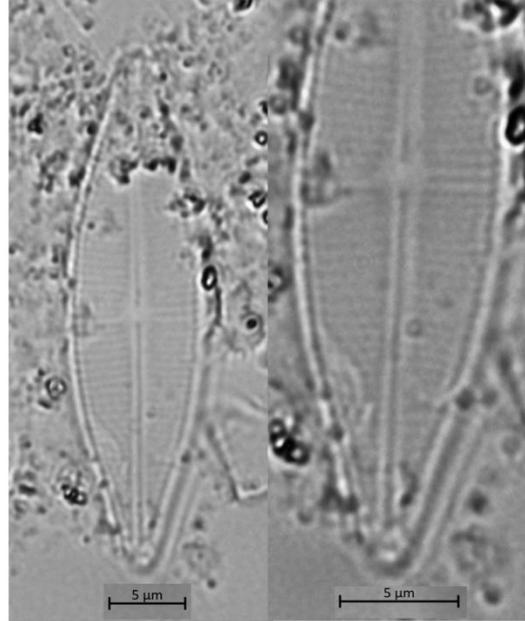
31



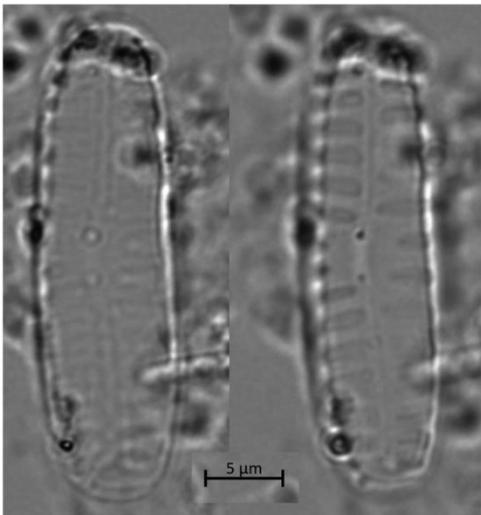
32



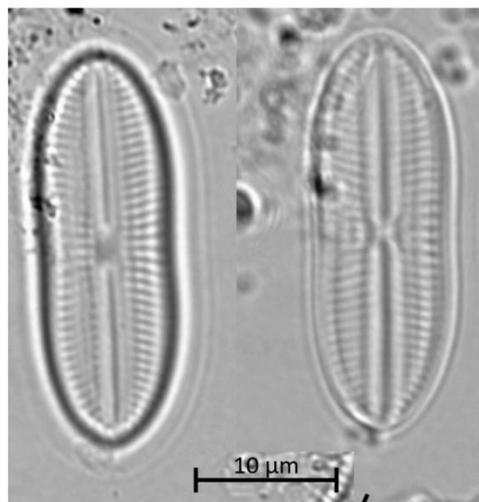
33



34



35



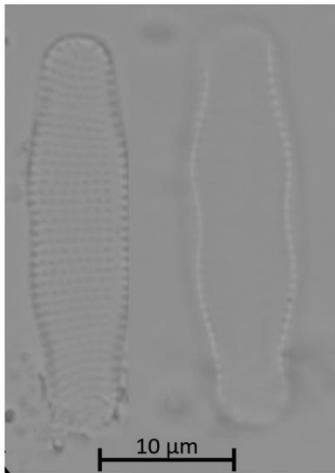
36



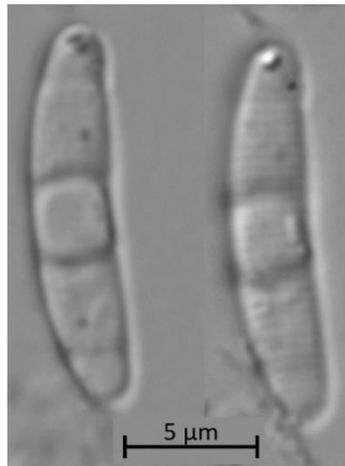
37

**Figuras 31 - 37:** 31: *Actinoptychus adriaticus*; 32: *Paralia sulcata*; 33: *Triceratium favus*; 34: *Craticula cuspidata*; 35: *Pinnularia borealis*; 36: *Diploneis didyma*; 37: *Nitzschia fasciculata*

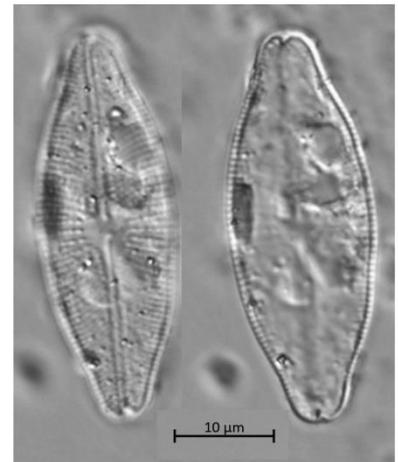
## PRANCHA 4



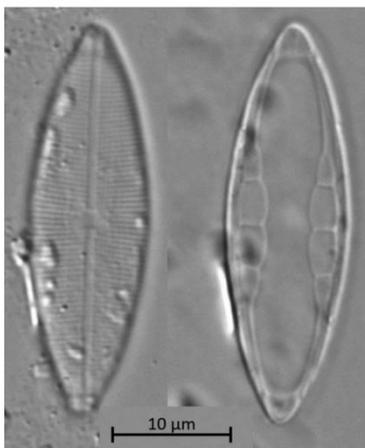
38



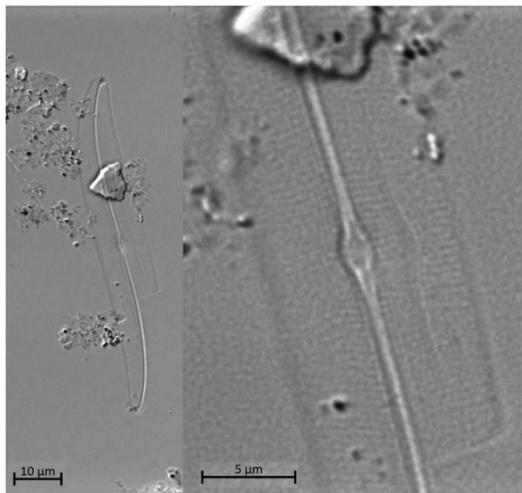
39



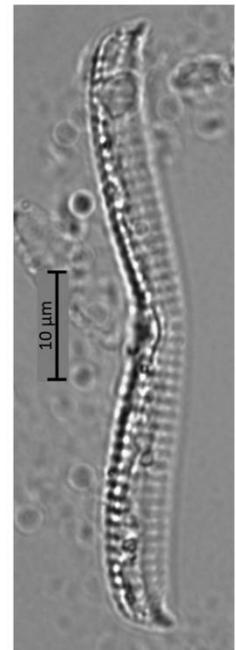
40



41



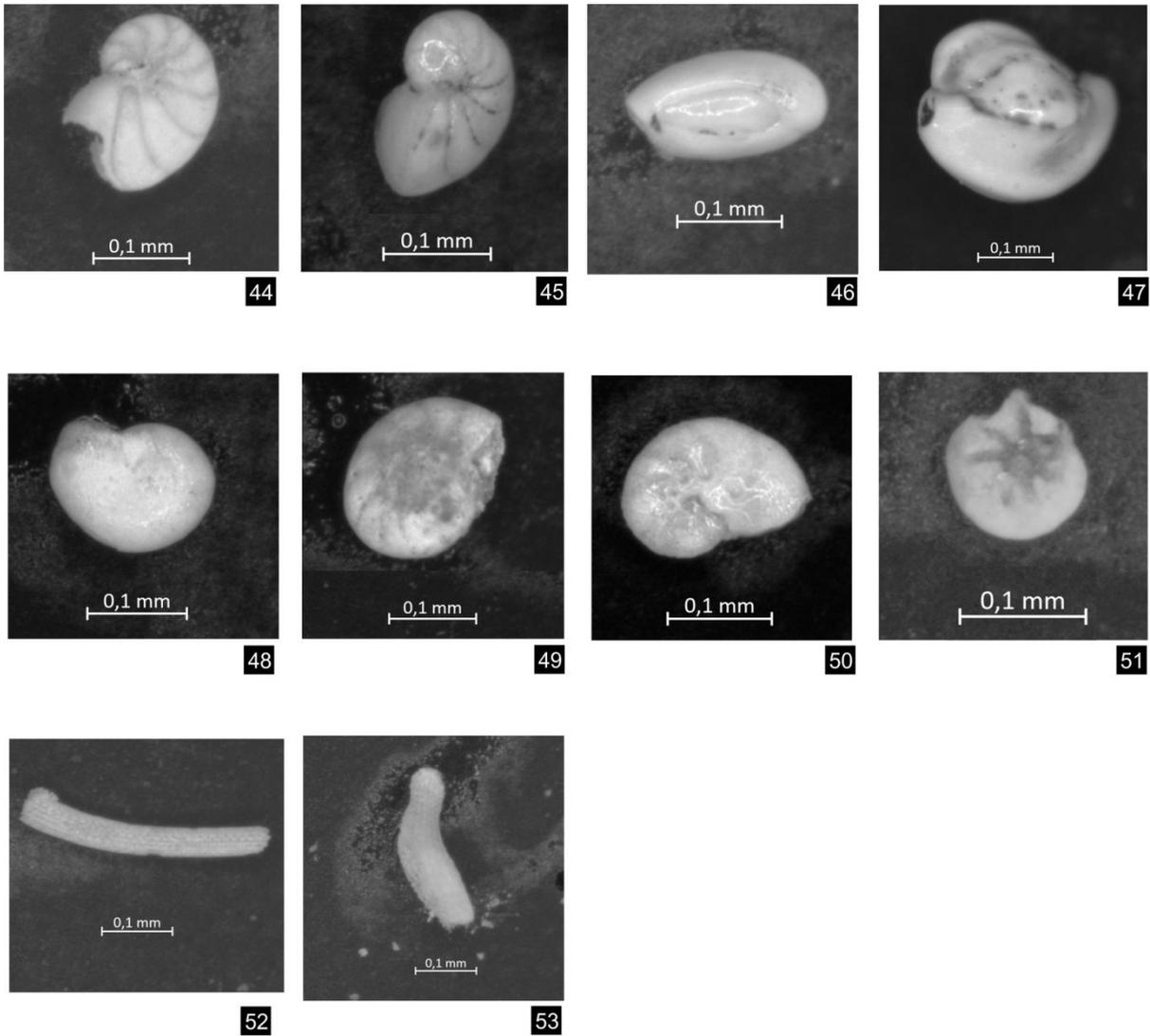
42



43

**Figuras 38 - 43:** 38: *Achnanthes coarctata*; 39: *Gramatophora* sp.; 40: *Navicula semen*;  
41: *Mastogloia* sp.; 42: *Gyrosigma strigilis*; 43: *Pinnularia* sp.

## PRANCHA 5



**Figuras 44 - 53:** 44 - 45: *Pseudononion atlanticum*; 46 - 47: *Quinqueloculina* sp.; 48: *Arenoparrella mexicana*; 49: *Elphidium* sp.; 50: *Hanzawaia boueana*; 51: *Ammonia tepida*; 52 - 53: Indeterminado