



**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR ATMOSFÉRICO NO MUNICÍPIO DE  
CAMBORIÚ/SC**

**Amanda Geraldo Andrighi  
Yasmin Maisa Wachholz  
Yohanam Igor Spagnol Rech**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CATARINENSE  
CÂMPUS CAMBORIÚ  
2019**

# DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR ATMOSFÉRICO NO MUNICÍPIO DE CAMBORIÚ/SC

AMANDA GERALDO ANDRIGHI<sup>1</sup>

YASMIN MAISA WACHHOLZ<sup>2</sup>

YOHANAM IGOR SPAGNOL RECH<sup>3</sup>

1. Bolsista de Iniciação Científica – Curso Técnico em Controle Ambiental Integrado ao Ensino Médio – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Camboriú. E-mail: andrighi1@gmail.com. Telefone: (47) 99630-8555.
2. Curso Técnico em Controle Ambiental Integrado ao Ensino Médio – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Camboriú. E-mail: yaya.wach@gmail.com. Telefone: (47) 99759-5185
3. Curso Técnico em Controle Ambiental Integrado ao Ensino Médio – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Camboriú. E-mail: yohanam1107@hotmail.com. Telefone: (47) 99773-2028

Orientadora:

Dr<sup>a</sup>. Letícia Flohr

leticia.flohr@ifc.edu.br

(47) 2104-0851

Co-orientador:

Joeci Ricardo Godoi

joeci.godoi@ifc.edu.br

(47) 2104-0889

AMANDA GERALDO ANDRIGHI  
YASMIN MAISA WACHHOLZ  
YOHANAM IGOR SPAGNOL RECH

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR ATMOSFÉRICO NO MUNICÍPIO DE  
CAMBORIÚ/SC**

Este relatório de pesquisa foi apresentado e aprovado com a finalidade de participação em feiras de ciência e tecnologia de ensino médio e técnico.

Camboriú, 10 de setembro de 2019.

---

Nome do orientador

---

Nome do coorientador

AMANDA GERALDO ANDRIGHI  
YASMIN MAISA WACHHOLZ  
YOHANAM IGOR SPAGNOL RECH

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR ATMOSFÉRICO NO MUNICÍPIO DE  
CAMBORIÚ/SC**

Este relatório de pesquisa foi aprovado para apresentação na Mostra de Criatividade em Ciências, Artes e Tecnologia – MOSTRATEC, promovida pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos aos orientadores por sua ajuda em todas as etapas do projeto e por não desistir de nós.

Agradecemos ao professor Thiago por todas caronas, entender matemática e docinhos.

Agradecemos ao IFC - *Campus* Camboriú que nos concedeu bolsa interna para realização da pesquisa, e agora nos auxilia novamente com o auxílio estudantil para possibilitar a apresentação na MOSTRATEC.

## RESUMO

A qualidade do ar reflete no cotidiano do ser humano, sendo fundamental à sua saúde. Além disso, a poluição atmosférica também prejudica os organismos, o ecossistema e o clima. O material particulado atmosférico está associado a efeitos adversos à saúde humana e, conforme estimativas da Organização Mundial de Saúde, a poluição atmosférica foi responsável pela morte de 3,7 milhões de pessoas ao redor do mundo no ano de 2012. Dentro deste contexto, Camboriú apresenta alto fluxo de automóveis, podendo ser um fator contribuinte para as emissões de poluentes, gerando um fator de risco à saúde da população local. Assim, esta pesquisa tem por tema diagnosticar o nível de poluição atmosférica no município de Camboriú/SC, através do monitoramento de material particulado (MP) e do Índice de Pureza Atmosférica (IPA) pelo biomonitoramento com líquens. Foram realizadas coletas periódicas semanais de MP<sub>10</sub> com o uso do Amostrador de Grandes Volumes (AGV) conforme a NBR 9547 de 1997, no período entre 2016 e 2019. Os líquens foram avaliados através do Índice de Pureza Atmosférica pelo método de abundância de espécies descrita por Nimis, na metodologia de Ferreira, uma avaliação quantitativa da taxa de contaminação atmosférica, baseando-se no número, frequência e cobertura das espécies. Os resultados demonstraram que a concentração de MP<sub>10</sub> ultrapassa os limites anuais estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde de 20 µg/m<sup>3</sup>/ano nos anos avaliados, e a contaminação do ar na cidade, conforme o IPA, encontra-se no nível médio-moderado, apresentando uma média qualidade do ar.

**Palavras-chave:** Líquens. Poluição atmosférica. Biomonitoramento. MP<sub>10</sub>.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa georreferenciado da localização do Amostrador de Grandes Volumes de Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> ) e pontos de amostragem.....	16
Figura 2: Desenho esquemático do AGV-MP <sub>10</sub> .....	17
Figura 3: AGV-MP <sub>10</sub> (com porta aberta), fluxo de sucção do ar.....	18
Figura 4: Exemplo de <i>Reticulum</i> , rede utilizada para contagem de líquens.....	19
Figura 5: Exemplo de cálculo de frequência de líquens na rede.....	20

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: exemplo do cálculo do Índice de Pureza Atmosférica de uma estação de amostragem.....	20
Quadro 2: classificação da qualidade do ar pelo método IPA.....	21
Tabela 1: Médias e desvio-padrão das concentrações de $MP_{10}$ nos anos 2016, 2017, 2018 e 2019, no município de Camboriú/SC.....	22
Tabela 2: Índice de Pureza Atmosférica – IPA e desvio padrão dos pontos de amostragem 1 a 4 do município de Camboriú.....	22

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS**

AGV - Amostrador de Grandes Volumes.

MP - Material Particulado.

MP<sub>10</sub> - Material particulado com 10 micrômetros de diâmetro.

IPA - Índice de Pureza Atmosférica.

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu\text{m}$  - micrômetros

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1 Tema	12
1.2 Justificativa	12
1.4 Hipóteses	13
1.5 Objetivos	13
<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>16</b>
2.1. Local do estudo e pontos de amostragem	16
2.2. Coleta e determinação do MP10	16
2.3. Amostragem de líquens para cálculo do IPA (Índice de Poluição Atmosférica)	19
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>22</b>
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>23</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>25</b>
Anexo 1 - Cálculo do IPA - Índice de Poluição Atmosférica	26

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Tema

A pesquisa tem por tema o diagnóstico da poluição atmosférica no município de Camboriú/SC, utilizando o monitoramento de material particulado (MP) e do biomonitoramento de líquens, usando a metodologia do Índice de Pureza Atmosférica conforme Ferreira (2008).

## 1.2 Justificativa

A poluição atmosférica é a presença produtos químicos na atmosfera, em concentrações suficientes para prejudicar, principalmente, organismos e ecossistemas. Dentro deste contexto, considerando que a cidade de Camboriú apresenta características de cidade dormitório, as taxas de emissões de poluentes por conta do alto fluxo de automóveis e atividades antrópicas, apresentam risco à população local. Desta maneira, verifica-se a importância do monitoramento para o controle e determinação do nível de poluição atmosférica do município.

Um dos parâmetros utilizados no monitoramento de qualidade do ar é o  $MP_{10}$ , partículas com diâmetro de 10 micrômetros ( $\mu m$ ), provenientes da ressuspensão de poeira de solo e das cinzas de combustão. Essas partículas são inaladas pelo sistema respiratório e podem acumular-se nas vias respiratórias superiores, agravando problemas respiratórios e em altas concentrações podem alterar o clima.

Assim, após determinar o nível de poluição atmosférica em Camboriú poderá ser realizado um levantamento dos possíveis fatores agravantes. Uma vez designados, possibilita gerir ações que contribuam para a diminuição da poluição, visando diminuir os efeitos na saúde da população, vegetação e clima local.

## 1.3 Problema

A crescente poluição atmosférica ocasionada pela ação antrópica, principalmente devido ao fluxo intenso de veículos, juntamente com a ineficiência da atuação do município nesta área e o mal planejamento das vias públicas salientam a emissão de poluentes, fomentando a problemática da poluição atmosférica em

Camboriú, podendo ser um agravante da saúde pública do município e no clima local.

#### 1.4 Hipóteses

- Os limites anuais de concentração de material particulado atmosférico ( $MP_{10}$ ) estabelecidos pela OMS serão ultrapassados no município de Camboriú/SC.
- A alta concentração de  $MP_{10}$  afeta o desenvolvimento de líquens, e o Índice de Poluição Atmosférica (IPA) pode demonstrar quantitativamente estes efeitos.
- O município de Camboriú/SC apresenta baixa qualidade do ar devido à alta concentração média anual de  $MP_{10}$  o que pode ser verificado também através do IPA.

#### 1.5 Objetivos

A pesquisa tem por objetivo diagnosticar o nível de poluição atmosférica no município de Camboriú/SC, através do monitoramento de material particulado (MP) e do biomonitoramento de líquens, usando a metodologia do Índice de Pureza Atmosférica conforme Ferreira (2008).

#### 1.6 Revisão Bibliográfica

Quando olhamos para o céu, vemos um ambiente aparentemente limpo, impoluto. Porém, a olho nu não enxergamos a concentração dos poluentes que estão presentes em nossa atmosfera, nem percebemos quais efeitos eles podem ter em nossa saúde e qualidade de vida.

O ar puro, composto apenas de oxigênio e hidrogênio, não existe na natureza. Ele está sempre misturado com outros gases, partículas líquidas ou sólidas (MOUVIER, 1997).

Segundo Miller e Spoolman (2015), a poluição atmosférica é a presença de produtos químicos na atmosfera, em concentrações altas o suficiente para prejudicar organismos, ecossistemas, materiais e alterar o clima .

Os poluentes do ar vêm de fontes naturais e antrópicas. As fontes naturais incluem poeira, poluentes de incêndio, erupções vulcânicas, tempestades de areia e

produtos químicos orgânicos voláteis liberados por algumas plantas. A maioria dos poluentes do ar naturais é removida por ciclos de produtos químicos, precipitação e gravidade (MILLER; SPOOLMAN, 2015).

A contaminação atmosférica proveniente de atividades humanas, dá-se pelos resíduos poluentes descarregados constantemente no ar em quantidades prejudiciais aos organismos, como os gases emanados de indústrias, fumaças de chaminés domésticas, depósitos de lixo urbanos e gases de carros movidos à combustíveis fósseis (CURRY-LINDAHL, 1972).

Do ponto de vista da poluição global, o material particulado atmosférico (MP) afeta o clima do planeta através da dispersão e absorção da radiação solar, atuando como núcleo de condensação nos processos de formação de nuvens (FREITAS, SOLCI; 2009). E segundo a Organização Mundial da Saúde, no relatório de Carga de doenças devido a poluição do ar (WHO, 2014), o Material Particulado está associado a efeitos adversos à saúde humana e conforme estimativas a poluição atmosférica, incluindo o MP, foi responsável pela morte de 3,7 milhões de pessoas ao redor do mundo no ano de 2012.

O MP pode ser emitido por fontes primárias ou ser formado na atmosfera de maneira secundária, a partir de reações com outros componentes atmosféricos (BRITO; SODRÉ; ALMEIDA, 2018). Sua composição pode variar em função de suas origens, podendo apresentar íons e metais, este último proveniente de atividades Industriais e emissões do tráfego (WHO, 2006).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos define o Material Particulado (MP) como uma mistura de partículas sólidas e gotículas de líquido suspensas no ar, sendo classificado conforme os tamanhos das partículas, variando entre 0,002 à 500 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ), ao tempo de residência na atmosfera e ao nível de penetração no sistema respiratório humano (USEPA, 2016).

Um dos parâmetros mais utilizados no monitoramento da qualidade do ar é o  $\text{MP}_{10}$ , partículas inaláveis com diâmetro de  $10\mu\text{m}$ , demorando entre 3 à 4 dias para realizar sua deposição, a uma altura de 1 km. São consideradas partículas grossas, podendo penetrar no sistema respiratório humano até a laringe (BRITO; SODRÉ; ALMEIDA, 2018).

Conforme Freitas e Solci (2009), partículas inaláveis grossas têm origem nos processos mecânicos, como ressuspensão de poeira de solo e das cinzas de combustão. Ademais, as partículas grossas podem acumular-se nas vias respiratórias superiores, agravando problemas respiratórios.

Outra maneira de se analisar a poluição atmosférica é com o uso de bioindicadores, que permitem uma avaliação da qualidade do ambiente, inclusive com diagnósticos precoces, quando os efeitos visuais (macroscópicos) ainda não são evidentes, mesmo com a interferência humana no ambiente através da emissão de poluentes (GONÇALVES, 2007).

O biomonitoramento define-se como um método experimental indireto de se verificar a existência de poluentes em uma determinada região, utilizando-se de organismos vivos que respondem ao estresse causado pela poluição, apresentando modificações nos ciclos vitais ou acumulando os elementos poluentes (RAPOSO JUNIOR; RÉ-POPPI; HONDA, 2007).

Um dos bioindicadores mais utilizados são os líquens: associações simbióticas entre algas e fungos que incorporam facilmente altos níveis de poluentes (AHMADJIAN, 1993). Os líquens apresentam crescimento lento e mantém uniformidade morfológica durante o ciclo de vida (RAPOSO JUNIOR; RÉ-POPPI; HONDA, 2007).

São utilizados especialmente como bioindicadores de poluição atmosférica por não dependerem de um sistema radicular para absorver nutrientes, e por suas cutículas geralmente ausentes ou reduzidas. Por isso incorporam facilmente altos níveis de poluentes (PILEGAARD, 1978).

Para monitoração da poluição aérea, o uso de líquens observados em troncos de árvores é mais adequado devido a sua maior ocorrência neste tipo de substrato e menor influência do acúmulo de elementos do solo (AGUIAR, 2007). As cascas de árvores não interferem nos teores de elementos dos líquens, uma vez que este substrato apresenta concentrações de elementos muito baixas ou da mesma ordem de grandeza dos líquens (AGUIAR, 2007).

O Índice de Poluição Atmosférica – IPA possibilita realizar uma avaliação quantitativa da taxa de contaminação atmosférica, com base na diversidade de espécies de líquens epífitos presentes numa determinada área (DESLOOVER e

LEBLANC, 1968).

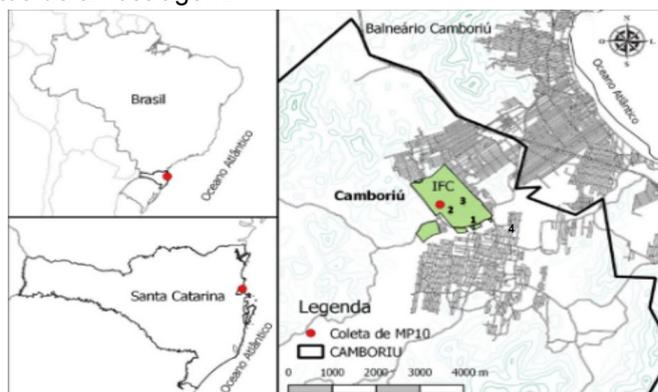
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Local do estudo e pontos de amostragem

Este trabalho foi realizado no município de Camboriú, Santa Catarina, Brasil. O município possui uma população estimada de 80.834 habitantes, possuindo uma densidade demográfica superior a 290 hab/km<sup>2</sup> e uma frota veicular de 52.308 veículos (IBGE, 2018).

Na Figura 1 pode-se observar a localização dos pontos utilizados para coleta dos dados. Para coletar o MP<sub>10</sub> utilizou-se o Amostrador de Grandes Volumes (AGV). Os líquens foram observados em 4 pontos, escolhidos conforme a interferência de atividades antrópicas. O ponto 1 localiza-se na rua Joaquim Garcia; o ponto 2 localiza-se ao lado de um bloco de sala de aulas dentro do IFC - Camboriú; o ponto 3 nas caixas de água do campus e o ponto 4 na Rua Getúlio Vargas, ao lado da Prefeitura de Camboriú.

**Figura 1:** Mapa georreferenciado da localização do Amostrador de Grandes Volumes de Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>) e pontos de amostragem.

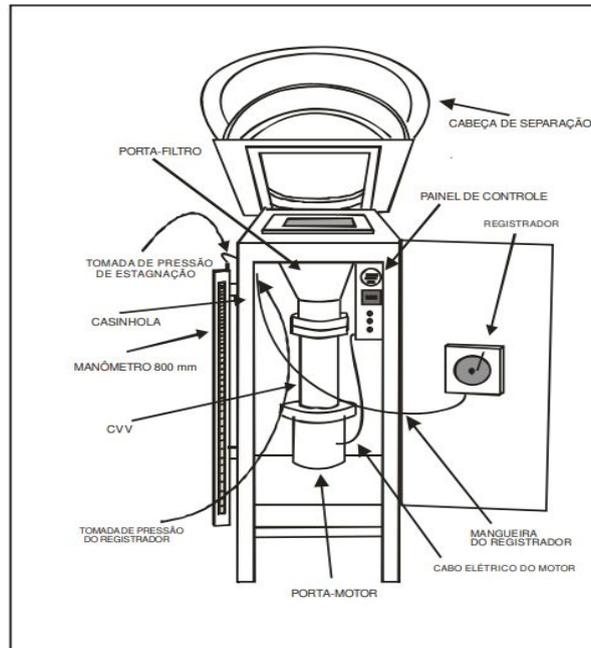


**Fonte:** Arquivo próprio.

### 2.2. Coleta e determinação do MP<sub>10</sub>

As concentrações de MP<sub>10</sub> foram determinadas de acordo com a ABNT NBR 9547 de 1997, a partir de coletas realizadas duas vezes por semana, utilizando um amostrador de grande volume para partículas de até 10µm da marca Energética, modelo AGV-MP<sub>10</sub>, como ilustra a figura 2.

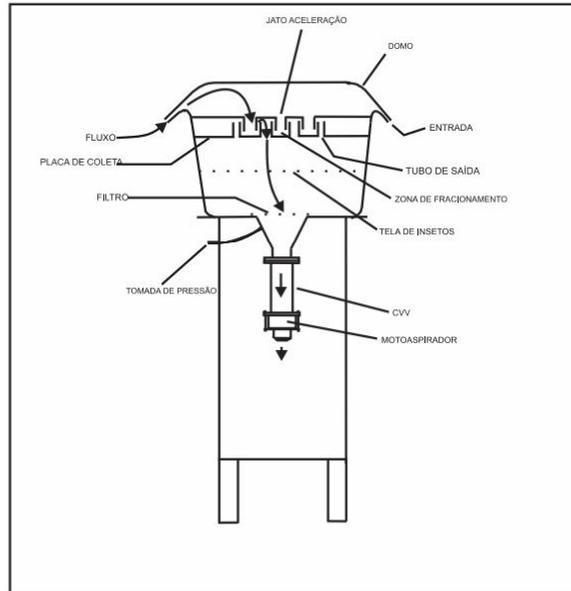
**Figura 2:** Desenho esquemático do AGV-MP<sub>10</sub>.



**Fonte:** ENERGÉTICA, 2016..

O amostrador succiona o ar do ambiente através de um filtro de microfibras de vidro, demonstrado na figura 3, com tamanho de 20,32 x 25,40cm, por um período de 24 horas. A vazão de sucção do equipamento é controlada, através de um manômetro localizado na lateral do amostrador, conforme indicado na figura 2. O tempo de coleta é programado através do timer, que ativa e desativa o equipamento conforme a programação, e controlado pelo horômetro, que informa o período em centésimo da hora, possibilitando a maior precisão da duração do período de coleta. O volume de ar coletado é dado pela vazão medida e o tempo de coleta.

**Figura 3:** AGV-MP<sub>10</sub> (com porta aberta), fluxo de sucção do ar.



**Fonte:** ENERGÉTICA, 2016, adaptado.

Para o cálculo da concentração de MP<sub>10</sub> foram verificados também o coeficiente de variação da vazão volumétrica, a quantidade em massa de material particulado coletado, obtida através da diferença entre o peso do filtro antes e depois coleta, a temperatura e a pressão atmosférica, obtidas no site do CPTEC (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos).

Os filtros são pesados antes das coletas utilizando uma balança semi-analítica, identificados e embalados, para que não entrem em contato com o meio externo, evitando que entra em contato com substâncias que possam alterar sua massa inicial, como a poeira. Em campo, foi verificado a funcionalidade do AGV-MP<sub>10</sub>, após isso o filtro foi colocado no equipamento e coletou-se os dados iniciais do horâmetro e do manômetro. Após vinte e quatro horas de coleta, foram retirados os dados finais do horâmetro e do manômetro no equipamento, e, posteriormente, retirado o filtro.

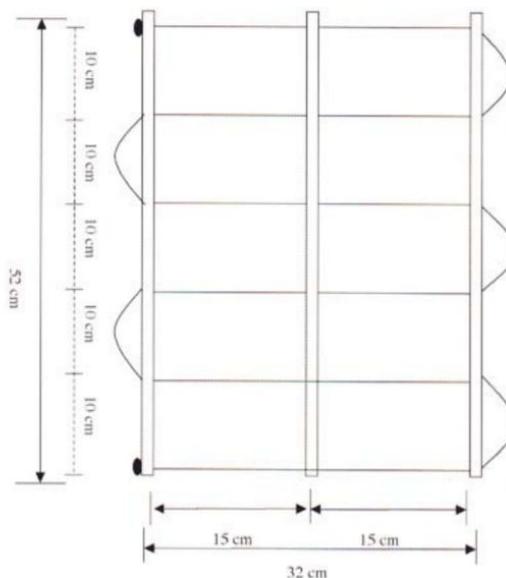
Os filtros coletados foram encaminhados para acondicionamento em uma sala com temperatura ambiente (25°C). Após vinte e quatro horas em acondicionamento, os filtros foram pesados para determinação da concentração de material particulado coletado.

### 2.3. Amostragem de líquens para cálculo do IPA (Índice de Poluição Atmosférica)

Foram selecionados 4 pontos de amostragem e 5 unidades da mesma espécie de árvore (*Archontophoenix cunninghamiana*) em cada ponto, as árvores deverão possuir diâmetro entre 70 cm a 1 m. Os líquens foram observados a uma distância entre 1,20 a 1,60 m do solo, contabilizados e fotografados para identificação através de comparações visuais entre imagens com base em referências bibliográficas (COCCARO, 2001; CHAPARRO e AGUIRRE, 1995).

Utilizou-se o método de abundância de espécies descrita por Nimis (1999) na metodologia de FERREIRA (2008), adaptada. Assim, foi produzida uma rede (Figura 2) denominada *Reticulum*, que foi posicionada em cima do lado do tronco que possuía maior quantidade de líquens. A rede foi confeccionada com materiais reciclados, possuindo tamanho de 30x50cm, subdividida em 10 quadrantes de 15x10cm, como ilustrada na figura 4.

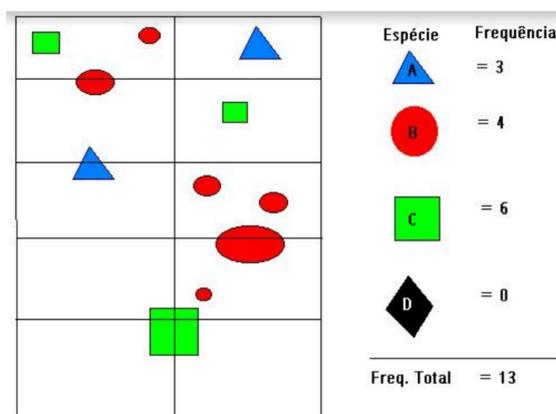
**Figura 4:** Exemplo de *Reticulum*, rede utilizada para contagem de líquens.



**Fonte:** FERREIRA, 2008.

A cada uma das espécies presentes na área coberta pelo *reticulum* assinalou-se o valor de frequência de 1 a 10, em função do número de quadrantes em que estavam presentes e somou-se as frequências de todas as espécies presentes. A figura 5 exemplifica o cálculo do IPA.

**Figura 5:** Exemplo de cálculo de frequência de líquens na rede.



Fonte: FERREIRA, 2008.

O valor do IPA, indica indiretamente a cobertura líquênica na área do inventário e diretamente a diversidade das espécies, assim, calculou-se o IPA para cada inventário e posteriormente foi calculado a média aritmética de cada ponto (quadro 1) de amostragem. Aplicando estas médias na tabela de valores de correlação, conforme o quadro 2, faz-se possível determinar o nível do Índice de Pureza Atmosférica de cada estação, e com a média geral das 4 estações, do município de Camboriú.

Deste modo, a avaliação qualitativa foi transformada em uma avaliação quantitativa.

**Quadro 1:** Exemplo do cálculo do Índice de Pureza Atmosférica de uma estação de amostragem.

Espécie líquênica	Forófitos				
	F1	F2	F3	F4	F5
<i>Quadrado amarelo</i> <i>Flavoparmelia carperata</i>	4	8	2	7	5
<i>Triângulo rosa</i> <i>Lepraria incana</i>	6	4	3	3	5
<i>Estrela vermelha</i> <i>Lepraria incana (verde)</i>	0	0	0	0	0
<i>Retângulo verde</i> <i>Chrysothrix</i>	0	0	0	0	0

<i>chlorina</i>						
<i>Círculo roxo Physcia tenella</i>	0	0	0	0	0	
<i>Círculo vermelho Lecanora expallens</i>	5	3	2	4	4	
<i>Triângulo verde Diploicia canescens</i>	0	1	0	0	2	
<i>Losango azul Parmelia tiliacea</i>	6	9	10	6	10	
<b>FREQUÊNCIA</b>	21	25	17	20	26	21,8

Fonte: Arquivo próprio.

**Quadro 2:** classificação da qualidade do ar pelo método IPA.

IPA	Contaminação do ar	Qualidade do ar
IPA <1	Extremamente alta	Péssima
1 ≤ IPA < 4	Muito alta	Muito má
4 ≤ IPA <8	Alta	Má
8 ≤ IPA <13	Média-alta	Medíocre
13 ≤ IPA <19	Média	Baixa
19 ≤ IPA <26	Média-moderada	Média
26 ≤ IPA <34	Moderada	Discreta
34 ≤ IPA <43	Baixa	Boa
IPA ≥ 43	Muito baixa	Muito boa

Fonte: FERREIRA, 2008.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu padrões para os níveis de concentração de material particulado em suspensão na atmosfera, sendo os valores máximos de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{ano}$  e 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{dia}$  (WHO, 2006). Observa-se que todas as médias anuais ultrapassam o recomendado pela OMS (Tabela 1). A menor média é de 2019, porém o resultado é parcial, pois foram realizadas coletas até o mês de junho. Estes resultados podem indicar que Camboriú apresenta altas emissões de poluentes decorrentes de atividades antrópicas, alcançando níveis de concentrações suficientes para causar efeitos negativos sobre organismos, ecossistemas e o clima.

**Tabela 1:** Médias e desvio-padrão das concentrações de  $\text{MP}_{10}$  nos anos 2016, 2017, 2018 e 2019, no município de Camboriú/SC.

ANO	2016	2017	2018	2019*
Conc. média anual de $\text{MP}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	28,05 $\pm$ 14,20	25,10 $\pm$ 14,64	28,48 $\pm$ 11,15	23,40 $\pm$ 10,50

\*média parcial até o mês de junho.

Fonte: Arquivo próprio.

Analisando-se as espécies e frequência de líquens nos pontos de amostragem 1 a 4, obtiveram-se os valores de IPA e os níveis de contaminação e da qualidade do ar em cada um deles (Tabela 2).

**Tabela 2:** Índice de Pureza Atmosférica – IPA e desvio padrão dos pontos de amostragem 1 a 4 do município de Camboriú.

Ponto de Amostragem	IPA	Contaminação	Qualidade do ar
(1) Avenida Joaquim Garcia	17,8 $\pm$ 5,07	Média	Baixa
(2) Bloco J	18,2 $\pm$ 3,19	Média	Baixa
(3) Caixas d'água	20,6 $\pm$ 3,27	Média moderada	Média
(4) Rua Getúlio Vargas	21,8 $\pm$ 3,70	Média moderada	Média
<b>Média geral</b>	19,6 $\pm$ 3,91	Média moderada	Média

Fonte: Arquivo próprio.

O ponto 1 é o local onde os líquens estão mais expostos aos poluentes, considerando o alto fluxo de carros e atividades pecuárias, apresentando o menor valor de IPA. O ponto 2, também em uma área de fluxo de carros, principalmente no período noturno, demonstra uma baixa qualidade do ar. O ponto 3, apesar de estar menos exposto a atividades antrópicas, possui uma média contaminação do ar, podendo este se relacionar com as recentes obras de saneamento no *Campus* e o desmatamento do local. O ponto 4 apresenta média contaminação do ar, apesar de se localizar em uma área de fluxo intenso de tráfego.

Ainda, pode-se observar que os valores de  $MP_{10}$  e IPA relacionam-se inversamente, ou seja, quanto maior a concentração de  $MP_{10}$ , menor será o IPA, tendo em vista que a alta concentração de poluentes atrapalha o desenvolvimento dos organismos.

#### 4. CONCLUSÃO

Com base nos valores de IPA e nos dados de concentração anual de material particulado, podemos perceber que o município de Camboriú apresenta uma qualidade do ar média. É possível relacionar esses resultados com o tráfego intenso e outras atividades antrópicas desenvolvidas na cidade, o que impulsiona a poluição do ar.

A utilização de meios de locomoção menos poluentes, junto à educação ambiental e fiscalizações mais rígidas para cumprimento das leis de padrões de qualidade do ar englobam ações que minimizem a emissão de poluentes. Desta maneira, a concentração de material particulado poderá ser reduzida aos limites estabelecidos pela OMS, e conseqüentemente melhorar as condições de vida e saúde da população.

#### 5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. R.; ALVES, E. R.; SAIKI, M. **Procedimentos para Preparação de Amostra de Líquens para Análise por Ativação de Nêutrons**, International Nuclear Atlantic Conference - INAC Santos-SP, 2007.

AHMADJIAN, V. 1993. **The Lichen Symbiosis**. John Wiley & Sons, New York. 250p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1997. **Material Particulado em Suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume**. 10p. (ABNT NBR 9547).

BRITO, G. F. S.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V. **O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar**. Revista Virtual de Química, [s. l.], v. 10, n. 5, 30 out. 2018. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/baccan/files/2019/04/Brito-Gabriel-RVQ-NoPrelo.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2019.

CHAPARRO, M.; AGUIRRE, J. 1995. **Líquenes - morfología, anatomía y sistemática**. 1 ed. Bogotá: Centro de publicaciones de física - Universidad Nacional de Colombia, v.1. p.142.

COCCARO, D.; **Estudo da determinação de elementos-traço em líquens para monitoração ambiental**. São Paulo: IPEN, 2001. 122p.

CURRY-LINDAHL, Kai. **Ecologia: conservar para sobreviver**. São Paulo: Editora Cultrix, 1972.

DeSLOOVER, J.; F. LeBLANC. 1968. **Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity**. Proc. Symp. Recent Adv. Trop. Ecol. 1968: 42-56.

ENERGÉTICA. **Manual de operação MP10**. 2016. Disponível em: <[https://www.energetica.ind.br/wp-content/uploads/2016/01/env1\\_manual-mp10\\_rev\\_11.pdf](https://www.energetica.ind.br/wp-content/uploads/2016/01/env1_manual-mp10_rev_11.pdf)> . Acesso em: 09 set. 2019.

FERREIRA, E. J. P. D. 2008. **Biomonitorização da qualidade do ar. Caso-estudo na envolvente da fábrica de celulose do Caima**. Dissertação. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/1909/1/Jofre\\_2008.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/1909/1/Jofre_2008.pdf)> Acesso em: 10.set.2018

FREITAS, Adriana de Marques; SOLCI, Maria Cristina. **Caracterização do MP10 e MP2,5 e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de londrina**. Química Novas, S.i., v. 32, n. 7, p.1750-1754, 10 ago. 2009.

GONÇALVES, Fernando Dantas Casillo. A Natureza Jurídica das RCEs e o seu Regime Jurídico Tributário no Brasil. In: SOUZA, Rafael Pereira de (Coord.) et. al. **Aquecimento Global e Créditos de Carbono: Aspectos Jurídicos e Técnicos**. São Paulo: Quartier Latin, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018. **População – 2018**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/camboriu/panorama>>. Acesso em: 5. jul. 2019.

MILLER JR., G. Tyler; SPOOLMAN, Scott. 2015. **Ciência ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 464p.

MOUVIER, G. **A Poluição Atmosférica**. São Paulo, Série Domínio, Ed. Ática, 1997.

NIMIS P.L. **Linee guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. Workshop 'Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale'**. Roma 26-27. ANPA – Serie Atti, X/1998. pp. 267- 277. 1999.

PILEGAARD, K. (1978) **Airborne metals and SO<sub>2</sub> monitored by epiphytic lichens in an industrial area**. Environ. Pollut., 17:81-91.

RAPOSO JUNIOR, Jorge Luiz; RÉ-POPPI, Nilva; HONDA, Neli Kika. **Avaliação da concentração de alguns íons metálicos em diferentes espécies de líquens do cerrado Sul-Mato-Grossense**. Quím. Nova, Campo Grande/MS, v. 30, n. 3, Mai./Jun., 2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 2016. **Particulate Matter (PM) Basics**. [S.l.]. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>>. Acesso em: 21. jun. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. **Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment**. Geneva: World Health Organization, p. 1–22, 2006. Disponível em: <[http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf?ua=1](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?ua=1)>. Acesso em: 22.nov.2018.

## 6. ANEXOS

Anexo 1 - Cálculo do IPA - Índice de Poluição Atmosférica

- Ponto na cidade de Camboriú - Rua Getúlio Vargas

Espécie liquênica	Forófitos					
	F1	F2	F3	F4	F5	
<i>Quadrado amarelo</i> <i>Flavaparmelia carperata</i>	4	8	2	7	5	
<i>Triângulo rosa</i> <i>Lepraria incana</i>	6	4	3	3	5	
<i>Estrela vermelha</i> <i>Lepraria incana (verde)</i>	0	0	0	0	0	
<i>Retângulo verde</i> <i>Chrysothrix chlorina</i>	0	0	0	0	0	
<i>Círculo roxo</i> <i>Physcia tenella</i>	0	0	0	0	0	
<i>Círculo vermelho</i> <i>Lecanora expallens</i>	5	3	2	4	4	
<i>Triângulo verde</i> <i>Diploicia canescens</i>	0	1	0	0	2	
<i>Losango azul</i> <i>Parmelia tiliacea</i>	6	9	10	6	10	
<b>FREQUÊNCIA</b>	21	25	17	20	26	21,8

- Ponto no bloco de aulas do *campus* - Bloco J

Espécie líquênica	Forófitos					
	F1	F2	F3	F4	F5	
<i>Quadrado amarelo</i> <i>Flavaparmelia carperata</i>	10	0	0	3	5	
<i>Triângulo rosa</i> <i>Lepraria incana</i>	0	0	0	0	0	
<i>Estrela vermelha</i> <i>Lepraria incana (verde)</i>	0	0	0	0	0	
<i>Retângulo verde</i> <i>Chrysothrix chlorina</i>	0	0	0	0	0	
<i>Círculo roxo</i> <i>Phycia tenella</i>	2	1	0	3	4	
<i>Círculo vermelho</i> <i>Lecanora expallens</i>	6	10	10	9	6	
<i>Triângulo verde</i> <i>Diploicia canescens</i>	5	0	0	2	2	
<i>Losango azul</i> <i>Parmelia tiliacea</i>	4	3	6	0	0	
<b>FREQÜÊNCIA</b>	27	14	16	17	17	18,2

- Ponto ao lado das caixas d'água do *campus*

Espécie líquênica	Forófitos					
	F1	F2	F3	F4	F5	
<i>Quadrado amarelo</i> <i>Flavaparmelia carperata</i>	0	0	0	0	0	
<i>Triângulo rosa</i> <i>Lepraria incana</i>	10	3	10	10	10	
<i>Estrela vermelha</i> <i>Lepraria incana (verde)</i>	10	7	10	10	5	
<i>Retângulo verde</i> <i>Chrysothrix chlorina</i>	0	10	0	4	0	
<i>Círculo roxo</i> <i>Physcia tenella</i>	0	0	0	0	0	
<i>Círculo vermelho</i> <i>Lecanora expallens</i>	0	0	0	0	0	
<i>Triângulo verde</i> <i>Diploicia canescens</i>	0	0	0	0	0	
<i>Losango azul</i> <i>Parmelia tiliacea</i>	0	0	0	0	0	
<b>FREQUÊNCIA</b>	20	20	20	24	15	20,6

- Ponto na entrada do *campus* - Rua Joaquim Garcia

Espécie líquênica	Forófitos					
	F1	F2	F3	F4	F5	
<i>Quadrado amarelo</i> <i>Flavaparmelia carperata</i>	0	2	0	4	0	
<i>Triângulo rosa</i> <i>Lepraria incana</i>	0	0	3	0	0	
<i>Estrela vermelha</i> <i>Lepraria incana</i> (verde)	0	0	0	0	0	
<i>Retângulo verde</i> <i>Chrysothrix chlorina</i>	5	0	0	2	0	
<i>Círculo roxo</i> <i>Physcia tenella</i>	4	6	7	10	0	
<i>Círculo vermelho</i> <i>Lecanora expallens</i>	5	6	5	6	8	
<i>Triângulo verde</i> <i>Diploicia canescens</i>	0	3	0	0	0	
<i>Losango azul</i> <i>Parmelia tiliacea</i>	3	2	7	1	10	
<b>FREQUÊNCIA</b>	17	19	22	13	18	17,8