



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR**  
**CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**GABRIELA CRISTINA CHAGAS MOURA**

**CARACTERIZAÇÃO DE FUNGOS CULTIVÁVEIS EM BIOAEROSSÓIS**  
**MARINHOS NO ATLÂNTICO EQUATORIAL**

**FORTALEZA**

**2020**

GABRIELA CRISTINA CHAGAS MOURA

**CARACTERIZAÇÃO DE FUNGOS CULTIVÁVEIS EM BIOAEROSSÓIS  
MARINHOS NO ATLÂNTICO EQUATORIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof. Dra. Oscarina Viana de Sousa.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M886c Moura, Gabriela Cristina Chagas.  
Caracterização de fungos cultiváveis em bioaerossóis marinhos no Atlântico Equatorial / Gabriela Cristina Chagas Moura. – 2020.  
46 f.: il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2020.  
Orientação: Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa.
1. Micobiota. 2. Aerobiologia. 3. Meteoceanografia. 4. Oceano Atlântico. I. Título.
- CDD 551.46
-

GABRIELA CRISTINA CHAGAS MOURA

CARACTERIZAÇÃO DE FUNGOS CULTIVÁVEIS EM BIOAEROSSÓIS MARINHOS  
NO ATLÂNTICO EQUATORIAL

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Oscarina Viana de Sousa (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Jamille da Silva Rabelo

Universidade de São Paulo (USP)

À Joana Colares.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus e ao universo, pela vida que tenho e pelo percurso que ela tomou até aqui.

Em segundo a minha família: minha mãe Giliana Targino por ser meu maior exemplo e a mulher mais forte que conheço. A minha irmãzinha Germana Cristina por sempre me apoiar em minhas mais diversas escolhas, tentar sempre me compreender, me aceitar e me ajudar a ser melhor a cada momento. Ao meu pai por todos as renúncias e privações que houveram para eu chegar até aqui, e por todo apoio e amor que você faz à sua maneira. Por vocês serem o motivo de tudo e meu porto seguro, amo vocês eternamente.

Ao meu grande amigo Luís Henrique Pedreira por sempre estar comigo, ser meu irmão, ouvir tantas reclamações ao longo desses anos, não compreendendo muitas delas, mas mesmo assim estando ao meu lado em todos os momentos, te amo sempre pexe.

À Isaias da Câmara, por apesar de todas os empecilhos ao longo da nossa estrada não ter desistido e por me fazer ver além da minha zona de conforto.

Às meninas do poliamor: Yasmin, Malu, Camila e Sarah. Por fazer dessa caminhada mais leve, me ensinarem sobre diversidade de pensamentos, paciência, tolerância e também sobre o amor, assim como a todos os momentos únicos que levarei comigo. Em especial à Yasmin pela parceria de laboratório e por fazer parte de tudo que aprendi.

À Elisa Albuquerque pelo apoio ao longo de toda a minha história, irmandade e pela ajuda.

À Universidade Federal do Ceará por todo o suporte estrutural e acadêmico. E por através de pessoas incríveis ter aberto minha visão para possibilidades antes imagináveis. Em especial à Ingrid Santana por ser extremamente paciente com minhas dúvidas e fazer mágica com as burocracias.

À Cristiane Teles por me ensinar praticamente tudo que eu sei de microbiologia, mas não se prendendo somente a isso, por toda a ajuda, acompanhamento, e ser uma grande mãe no LAMAP. Muito obrigada Crisinha, você é incrível!

À Anna Luisa por ser um ser humano e uma amiga maravilhosa, por todas as inúmeras vezes que me salvou, inclusive nesse trabalho, sem julgamentos e por todas as risadas.

À Prof.<sup>a</sup> Oscarina Viana por ter me recebido no laboratório e ter dado sentido a minha graduação, por todo o apoio em diferentes formas, pela paciência, pelo meu embarque tão especial e pela melhor orientação que eu poderia pedir. Por ser uma mulher tão forte, e uma inspiração tão grande.

Ao LAMAP por ter me mostrado o mundo da microbiologia. A toda a sua equipe por ter me ensinado tanto. Em especial a Rebeca por ser minha mãe de laboratório com muita paciência e bom humor, a Jade pôr do início ao fim ter me ensinado tanto e tirado tantas dúvidas sempre de bom grado e a Gleire por ter me dado a oportunidade de ser bolsista e com isso me ensinado tantas coisas.

Ademais, a todas as mulheres cientistas que eu tive o imenso prazer de conhecer, vocês fazem a diferença e me inspiram todos os dias!

Agradeço a Marinha do Brasil e ao projeto PIRATA, em conjunto com o Prof. Antônio Geraldo e todos os pesquisadores envolvidos pela oportunidade de ter embarcado e vivido experiências tão bacanas e pela possibilidade de construir esse trabalho.

A todos que torceram por mim e me ajudaram de alguma forma nessa parte da minha vida.

## RESUMO

No ambiente marinho existe uma grande diversidade na micobiota em bioaerossóis, esses microrganismos, que são importantes para diversos processos biogeoquímicos, estão suscetíveis a diversas variáveis ambientais que podem influenciar na sua ocorrência e dispersão. Esses microrganismos são importantes para diversos processos biogeoquímicos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação da diversidade e abundância de fungos cultiváveis em suspensão no ar ao longo do oceano Atlântico Equatorial, analisando também a influência de variáveis oceanográficas e meteorológicas sob a composição da micobiota de bioaerossóis marinhos. Para esse propósito foram realizadas 5 amostragens de bioaerossóis com o uso da técnica de sedimentação em placas, ao longo do oceano Atlântico Equatorial em expedições do projeto PIRATA. Os pontos de coleta foram situados em torno de boias meteoceanográficas. As amostras foram armazenadas e transportadas até o Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado, localizado no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), da Universidade Federal do Ceará para processamento. Com isso, foram isoladas e caracterizadas 19 colônias fúngicas. As análises sugerem 9 gêneros fúngicos distintos, destacando-se *Fonsecaea* e *Aspergillus*. Outros gêneros como: *Acrophialophora*, *Chrysosporium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhodotorula*, *Schizophyllum* e *Stemphylium* também foram encontrados. Os parâmetros meteoceanográficos, como temperatura e umidade do ar e velocidade do vento, podem estar relacionados a mudanças na abundância e composição da micobiota nos aerossóis sobre o oceano Atlântico Equatorial. Assim como a presença, circulação e impactos antropogênicos também podem estar associados a influência e alteração nas abundâncias e composições de microrganismos.

**Palavras chave:** Micobiota. Aerobiologia. Meteoceanografia. Projeto PIRATA

## ABSTRACT

In the marine environment there is a great diversity in the bioaerosol mycobiota, these microorganisms, which are important for several biogeochemical processes are susceptible to several environmental variables that can cause occurrence and dispersion. These microorganisms are important for several biogeochemical processes. In this way, the present work aimed to evaluate the diversity and abundance of cultivable fungi suspended in the air along the Equatorial Atlantic Ocean, also analyzing the regularity of oceanographic and meteorological variables under the composition of the marine bioaerosol mycobiota. For this purpose, 5 bioaerosol samplings were carried out using the plate sedimentation technique, along the Equatorial Atlantic Ocean in expeditions of the PIRATA project. The collection points were located around meteoceanographic buoys. The prey was stored and transported to the Laboratory of Environmental and Fish Microbiology, located at the Institute of Marine Sciences (LABOMAR), of the Federal University of Ceará for processing. With that, 19 fungal colonies were illuminated and characterized. The analyzes surveyed 9 distinct fungal genera, especially *Fonsecaea* and *Aspergillus*. Other genera such as: *Acrophialophora*, *Chrysosporium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhodotorula*, *Schizophyllum* and *Stemphylium* were also found. Meteoceanographic parameters, such as air temperature and humidity and wind speed, may be related to changes in the composition of mycobiota in aerosols over the Equatorial Atlantic Ocean. As well as the presence, circulation and anthropogenic impacts, they can also be associated with influence and changes in the abundances and compositions of microorganisms.

**Key words:** Mycobiota. Aerobiology. Meteoceanography. PIRATA Project

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espiral de Ekman.....	22
Figura 2 – Mapa de localização dos pontos de amostragem.....	27
Figura 3 – A:Boia meteoceanográfica do projeto PIRATA fundeada para coleta de parâmetros meteoceanográficos; B: Navio de pesquisa Hidroceanográfico Vital de Oliveira da marinha do Brasil. ....	28
Figura 4 – Placas de Petri abertas para sedimentação da microbiota presente no ar. ....	29
Figura 5 – Esquema de processamento das amostras coletadas.....	30
Figura 6 – Colônias fúngicas em placas que foram identificadas por características macroscópicas. 6.A: Colônia do gênero <i>Aspergillus</i> ; 6.B:Colônia do gênero <i>Aspergillus</i> ; 6.C:Colônia do gênero <i>Fonsecaea</i> ; 6.D:Colônia do gênero <i>Rhodotorula</i> . ....	33

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Datas e coordenadas das coletas realizadas durante expedições do projeto PIRATA. .....	26
Tabela 2 – Caracterização morfológica e de produção de pigmentos das colônias de fungos coletados em pontos no oceano Atlântico Equatorial. ....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Identificação de gêneros de fungos cultiváveis a partir de amostras de bioaerossóis em pontos sobre o oceano Atlântico Equatorial.....	34
Gráfico 2 – Porcentagem de gêneros identificados por cada ponto de coleta no oceano Atlântico Equatorial. ....	36
Gráfico 3 – Medidas de temperatura do ar nos pontos e horários das coletas de bioaerossóis ao longo do oceano Atlântico equatorial. ....	37
Gráfico 4 – Medidas de Umidade relativa do ar em porcentagem nos pontos e horários das coletas de bioaerossóis ao longo do oceano Atlântico Equatorial. ....	38
Gráfico 5 – Medidas de pressão atmosférica do ar (hPa) nos pontos e horários das coletas de bioaerossóis ao longo do oceano Atlântico equatorial.....	39
Gráfico 6 – Medidas de velocidade do ar (m/s) nos pontos e horários das coletas de bioaerossóis ao longo do oceano Atlântico equatorial.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADB	Ágar Dextrose Batata
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar (UFC)
LAMAP	Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado
MCSO	Microcamada Superficial Oceânica
PIRATA	Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic
UFC	Universidade Federal do Ceará
UV	Ultravioleta
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
µg	Micrograma
°C	Graus Celsius
hPa	Hectopascal
kt	Nós
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
ml	Mililitro
m/s	Metro por segundo
ppm	Parte por milhão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	19
<b>2.1 Objetivos Específicos</b> .....	19
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	20
<b>3.1 Fungos</b> .....	20
<b>3.2 Bioaerossóis</b> .....	20
<b>3.3 Microcamada Superficial Oceânica</b> .....	21
<b>3.4 Parâmetros Meteoceanográficos</b> .....	21
3.4.1 <i>Correntes Oceânicas</i> .....	21
3.4.2 <i>Temperatura</i> .....	23
3.4.3 <i>Umidade Relativa do Ar</i> .....	23
3.4.4 <i>Ventos</i> .....	24
3.4.5 <i>Pressão Atmosférica</i> .....	24
3.4.6 <i>Mudanças Climáticas e o Aquecimento Global</i> .....	24
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	26
<b>4.1 Local e período de coleta</b> .....	26
<b>4.2 Obtenção das Amostras</b> .....	28
<b>4.3 Processamento das Amostras</b> .....	29
<b>4.4 Identificação das estirpes</b> .....	31
<b>4.5 Parâmetros Meteoceanográficos</b> .....	31
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
<b>5.1 Bioaerossóis</b> .....	32
<b>5.2 Parâmetros Meteoceanográficos</b> .....	37
5.2.1 <i>Temperatura do Ar</i> .....	37
5.2.2 <i>Umidade relativa do ar</i> .....	38
5.2.3 <i>Pressão Atmosférica</i> .....	38
5.2.4 <i>Ventos</i> .....	39

5.2.5 Pontos de coleta.....	40
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No ambiente marinho existe uma grande diversidade de fungos. Estes podem ser fungos marinhos obrigatórios, aqueles que crescem e esporulam exclusivamente em um habitat marinho ou estuarino, ou ainda, fungos marinhos facultativos, que são organismos que podem crescer e esporular em habitats marinhos, porém são encontrados em meios terrestres e de água doce (DIGHTON, WHITE, OUDEMANS, 2005; KOHLMAYER, KOHLMAYER, 1979).

Ao longo dos anos, a abundância, diversidade e papel relevante dos fungos nas interações ecológicas no ecossistema marinho vem chamando a atenção, resultando em esforços de pesquisa sobre a microbiota marinha. Estima-se em, pelo menos, cem mil espécies existentes mantendo relações simbióticas, antagônicas e influenciando e sendo influenciadas pelas mudanças climáticas (CETER, 2018; DIGHTON, WHITE, OUDEMANS, 2005; HYDE, 1998; JONES, MITCHELL, 1996 *apud* HYDE *et al.*, 1998; JONES, 2011; KIRK *et al.*, 2008).

A presença de microrganismos marinhos no ar ao longo do oceano Atlântico não havia sido documentada até meados do século XX assim como a viabilidade dos esporos e o reconhecimento de sua presença independente da distância da costa (PADY; KAPICAL, 1955; PADY; KELLY, 1954).

A microcamada superficial oceânica corresponde às primeiras centenas de micrômetros da coluna d'água e, por isso, é responsável pela interface oceano-atmosfera e por seus diversos processos biogeoquímicos globais (ALVES, 2014; CUNLIFFE *et al.*, 2013). Essa camada pode conter até 1000 vezes mais matéria orgânica dissolvida e particulada do que as outras frações da coluna d'água abaixo (LISS; DUCE, 1997).

Os bioaerossóis marinhos são formados principalmente a partir de bolhas causadas pelo atrito do vento na superfície da água e por isto apresentam características semelhantes à da microcamada superficial oceânica (ALVES, 2014).

A distribuição, abundância e diversidade dos microrganismos presentes na microcamada superficial oceânica e também nos bioaerossóis são afetadas por diferentes fatores meteoceanográficos como a temperatura, precipitação, umidade relativa e velocidade do vento, bem como mudanças climáticas e o aquecimento global (CETER, 2018).

Desta forma destaca-se a relevância deste trabalho tendo em vista a carência de estudos quanto a identificação de microrganismos em ambientes oceânicos. Os resultados são parte do projeto de pesquisa “MicroCloud: Bioaerossóis marinhos no Oceano Atlântico

intertropical” realizado em parceria com o sistema de monitoração de boias ancoradas “*Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic (PIRATA)*”.

## **2 OBJETIVOS**

Avaliar a diversidade e abundância de fungos cultiváveis em suspensão no ar em pontos ao longo do Atlântico Equatorial.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Isolar e identificar fungos presentes em bioaerossóis marinhos;
- Estabelecer a influência de variáveis oceanográficas e meteorológicas sobre a composição da microbiota de bioaerossóis marinhos.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Fungos

Os fungos são organismos eucariotos, de maioria multicelular, aeróbios e quimiorganotróficos. Podem se reproduzir de forma sexuada ou assexuada, que ocorre usualmente através da produção de esporos que se dispersam por via aérea (MADIGAN *et al.*, 2014).

Segundo Kohlmeyer e Kohlmeyer (1979) fungos marinhos são divididos em espécies obrigatórias, que obrigatoriamente crescem e esporulam em habitats marinhos ou estuarinos, e espécies facultativas, que além de crescerem e possivelmente esporularem em ambientes marinhos são encontrados em ambientes terrestres e de água doce. Até o momento, a documentação das espécies de fungos marinhos segue em andamento, porém pelo menos 100 mil espécies foram registradas em diferentes ambientes e modos de vida (HYDE *et al.*, 1998; JONES, 2011; JONES, MITCHELL, 1996 *apud* HYDE *et al.*, 1998; KIRK *et al.*, 2008; KOHLMAYER, 1984).

Esses organismos marinhos estão suscetíveis a influências de fatores meteoceanográficos, em sua distribuição, dispersão e sobrevivência (TISTHAMMER, COBIAN, AMEND, 2015) e, portanto, o entendimento das mudanças globais e da circulação atmosférica pode auxiliar nos estudos da biodiversidade fúngica, assim como o contrário (NOWOISKY *et al.*, 2012).

#### 3.2 Bioaerossóis

Os bioaerossóis são materiais biológicos suspensos no ar, incluindo bactérias, fungos, vírus, pólen e seus derivados, como alérgenos, endotoxinas e micotoxinas (YAO *et al.*, 2018). No ambiente marinho, são principalmente gerados por processos de formação de bolhas na superfície do oceano e por isso apresentam características semelhantes a da microcamada superficial oceânica (MCSO) que o originou, entretanto com maior concentração, e são de alta importância para o sistema terrestre, o clima e a saúde pública nas escalas local, regional e global pois agem diretamente ao dispersarem e absorverem a radiação solar, ou indiretamente como na atuação em forma de núcleos de condensação de nuvens afetando os tamanhos das gotículas, a cobertura de nuvens e o albedo. (ALLER *et al.*, 2005; ALVES, 2014; LISS, DUCE, 1997). Informações sobre a diversidade e biogeografia destes microrganismos, apesar do

aumento nas últimas décadas, ainda são reduzidas e em alguns ambientes escassas ou inexistentes.

Os estudos mostram que os esporos de fungos são encontrados, usualmente, na atmosfera durante todo o ano (CETER, 2018). A dispersão destes organismos é favorecida e dependente da ação do vento, ao longo do transporte atmosférico sofrem transformações físico-químicas e envelhecimento biológico após a interação com radiação ultravioleta (UV), foto-oxidantes e vários gases poluentes. Estes aerossóis replicam as características da microcamada superficial oceânica (MCSO), contendo matéria orgânica, sais inorgânicos e microrganismos semelhantes aos da água do mar (CETER, 2018; NOWOISKY *et al.*, 2012).

### **3.3 Microcamada Superficial Oceânica**

A microcamada superficial oceânica resulta do acúmulo de moléculas e partículas na interface ar-água para formar um filme e a sua espessura varia de acordo com fatores ambientais como o vento e a circulação da água (CUNLIFFE *et al.*, 2013; LISS; DUCE, 1997). Devido a sua posição particular, desempenha um papel único no sistema global, em diversos ciclos biogeoquímicos e formam os bioaerossóis a partir das bolhas que estouram na superfície e carregam para o ar parte da composição microbiológica (ALLER *et al.*, 2005; CUNLIFFE *et al.*, 2013; LISS; DUCE, 1997).

Tendo em vista a sensibilidade desta microcamada a influência de diversos parâmetros meteoceanográficos, os microrganismos presentes estão expostos a condições como variações de temperatura, radiação solar, poluentes como metais pesados, gradientes de salinidade, substâncias tóxicas e partículas plásticas (AGOGUÉ *et al.*, 2004; HARDY, 1982; LISS; DUCE, 1997).

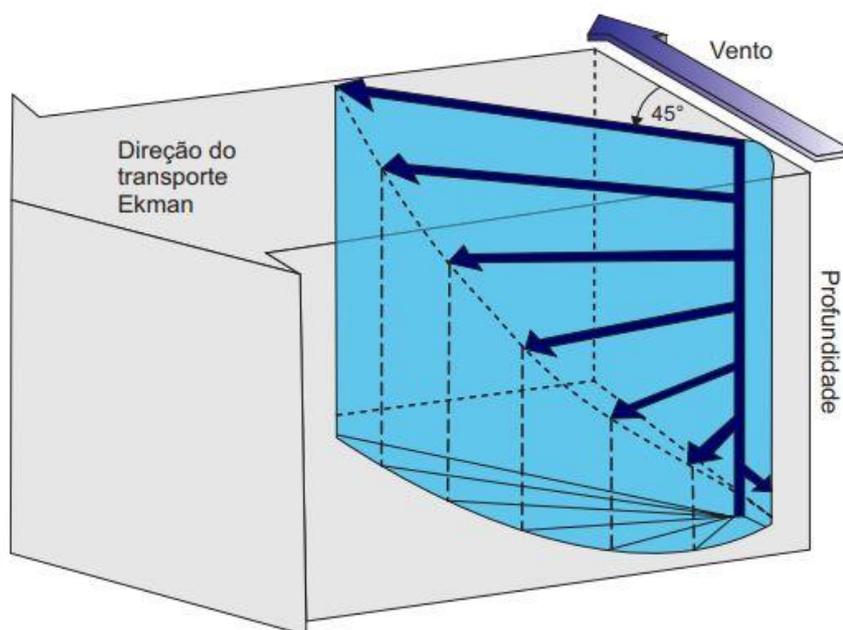
### **3.4 Parâmetros Meteoceanográficos**

#### *3.4.1 Correntes Oceânicas*

As correntes oceânicas superficiais são compostas por cerca de 10% da água do oceano global e são formadas principalmente a partir do atrito do vento, que influenciam até cerca 1000m. Essas massas de água são afetadas pelo efeito de Coriolis, que causa uma deflexão em 90° para a esquerda, no Hemisfério Sul, na direção total das parcelas d'água. As parcelas superiores defletem 45° em relação a direção do vento que originou a corrente, e a parcela

inferior sucessivamente, esta corrente espiralada é chamada de Espiral de Ekman (CASTELLO, KRUG, 2015; GARRISON, 2010).

Figura 1 – Espiral de Ekman



Fonte: TRUJILLO e THURMAN, 2005.

No Atlântico Equatorial, dentre as correntes oceânicas de principal atuação, a corrente do Brasil e a corrente Norte do Brasil são as que compõem a zona de influência, na área do nosso estudo (CASTELLO, KRUG, 2015; GARRISON, 2010).

A corrente do Brasil é uma corrente de contorno oeste, com uma velocidade média de 0,5 m/s, ela flui ao longo de todo o país, até se encontrar com a corrente das Malvinas, na confluência Brasil-Malvinas. A corrente Sul Equatorial é a porção sul da corrente Equatorial, originada a partir dos ventos alísios e apresenta um transporte médio de cerca de 30 sverdrups, a sua continuação é o que causa uma bifurcação próximo à costa que origina tanto a corrente do Brasil como também a corrente Norte do Brasil, esta, flui para norte e tem um transporte médio de 21 sverdrups (CASTELLO, KRUG, 2015; GARRISON, 2010; MORAES, 2011).

De acordo com Liss e Duce (1997), as correntes oceânicas, por causarem um transporte e circulação das parcelas de água, podem alterar a espessura da microcamada superficial oceânica como também a composição da microbiota desta camada e, por consequência, dos bioaerossóis descendentes da camada.

### 3.4.2 Temperatura

A camada superficial do oceano, até cerca de 150m de profundidade, é a região de maior variação de temperatura, de acordo com a latitude, ou seja, conforme a incidência da radiação solar, a sazonalidade também provoca mudanças deste parâmetro (AYOADE, 1996; CASTELLO, KRUG, 2015). De forma geral, a distribuição de temperatura ao longo dos oceanos segue um ponto máximo nas regiões tropicais e apresenta valores menores conforme se aproxima dos polos (CASTELLO, KRUG, 2015). Além disso, os ventos predominantes e as correntes oceânicas também influenciam nos valores de temperatura devido, respectivamente, ao atrito e à advecção, transportando o calor (AYOADE, 1996).

A temperatura está entre as principais variantes físico-químicas ambientais que afetam o crescimento e sobrevivência microbiológica. Os microrganismos têm diferentes temperaturas de crescimento ótimo e de acordo com Madigan *et al.* (2010) pode ser dividido em pelo menos quatro grupos: psicrófilos com faixa de tolerância de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $25^{\circ}\text{C}$  e com o ponto ótimo de crescimento situado em baixas temperaturas; mesófilos com faixa de tolerância de  $10^{\circ}\text{C}$  à  $45^{\circ}\text{C}$  e ponto ótimo de crescimento em temperaturas médias; termófilos com faixa de tolerância de  $40^{\circ}\text{C}$  à  $65^{\circ}\text{C}$  e com crescimento ótimo em altas temperaturas; e hipertermófilos que crescem a partir de  $70^{\circ}\text{C}$  com o ponto ótimo correspondendo a temperaturas muito elevadas.

### 3.4.3 Umidade Relativa do Ar

A umidade atmosférica, que se constitui pelo vapor d'água presente na atmosfera, é um componente de alta importância devido a sua atuação no tempo e clima, através da condensação e precipitação, na regulação térmica do sistema terrestre e consequente efeito sobre a temperatura do ar e na circulação atmosférica. Em geral, a umidade é formada através da evaporação e precipitação alcançando picos de valores na região equatorial que diminuem à medida que se direcionam aos polos, variando sazonalmente (AYOADE, 1996).

A temperatura e a umidade do ar são fortes parâmetros de influência na microcamada superficial oceânica, que afeta a viabilidade dos bioaerossóis (LISS; DUCE, 1997; ZHEN *et al.*, 2017). Altas temperaturas, alta radiação solar e baixas concentrações de umidade do ar favorecem o transporte de bioaerossóis, devido o vapor d'água atmosféricos, absorvido pelas partículas, favorecer seu aumento e peso e consequentemente sua deposição gravitacional (QI *et al.*, 2014; ZHEN *et al.*, 2017).

#### 3.4.4 Ventos

O aquecimento desigual da superfície terrestre, que causa um gradiente de pressão, é a principal razão do fluxo de ventos atmosféricos globais. Além de estar intimamente ligado ao oceano através do atrito entre as camadas da interface oceano-atmosfera, onde ocorre uma livre troca de gases, esse fluxo ainda é importante na criação e manutenção do clima global (GARRISON, 2010).

De acordo com Garrison (2010), cada hemisfério é composto por três grandes células de circulação atmosférica (células de Hadley, Ferrel e Polar), duas destas células convergem na zona equatorial (células de Hadley), formando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A dispersão do material da interface oceano-atmosfera pelo vento, em combinação com gradientes de tensão superficial, representa um mecanismo único que garante o transporte microbiológico. Adicionalmente, mudanças nas forçantes físicas como a velocidade do vento e circulação da água afetam a composição e o arranjo molecular dos biofilmes da microcamada superficial oceânica e, por consequência, a composição dos bioaerossóis (ALVES, 2014; LISS; DUCE, 1997).

#### 3.4.5 Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica, a partir do gradiente horizontal, é uma força motivadora para a movimentação das parcelas de ar das áreas de alta pressão, compostas por ar frio, em direção às áreas de baixa pressão, compostas por ar quente (AYOADE, 1996).

O aumento da pressão, por refletir o aumento da quantidade de ar frio, que isoladamente, pode facilitar uma liberação e o transporte de microrganismos, o que pode levar a uma alta abundância na atmosfera (ZHEN *et al.*, 2017). Além disso, a pressão atmosférica está relacionada a concentração de oxigênio que é um dos principais parâmetros ambientais de controle de crescimento e sobrevivência de microrganismos (CETER, 2018; MADIGAN *et al.*, 2010).

#### 3.4.6 Mudanças Climáticas e o Aquecimento Global

O aquecimento global é descrito como o aumento da temperatura resultante de razões naturais ou provocadas pelo homem na atmosfera próxima à Terra (AKSAY; KETENOĞLU; KURT, 2005; NUNEZ, 2019). As mudanças climáticas implicam em uma

mudança na circulação global atmosférica, que contém não apenas compostos químicos, mas também os bioaerossóis, principalmente esporos fúngicos e fendas de hifas de fungos (CETER, 2018). De acordo com Ayoade (1996), o estado climático terrestre em qualquer período depende basicamente de três fatores:

1. A quantidade de energia proveniente do sol recebida pelo sistema climático;
2. A maneira pela qual essa energia é distribuída e absorvida sobre a superfície da Terra;
3. A natureza da interação dos processos entre os vários componentes do sistema climático.

Apesar da grande distribuição e capacidade de tolerância dos fungos, a mudança climática e, por consequência, a alteração em parâmetros meteorológicos como o vento, a umidade relativa do ar e a temperatura afetam o crescimento, concentração e distribuição desses microrganismos (BURCH; LEVETIN, 2002; CETER, 2018).

Além de que, conforme o aumento da concentração de gases como o dióxido de carbono na atmosfera terrestre causado pelo aquecimento global, maior os efeitos negativos observados em fungos, sobretudo os parasitas, devido aos efeitos adversos nas espécies hospedeiras e extinção de espécies (CETER, 2018).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Local e período de coleta

As cinco coletas foram realizadas no ano de 2017 (TABELA 1) ao longo do oceano Atlântico Equatorial.

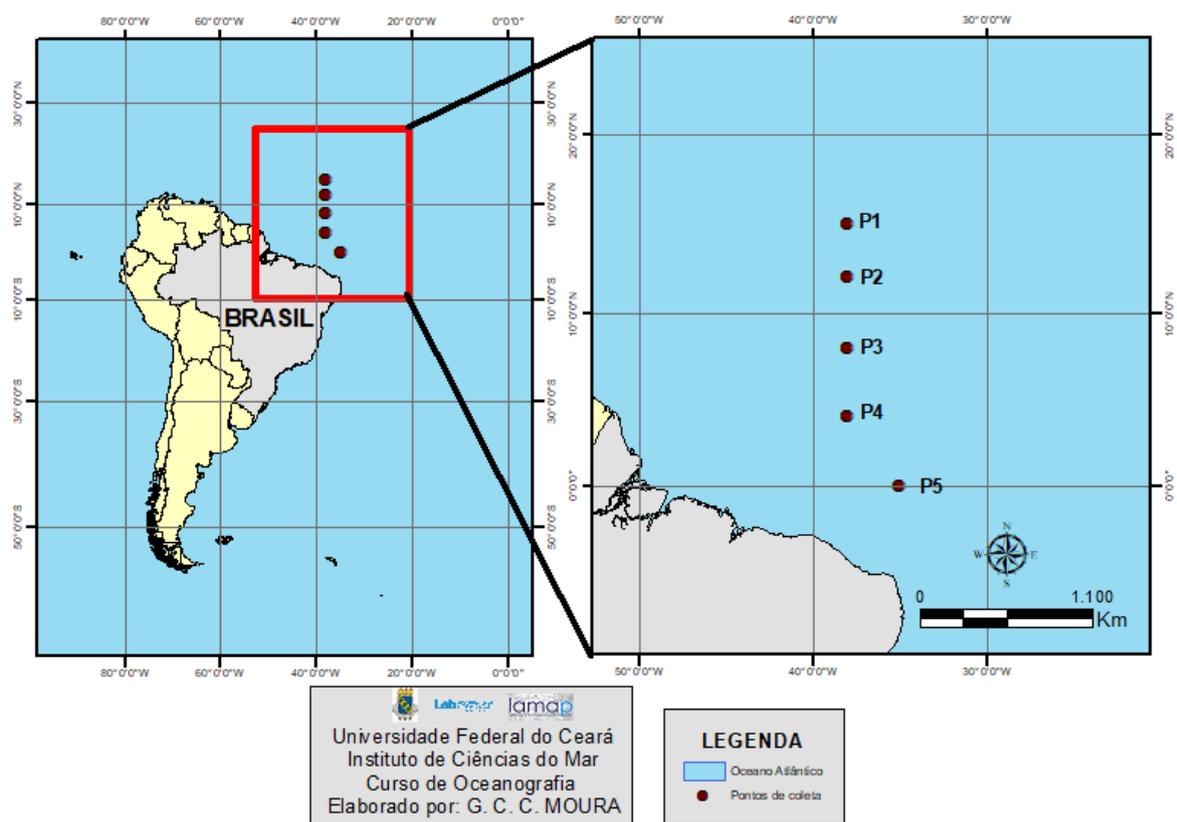
Tabela 1 – Datas e coordenadas das coletas realizadas durante expedições do projeto PIRATA.

Ponto de Coleta	Data	Coordenada	
		Latitude	Longitude
P1	23/11/2017	15° N	38° W
P2	25/11/2017	12° N	38° W
P3	27/11/2017	8° N	38° W
P4	30/11/2017	4° N	38° W
P5	02/12/2017	0°	35° W

Fonte: Elaborado pelo autor.

As amostragens foram realizadas em expedições do projeto *Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic* (PIRATA) (FIGURA 2), em torno de boias meteoceanográficas a bordo do navio oceanográfico Vital de Oliveira da Marinha do Brasil (FIGURA 3).

Figura 2 – Mapa de localização dos pontos de amostragem.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 – A:Boia meteoceanográfica do projeto PIRATA fundeada para coleta de parâmetros meteoceanográficos; B: Navio de pesquisa Hidroceanográfico Vital de Oliveira da marinha do Brasil.



Fonte: marinha.mil.br

#### 4.2 Obtenção das Amostras

Durante as coletas, foi utilizada a técnica de sedimentação em placas, ou seja, a exposição de placas de Petri, por 30 minutos, para a deposição das partículas e microrganismos presentes no ar ao longo da superfície do meio de cultura (PASQUARELLA; PITZURRA; SAVINO, 2000; PASQUARELLA *et al.*, 2007).

Foi utilizado o meio de cultura Ágar Dextrose Batata (ADB), com o objetivo de crescimento de fungos filamentosos, adicionado de 10 $\mu$ g/ml de Ampicilina, para a inibição do

crescimento bacteriano e distribuído em placas de Petri descartáveis esterilizadas (SIDRIN; ROCHA, 2012).

Em cada ponto de coleta, as placas de ADB eram dispostas em triplicata (FIGURA 4). As amostras coletadas foram armazenadas em condições estéreis até o retorno ao continente e o processamento em laboratório.

Figura 4 – Placas de Petri abertas para sedimentação da microbiota presente no ar.

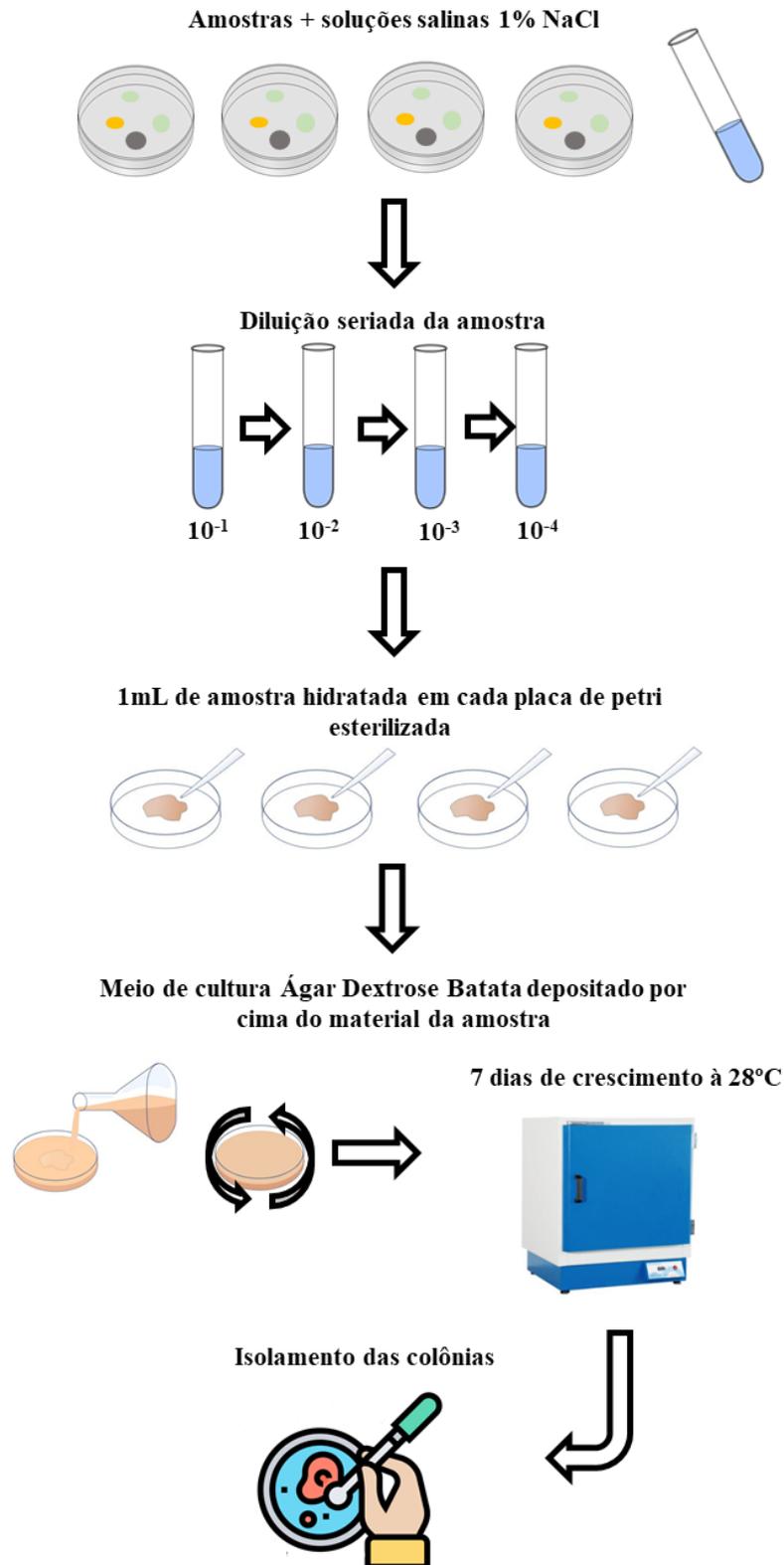


Fonte: Abreu e Rabelo, 2017.

### 4.3 Processamento das Amostras

O processamento foi realizado no Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (LAMAP) no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Após o tempo de armazenamento, as amostras foram reinoculadas seguindo a técnica do *Pour Plate* (semeadura em profundidade) que se resume a deposição do material da amostra anterior à deposição do meio de cultura, onde o meio utilizado foi ADB (FIGURA 5). As placas reinoculadas foram incubadas em estufas de 28° C por 7 dias (MADIGAN *et al.*, 2010).

Figura 5 – Esquema de processamento das amostras coletadas.



#### **4.4 Identificação das estirpes**

Para a identificação, as estirpes isoladas foram inoculadas em placas de Petri estéreis descartáveis contendo ADB e permitindo o crescimento em estufas de 28° C por 5 a 7 dias. A pré-identificação foi realizada seguindo guia para identificação de colônias fúngicas, o Atlas de Micologia Médica – colônias (Oliveira, 2013) e ainda o Atlas de Micologia (Tomé, Marques, 2016) que se baseiam nas características como textura, cor, tamanho das colônias e produção de pigmentos para a identificação de uma estirpe fúngica.

#### **4.5 Parâmetros Meteoceanográficos**

Os parâmetros meteoceanográficos de temperatura do ar, velocidade e direção do vento, umidade relativa e pressão atmosférica foram obtidos no momento das coletas a partir de dados adquiridos através dos equipamentos do Navio de Pesquisa Hidroceanográfico Vital de Oliveira da Marinha do Brasil, pois este foi o navio utilizado durante as coletas do projeto PIRATA.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Bioaerossóis

Foram analisadas 5 amostras de bioaerossóis coletados nos ambientes oceânicos. Dessas amostras foi possível isolar e caracterizar 25 colônias fúngicas (TABELA 2), que em sua maioria eram pequenas e de textura algodonosa.

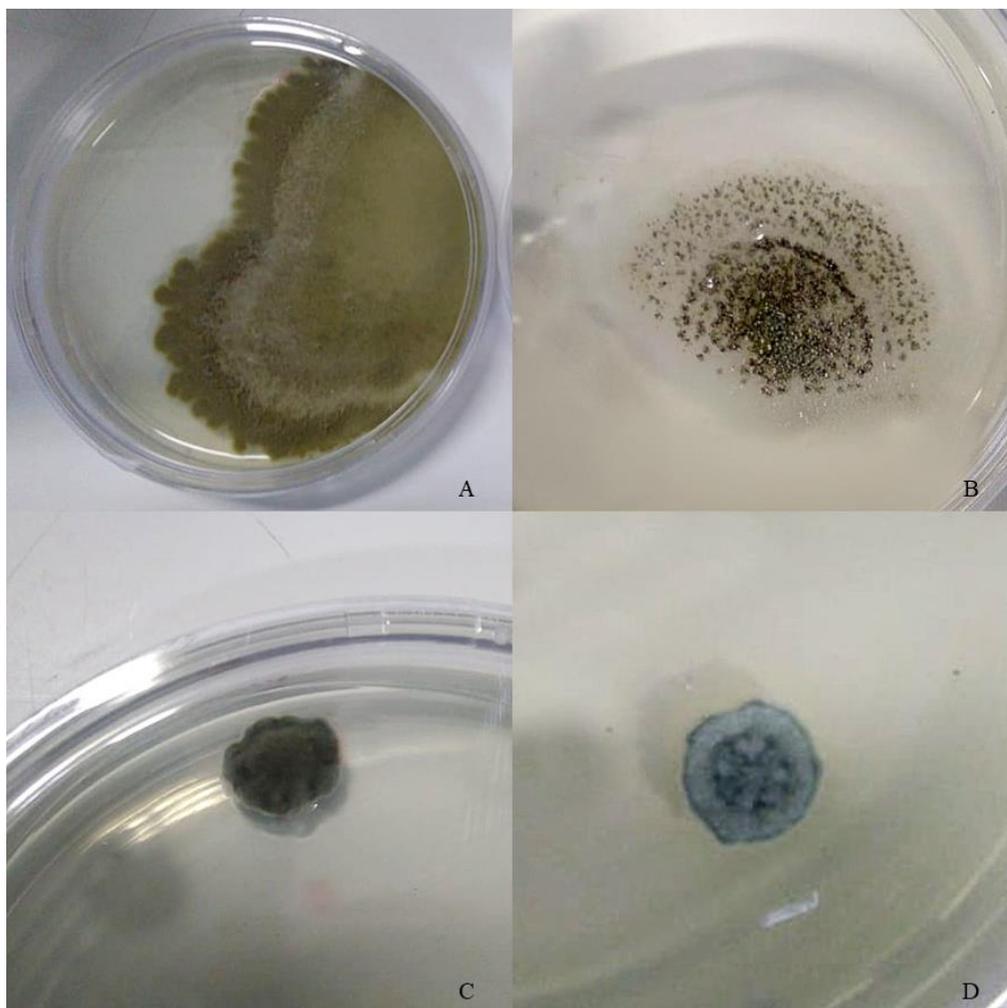
Tabela 2 – Caracterização morfológica e de produção de pigmentos das colônias de fungos coletados em pontos no oceano Atlântico Equatorial.

Ponto de Origem	Cepa	Tamanho	Textura	Cor			Exudados	Corou o Meio de Cultura
				Centro	Meio	Borda		
P1	1	Grande	Arenosa	Verde Lodo	Verde Lodo	Verde Lodo	Algodonosa	-
P1	2	Média	Arenosa	Verde	Verde	Branco	-	-
P2	3	Grande	Arenosa	Verde Lodo	Verde Lodo	Verde Lodo	-	-
P2	4	Pequena	Algodonosa	Preto	Branco	Cinza	-	-
P2	5	Pequena	Aveludada	Verde Escuro	Verde Escuro	Verde Escuro	-	-
P2	6	Média	Glabrosa	Laranja	Laranja	Laranja	-	-
P2	7	Média	Algodonosa	Verde	Verde	Verde	Gotículas de água	-
P3	8	Média	Algodonosa	Azul Esverdeado	Azul Esverdeado	Azul Esverdeado	-	Azul
P3	9	Média	Algodonosa	Azul Esverdeado	Azul Esverdeado	Azul Esverdeado	-	Azul
P3	10	Grande	Penugento	Branco	Branco	Branco	-	-
P3	11	Grande	Glabrosa	Preto	Marrom	Preto	-	-
P3	12	Média	Algodonosa	Marrom Telha	Marrom Telha	Marrom Telha	-	Amarelo Claro
P3	13	Média	Algodonosa	Cinza	Cinza	Cinza	-	-
P3	14	Pequena	Algodonosa	Cinza	Cinza	Cinza	-	-
P3	15	Média	Algodonosa	Cinza	Cinza	Cinza	Gotículas de água	-
P3	16	Pequena	Algodonosa	Azul Esverdeado	Azul Esverdeado	Azul Esverdeado	-	Azul
P3	17	Pequena	Glabrosa	Amarelado	Amarelado	Cinza	-	Amarelo
P3	18	Grande	Penugento	Branco	Branco	Branco	-	-
P3	19	Média	Algodonosa	Cinza	Cinza	Cinza	-	-
P3	20	Pequena	Algodonosa	Marrom Telha	Marrom Telha	Marrom Telha	-	-
P3	21	Pequena	Arenosa	Salmão	Salmão	Salmão	-	-
P4	22	Pequena	Glabrosa	Branco	Verde	Verde	-	-
P4	23	Grande	Penugento	Branco	Branco	Branco	-	-
P4	24	Pequena	Glabrosa	Verde Escuro	Brancote	Verde	-	-
P4	25	Pequena	Glabrosa	Verde	Verde	Verde	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A partir dos dados, é possível observar uma variedade considerável nas características das colônias fúngicas obtidas (FIGURA 6). Com isso, foi possível diferenciar características distintas que sugerem uma variedade de gêneros fúngicos.

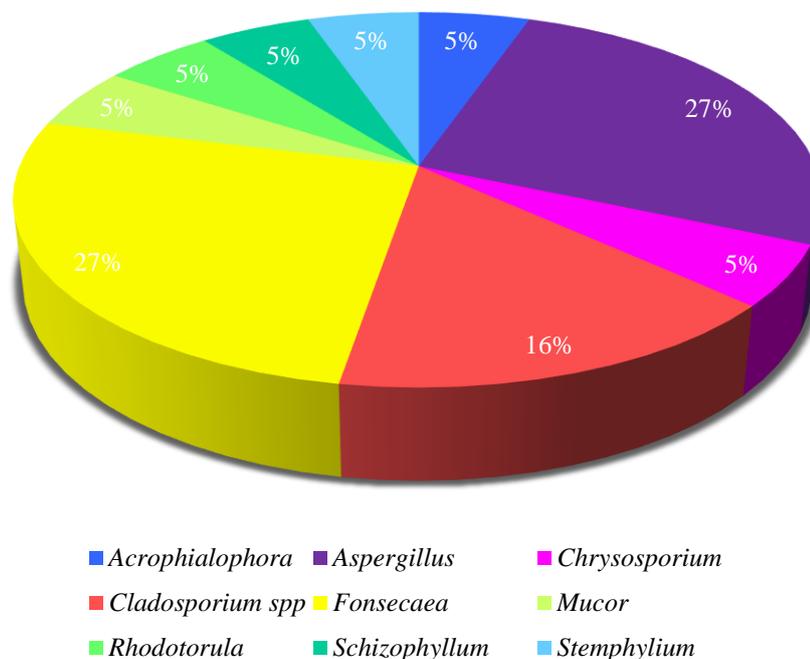
Figura 6 – Colônias fúngicas em placas que foram identificadas por características macroscópicas. 6.A: Colônia do gênero *Aspergillus*; 6.B: Colônia do gênero *Aspergillus*; 6.C: Colônia do gênero *Fonsecaea*; 6.D: Colônia do gênero *Rhodotorula*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

De acordo com as características morfológicas, de pigmentos e aspectos visuais das colônias de fungos isolados, as 19 colônias identificadas correspondem a 9 gêneros distintos: *Acrophialophora*, *Aspergillus*, *Chrysosporium*, *Cladosporium*, *Fonsecaea*, *Mucor*, *Rhodotorula*, *Schizophyllum* e *Stemphylium* (GRÁFICO 1).

Gráfico 1 – Identificação de gêneros de fungos cultiváveis a partir de amostras de bioaerossóis em pontos sobre o oceano Atlântico Equatorial.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os gêneros mais frequentes foram *Aspergillus* (27%) e *Fonsecaea* (27%). Seguidos por *Cladosporium* que representou 16% da micobiota analisada. Os gêneros menos representativos foram *Acrophialophora*, *Rhodotorula*, *Chrysosporium*, *Stemphylium*, *Mucor*, *Schizophyllum* que foram 5% dos isolados cada.

*Fonsecaea* é um gênero que está amplamente associado a infecção crônica do tecido cutâneo e subcutâneo (COELHO, 2017).

*Acrophialophora*, é um fungo associado a patógenos humanos capazes de causar infecções, e, apesar de apresentar pouca frequência, está presente no ar de diversos ambientes (SANDOVAL-DENIS *et al.*, 2015; ZIAEE, ZIA, GOLI, 2018).

*Rhodotorula* pode ser encontrado em diversos ambientes, inclusive no ar e inicialmente não era considerado patogênico, entretanto houve o surgimento de novas espécies oportunistas patogênicas causadoras de infecções (CORDEIRO, 2019).

*Chrysosporium* é um gênero presente em diversos ambientes, desde material vegetal até matéria orgânica de fezes, que está relacionado a infecções em humanos (DRFUNGUS, 2000). A sua existência como parte de bioaerossóis é demonstrada a partir de autores como Abreu (2016) que o identificou como parte de um ambiente interno e externo de

grande circulação de pessoas. É também frequentemente estudado em pesquisas com viés biotecnológico devido a eficiência de suas enzimas lignolíticas (XIONG *et al.*, 2008).

A presença de representantes de gêneros potencialmente patogênicos para humanos como: *Fonsecaea*, *Acrophialophora*, *Rhodotorula* e *Chrysosporium*, em bioaerossóis marinhos ao longo do oceano pode ser causada devido a diversas razões, entre elas o intenso tráfego de navios (LEEuw *et al.*, 2014).

Em pesquisas pioneiras de estudo da diversidade da microbiota atmosférica sobre os oceanos, o gênero *Aspergillus* já foi encontrado como um dos mais frequentes em massas de ar que atravessavam o Golfo do México (FULTON, 1966). Além disso, esse gênero ocorre como parasita de animais e algas e também nos sedimentos (RAGHUKUMAR, 2017). É válido considerar que a capacidade de esporulação deste gênero pode aumentar conforme o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, aumentando a sua presença no ambiente (CETER, 2018).

Historicamente, espécies do gênero *Cladosporium* são frequentemente encontradas em massas de ar oceânicas e ambientes marinhos (PADY, 1954; PADY, 1955; KOHLMeyer, KOHLMeyer, 1979; NOWOISKY *et al.*, 2012). A presença de *Cladosporium* pode ser explicada também devido a preferência desses esporos por ambientes de clima quente e com correntes de ar, parâmetros esses que são presentes nos locais coletados (CETER, 2018).

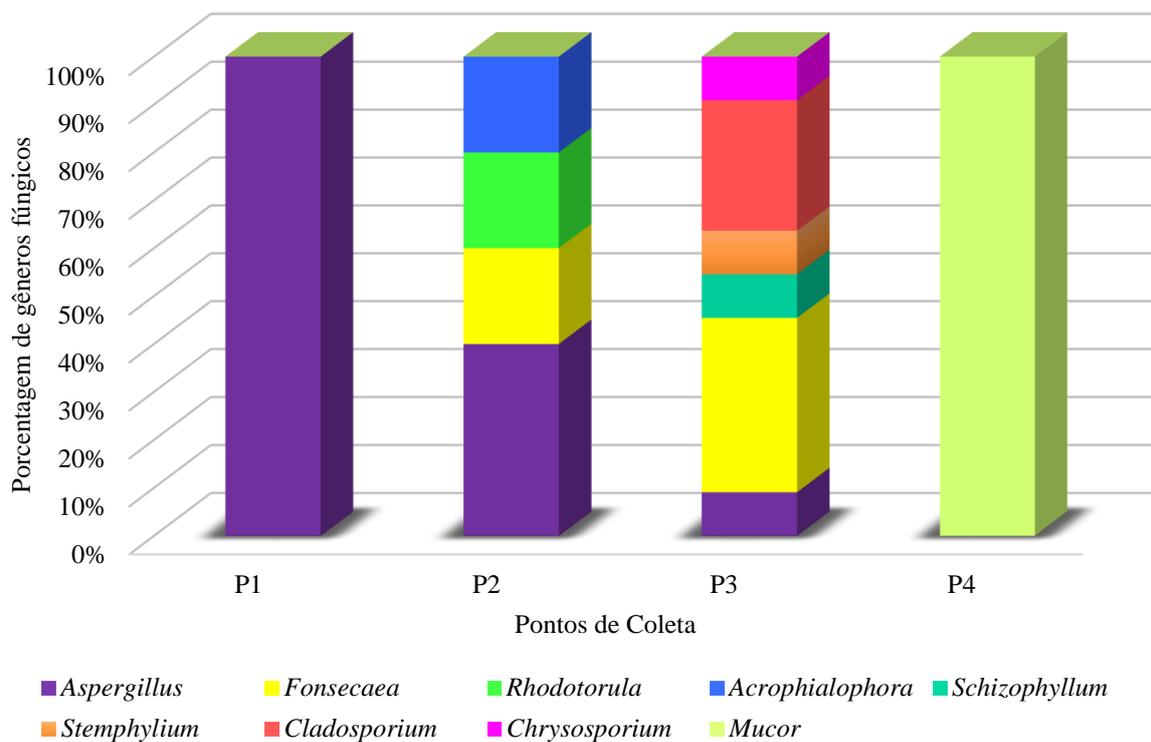
Destaca-se ainda que estirpes fúngicas de *Cladosporium* e *Aspergillus* são encontrados normalmente em amostras de bioaerossóis da Antártida (Pearce *et al.*, 2009), evidenciando, entretanto, a falta de estudos sobre o tema ao longo da área de estudo.

Espécies do gênero *Stemphylium* são reconhecidas como fitopatógenos (Das *et al.*, 2019) mas tem longo registro de detecção em bioaerossóis em diferentes regiões e altitudes, incluindo ao longo do Oceano Atlântico. Apesar da maior frequência em massas de ar polares, a exposição a temperaturas diferentes pode induzir a esporulação, o que prolonga e favorece a sua permanência e transporte deste microrganismo para outros locais (PADY, 1954; SCEVKOVA *et al.*, 2016, DAMIALIS *et al.*, 2017).

O gênero de *Mucor* pode ser encontrado em todos os ambientes da natureza e frequentemente relacionado a contaminações laboratoriais (DRFUNGUS, 2000). Tem importância como base biotecnológica para processos de biorremediação em derramamento de petróleo, importante ferramenta em ambientes marinhos (NRIOR; JIRIGWA, 2017).

Espécies do gênero *Schizophyllum* são de ocorrência cosmopolita podendo ser encontradas em todas as áreas geográficas do mundo e está amplamente relacionado a raízes de plantas (COOKE, 1961). Além disso, segundo Niederpruem (1963) diferentes concentrações de gás carbônico podem afetar a reprodução de uma das espécies desse gênero.

Gráfico 2 – Porcentagem de gêneros identificados por cada ponto de coleta no oceano Atlântico Equatorial.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Estirpes do gênero *Aspergillus* foram encontrados nos pontos P1, P2 e P3. O gênero *Fonsecaea* foi encontrado nos pontos P2 e P3. Os gêneros *Rhodotorula* e *Acrophialophora* foram identificados apenas no ponto P2. *Schizophyllum*, *Stemphylium*, *Cladosporium* e *Chrysosporium* somente no ponto P3. *Mucor* só foi identificado no ponto P4.

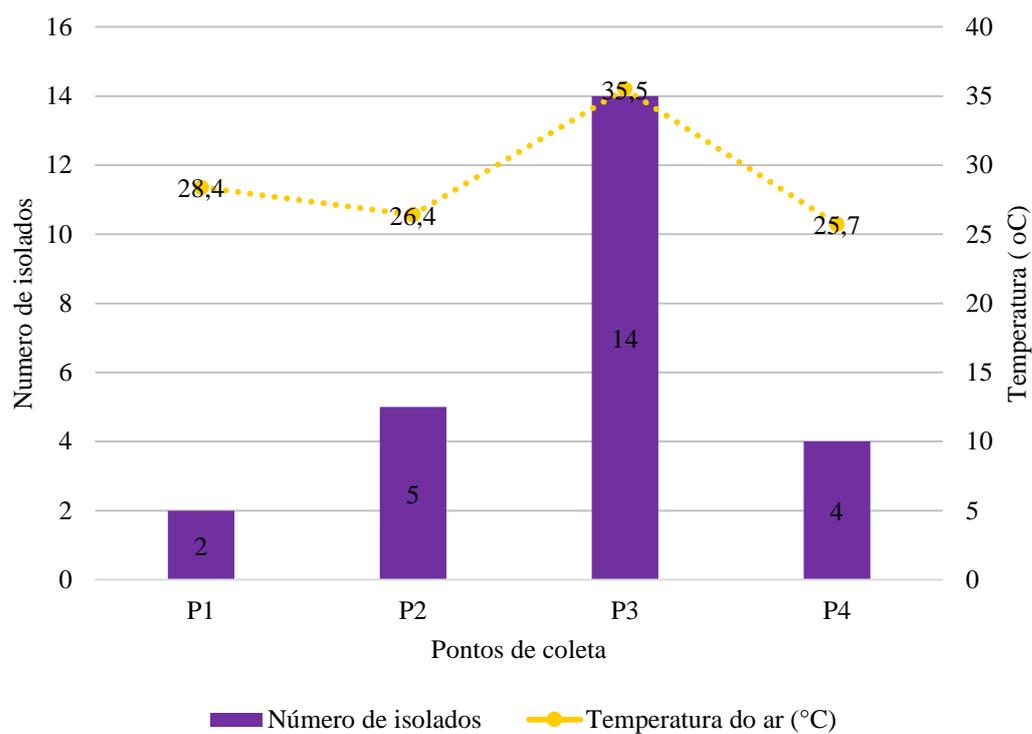
Conforme o gráfico 2, o ponto de coleta que teve maior pluralidade de gêneros encontrados foi o terceiro ponto de coleta (P3). O segundo ponto de coleta (P2) obteve uma variedade considerável nos gêneros encontrados. Já o primeiro ponto (P1) e os pontos finais (P4 e P5) compartilham de pouca variedade fúngica. Vale destacar que não foi possível reisolar estirpes fúngicas do último ponto de coleta (P5). A diversidade destes gêneros conforme o ponto de coleta encontrado será discutido mais a fundo no tópico 5.2 Parâmetros Meteoceanográficos.

## 5.2 Parâmetros Meteoceanográficos.

### 5.2.1 Temperatura do Ar

Durante as coletas, os valores de temperatura do ar apresentaram pouca variação (GRÁFICO 3), onde P3 foi o único ponto de amostragem que apresentou valor superior considerável (35,5° C).

Gráfico 3 – Medidas de temperatura do ar nos pontos e horários das coletas de bioaerossóis ao longo do oceano Atlântico equatorial.

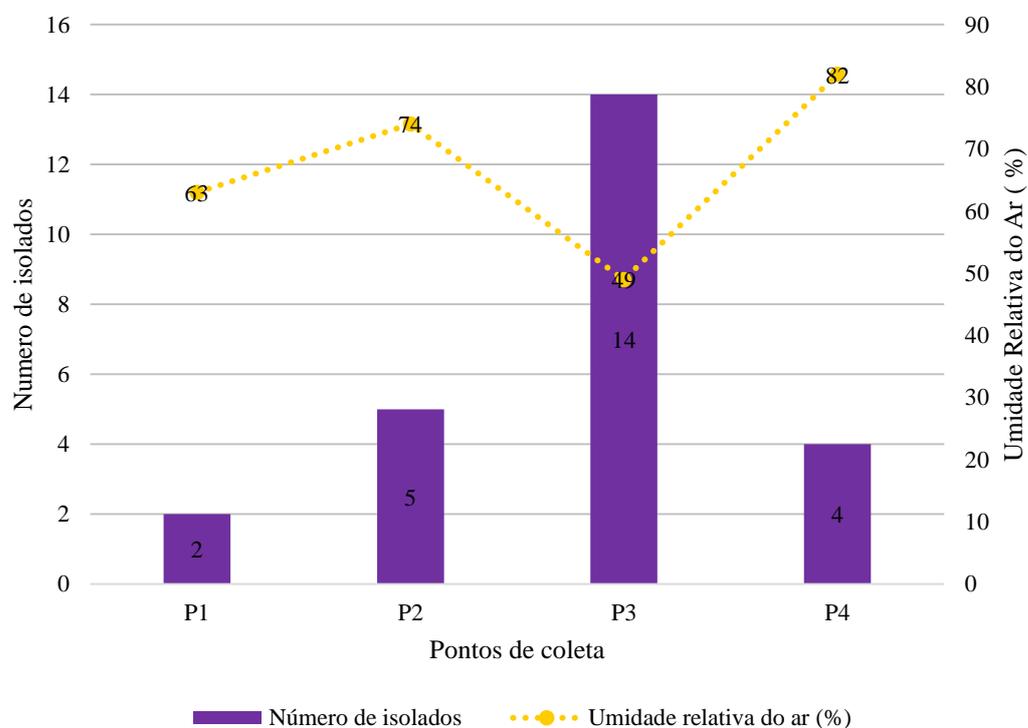


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

### 5.2.2 Umidade relativa do ar

A umidade do ar apresentou valores divergentes (GRÁFICO 4). P3 foi o local de coleta que apresentou o menor valor (49%), o maior valor obtido foi em P4, com 82% de umidade relativa. O P1 apresentou 63%, seguindo por 74% em P2 e 78% em P5.

Gráfico 4 – Medidas de Umidade relativa do ar em porcentagem nos pontos e horários das coletas de bioaerossóis ao longo do oceano Atlântico Equatorial.

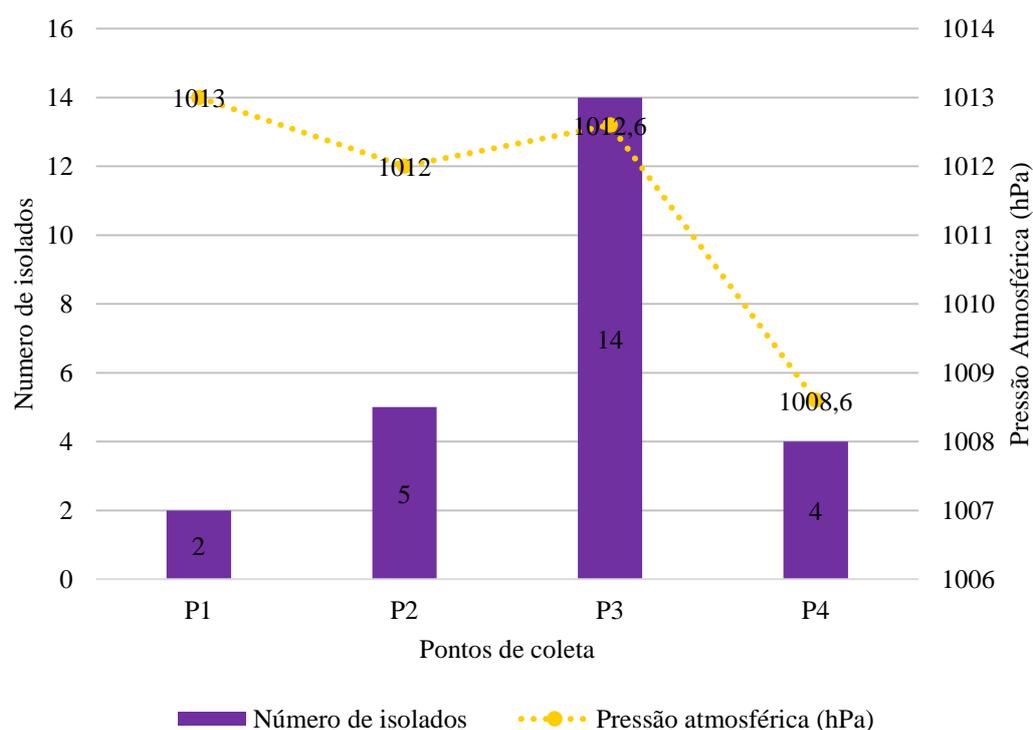


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

### 5.2.3 Pressão Atmosférica

Os dados coletados de pressão atmosférica apresentaram o maior valor em P1 (1013 hPa) e menor em P4 (1008,6 hPa). O segundo (P2) e terceiro (P3) ponto de coleta apresentam valores similares ao do ponto um (P1), 1012 hPa e 1012,6 hPa respectivamente (GRÁFICO 5).

Gráfico 5 – Medidas de pressão atmosférica do ar (hPa) nos pontos e horários das coletas de bioaerossóis ao longo do oceano Atlântico equatorial.

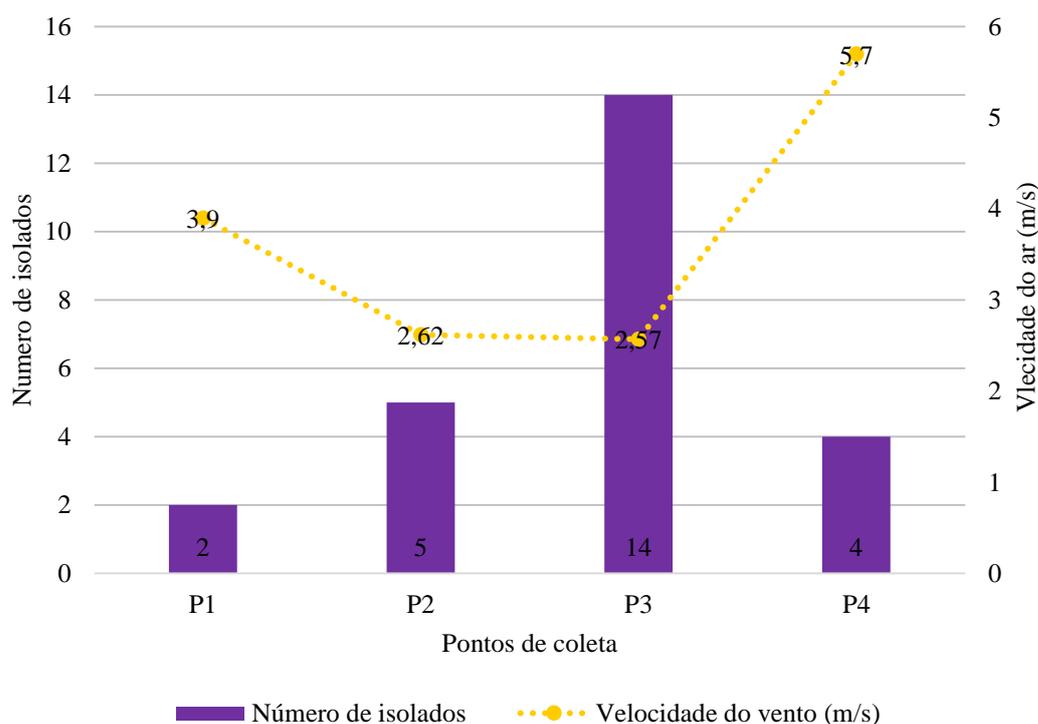


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

#### 5.2.4 Ventos

A velocidade dos ventos de maior valor durante as coletas foi em P4 que apresentou 5,7 (m/s). Os menores valores registrados foram no P3 com 2,57 (m/s), e em P2 com 2,62 (m/s). Os outros pontos, P1 (3,9 m/s) e P5 (4,16 m/s) apresentaram valores intermediários. (GRÁFICO 6).

Gráfico 6 – Medidas de velocidade do ar (m/s) nos pontos e horários das coletas de bioaerossóis ao longo do oceano Atlântico equatorial.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

### 5.2.5 Pontos de coleta.

Os parâmetros meteoceanográficos de cada ponto de coleta é capaz de influenciar na quantidade de microrganismos presentes no ar e, portanto, na quantidade de organismos coletados.

A partir dos gráficos do tópico 5.2 Parâmetros Meteoceanográficos é possível visualizar que em P3 foi onde se teve o maior número de estirpes fúngicas isoladas (14). O primeiro ponto (P1) apresentou 2 isolados, o segundo ponto (P2) 5 e o quarto ponto (P4) 4 isolados.

Menores valores de umidade relativa do ar estão relacionados a propagação de bioaerossóis mais efetiva, entrando em acordo com os resultados obtidos, onde, o ponto de coleta que apresentou menor porcentagem de umidade, foi o que apresentou maior número de isolados (P3) (QI *et al.*, 2014; ZHEN *et al.*, 2017).

Ademais, as parcelas de ar do vento são, de forma geral, responsáveis pela dispersão e transporte de materiais em suspensão, logo, pontos que apresentam maiores valores de

velocidade do ar, apresentam tendência de menores concentrações de partículas (ALVES, 2014; LISS; DUCE, 1997).

Dito isso, o terceiro ponto (P3), apresentou maior valor de isolados, foi o que apresentou menor velocidade do ar, indicando menor propagação de fungos e, logo, uma maior concentração de fungos nesse local. Destaca-se ainda que, o terceiro ponto (P3) foi o que apresentou não apenas maior número de isolados como também maior variedade de gênero dentre as estirpes identificadas (GRÁFICO 2).

E ainda, P2 foi o segundo ponto em variedade na porcentagem de gêneros (GRÁFICO 2), assim como também apresentou valores de velocidade do ar baixos (GRÁFICO 6), próximo ao menor valor encontrado (P3). Enfatizando assim, a possibilidade de influência desse parâmetro na dispersão e ocorrência de microrganismos nesse estudo.

Vale ressaltar ainda, que o ponto de coleta 3 (P3) foi o que apresentou maiores dados de temperatura do ar (GRÁFICO 3), indicando assim que maiores valores de temperaturas podem estar associados a maior concentração e eficiência da atividade enzimática fúngica. Resultados similares podem ser encontrados em Yu *et al.* (2013) e Li *et al.* (2011), onde, de forma geral, seus resultados indicam que valores de temperatura altos estão relacionados a maiores concentrações de microrganismos no ar.

Aponta-se ainda que, nesse trabalho, os valores de pressão atmosférica coletados não apresentaram variação considerável que influenciasse a ocorrência e distribuição fúngica.

É importante salientar ainda que, outras variáveis, como, correntes marítimas e mudanças climáticas podem ser relacionadas a mudanças na composição e quantidades de bioaerossóis.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fungos estão presentes como parte dos bioaerossóis marinhos no Atlântico equatorial. Dentre os gêneros já conhecidos em trabalhos anteriores pela presença nesse ambiente, *Aspergillus* continua sendo mais abundante.

A presença de *Acrophialophora*, *Rhodotorula* e *Chrysosporium* e a abundância predominante de *Fonsecaea* propõe que gêneros anteriormente não encontrados podem ser resultado de ações antrópicas como a circulação e tráfego de embarcações.

A existência desses no ambiente em questão é de grande importância devido, sobretudo, a capacidade patogênica que têm, podendo ser um risco de impacto ambiental direto ou indireto a quaisquer espécimes existentes.

A alternância nas abundâncias e locais de presença dos gêneros *Cladosporium* e *Stemphylium* pode ser devido a susceptibilidade desses gêneros a mudanças de variáveis ambientais como o aumento temporal da temperatura e emissões de gás carbônico. Vale destacar, ainda que, a variabilidade desses gêneros pode ser natural e temporalmente.

Os parâmetros meteoceanográficos, como temperatura e umidade do ar e velocidade do vento, e também a oscilação ou mudança destes influenciam a abundância e composição da microbiota no oceano Atlântico Equatorial. O ponto de amostragem com maior número de isolados foi o que apresentou maior valor de temperatura e velocidade do vento, e menor valor de umidade do ar.

Destaca-se ainda a possibilidade de influência de outras variáveis ambientais e parâmetros meteoceanográficos na composição e abundância de fungos presentes em bioaerossóis.

Em conclusão, se enfatiza a importância da microbiota presente nos bioaerossóis e também na microcamada superficial oceânica, tendo em vista a conexão entre esses dois componentes, para numerosos ciclos biogeoquímicos e, portanto, sua relevância global. Por fim, a seriedade da necessidade de mais estudos com enfoque no tema abordado.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, J. O. **Avaliação da qualidade microbiológica do ar interno em diferentes ambientes em um instituto de ensino e pesquisa**. 2016. 65p. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso Bacharelado em Ciências Ambientais, 2016.
- AGOGUÉ, H. *et al.* Comparison of samplers for the biological characterization of the sea surface microlayer. **Limnology and Oceanography: Methods**. v. 2, p. 213-225, 2004.
- ALLER, J.Y. *et al.* The sea surface microlayer as a source of viral and bacterial enrichment in marine aerosols. **Journal Aerosol Science**. v. 36, p.801-812, 2005.
- ALVES, C.A. Química entre a microcamada superficial oceânica e os aerossóis marinhos. **Química Nova**. v. 37, n. 8, p. 1382-1400, 2014.
- AKSAY, C.S.; KETENOGLU, O.; KURT, L. Global Warming and Climatic Change. **Universitesi Fen Edebiyat Fakultesi Fen Dergisi**. v. 25, p. 29-41, 2005.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332p.
- BURCH, M.; LEVETIN, E. Effects of meteorological conditions on spore plumes. **International Journal of Biometeorology**. v. 46; n. 3; p. 107-117. 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/11194237\\_Effects\\_of\\_meteorological\\_conditions\\_on\\_spore\\_plumes](https://www.researchgate.net/publication/11194237_Effects_of_meteorological_conditions_on_spore_plumes). Acesso em: 10 out 2020.
- CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. **Introdução às Ciências do Mar**. Pelotas, RS: Ed. Textos, 2015, 602 p.
- CETER, T. Effects of global-warming and climate-changes on atmospheric fungi spores distribution. **Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C: Biology**. Ankara University Faculty of Sciences. v. 27, n. 2, p. 263-272. 2018.
- CUNLIFFE, M.; GODDARD, R. C. U.; MURREL J. C. Microbiology of aquatic surface microlayers. **FEMS Microbiology Reviews**. v. 35, p. 233-246, 2011.
- CUNLIFFE, M. *et al.* Sea surface microlayers: A unified physicochemical and biological perspective of the air-ocean interface. **Progress in Oceanography**.v.109, p. 104-116, 2013.
- COELHO, R. A. **Susceptibilidade de *Fonsecaea* spp. aos antifúngicos: relações com a produção de melanina fúngica, associação de fármacos e aspectos clínicos dos Pacientes**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/26502/2/rowena\\_coelho\\_ini\\_mest\\_2017.pdf](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/26502/2/rowena_coelho_ini_mest_2017.pdf). Acesso em: 5 out 2020.
- COOKE, W. B. The Genus *Schizophyllum*. **Mycologia**. v. 53, n.6, p. 575-599. 1961.

- CORDEIRO, R. A. **Pocket Guide to Mycological Diagnosis**. Ed: CRC Press, 2019, 157 p.
- DAMIALIS, A. *et al.* Estimating the abundance of airborne pollen and fungal spores at variable elevations using an aircraft: how high can they fly? **Scientific Reports**. v.7, 2017.
- DAS, A. *et al.* Current Knowledge on Pathogenicity and Management of *Stemphylium botryosum* in Lentils (*Lens culinaris* ssp. *culinaris* Medik). **Pathogens**. v. 8, n.4. 2019.
- DIGHTON, J.; WHITE, J. F.; OUDEMANS, P. **A comunidade fúngica: sua organização e papel no ecossistema**. 3. Ed. Boca Raton, Flórida: CRC Press, 2005.
- FULTON, J. D. Microorganisms of the upper atmosphere: IV. Microorganisms of a land air mass as It traverses an ocean. **Applied microbiology**. v. 14, n. 2, p. 241-244. 1996.
- GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. Cengage Learning, São Paulo. 2010. 426p.
- HARD, J. T. The Sea Surface Microlayer: Biology, Chemistry and Anthropogenic Enrichment. **Progress in Oceanography**. v. 11, p.307-328, 1982.
- HYDE, K. D. *et al.* Role of fungi in marine ecosystems. **Biodiversity and Conservation**. v. 7, p. 1147-1161. 1998.
- JONES, E. B. G. Are there more marine fungi to be described? **Botanica Marina**. v. 54, p. 343-354. 2011.
- KIRK, P. M. *et al.*, **Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi**. 10ed. CABI Publishing. 2008.
- KOHLMEYER, J.; KOHLMEYER, E. **Marine Mycology: The Higher Fungi**. Academic Press, Londres, 1979.
- LEEUW, G. *et al.* Ocean–Atmosphere Interactions of Particles. *In*: LISS Peter, JOHNSON M.T. **Ocean-Atmosphere Interactions of Gases and Particles**. 1ed. Springer. 2014. p. 172-247.
- LISS, P. S.; DUCE, R. A. **The sea surface and global change**. Cambridge University Press: Cambridge, 1997.
- LI, M. *et al.* Concentration and size distribution of bioaerosols in an outdoor environment in the Qingdao coastal region. **Science of The Total Environment**. v. 409, n. 19, p. 3812-3819. 2011.
- MADIGAN, M.T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. 12. ed. Porto Alegre. Artmed. 2010. 1160p
- NRIOR, R. R.; JIRIGWA, C. C. Comparative bioremediation potential of *Mucor racemosus* and *Paecilomyces variotii* on crude oil spill site in Gio Tai, Ogoni land. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)**. v. 11, n. 10, p. 49-57. 2017.

MORAES, S. O. C. **Caracterização da Corrente Norte do Brasil na região da retroflexão**. 2011. 81f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2011.

Mycoses Study Group Education and Research Consortium. **Doctor Fungus**. 2000. Disponível em: <https://drfungus.org/>. Acesso em: 7 out 2020.

NIEDERPRUEM, D. J. Role of carbon dioxide in the control of fruiting of *Schizophyllum commune*. **Journal of Bacteriology**. v.85, n. 6, p. 1300-1308. 1963.

NOWOISKY, J. FRÖHLICH *et al.*, Biogeography in the air: fungal diversity over land and oceans. **Biogeosciences**. v. 9, p. 1125-1136, 2012.

NUNEZ, C. **Causes and effects of climate change**. 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/global-warming-overview/>. Acesso em: 5 out 2020.

OLIVEIRA, J. C. **Atlas de Micologia Médica**. Colônias. 2013. Disponível em: [https://controllab.com/pdf/atlas\\_micologia\\_colonias.pdf](https://controllab.com/pdf/atlas_micologia_colonias.pdf). Acesso em: 5 out 2020.

PADY, S. M.; KAPICA L. Fungi in Air Over the Atlantic Ocean, **Mycologia**. v. 47, n.1, p. 34-50, 1955.

PADY, S. M.; KELLY, C. D. Aerobiological studies of fungi and bacteria over the Atlantic Ocean, **Canadian Journal of Botany**. v. 32, n.1, p. 202-212, 1954.

PASQUARELLA, C. *et al.* A mobile laminar airflow unit to reduce air bacterial contamination at surgical area in a conventionally ventilated operating theatre. **Journal of Hospital Infection**. v. 66, n. 4, p. 313-319, 2007.

PASQUARELLA, C.; PITZURRA, O.; SAVINO, A. The index of microbial air contamination. **Journal of hospital infection**. v. 46, n. 4, p. 241-256, 2000.

PEARCE, D. A. *et al.* Microorganisms in the atmosphere over Antarctica. **FEMS Microbiology Ecology**. v. 69, p. 143-157, 2009.

QI, J. *et al.* Seasonal distribution of bioaerosols in the coastal region of Qingdao. **Journal of Ocean University of China**. v. 13, n. 1, p. 57-65, 2014.

RAGHUKUMAR, S. **Fungi in Coastal and Oceanic Marine Ecosystems**. 1 ed. Springer. 2017.

SANDOVAL-DENIS, M. *et al.*, *Acrophialophora*, a Poorly Known Fungus with Clinical Significance. **Journal of Clinical Microbiology**. v. 53, n. 5, p. 1549-1555. 2015.

SCEVKOVA, J. *et al.* The effects of recent changes in air temperature on trends in airborne *Alternaria*, *Epicoccum* and *Stemphylium* spore seasons in Bratislava (Slovakia). **Aerobiologia**. v. 32, p. 69-81. 2016.

SIDRIN, J. J.; ROCHA, M. F.; **Micologia médica à luz de autores contemporâneos**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2012.

TISTHAMMER, K. H.; COBIAN, G. M; AMEND, A. S. Global biogeography of marine fungi is shaped by the environment. **Fungal Ecology**. v. 19, p. 39-46, 2015.

TOMÉ, R.; MARQUES. G. **Atlas Micologia**. Grupo de Estudo de Micologia Médica. Disponível em: <<http://atlasmicologia.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 2 out. 2020

YAO, M. *et al.* Bioaerosol: A bridge and opportunity for many scientific research fields. **Journal of Aerosol Science**. v. 115, p. 108-112, 2018

YU, J. *et al.* Concentration and Size Distribution of Fungi Aerosol over Oceans along a Cruise Path during the Fourth Chinese Arctic Research Expedition. **Atmosphere**. v. 4, p. 337-348, 2013.

XIONG X. *et al.* Effects of culture conditions on ligninolytic enzymes and protease production by *Phanerochaete chrysosporium* in air. **Journal of Environmental Sciences**. v. 20, p. 94-100, 2008.

ZHEN, Q. *et al.* Meteorological factors had more impact on airborne bacterial communities than air pollutants. **Science of Total Environment**.v.601-602, p. 703-712, 2017.

ZIAEE, A.; ZIA, M.; GOL, M. Identification of saprophytic and allergenic fungi in indoor and outdoor environments. **Environmental Monitoring and Assessment**. v.190, 2018.