

# Teorias e Métodos da **BIOFÍSICA**

Sabrina Passoni Maravieski  
(Organizadora)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Sabrina Passoni Maravieski**  
(Organizadora)

# **Teorias e Métodos da Biofísica**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

T314 Teorias e métodos da biofísica [recurso eletrônico] / Organizadora  
Sabrina Passoni Maravieski. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora,  
2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-189-3

DOI 10.22533/at.ed.893191403

1. Biofísica. I. Maravieski, Sabrina Passoni.

CDD 571.4

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Teorias e Métodos da Biofísica” faz parte de uma série de livros publicados pela Atena Editora, e neste volume único, em seus 12 capítulos, apresenta uma diversidade de estudos realizados nas diversas áreas da biofísica, bem como relação com outras áreas que esta exige nos dias atuais.

A biofísica é uma ciência interdisciplinar na qual se emprega as teorias, os métodos ou técnicas específicas da física para resolver questões biológicas. Atualmente, com o avanço tecnológico a biofísica está presente na maioria das ciências da saúde, tais como: Medicina, Fonoaudiologia, Odontologia, Enfermagem, Terapia Ocupacional, Fisioterapia, Bioengenharia e Biomedicina. Na área de Ecologia, temos também a biofísica Ambiental. Algumas especializações em biofísica podem ser ainda multidisciplinares, como por exemplo: a Bioinformática, a Biologia Estrutural, Toxicologia Ambiental e Biologia de Sistemas.

Dessa forma, o leitor poderá encontrar nesta obra, uma variedade pesquisas cujas áreas que envolvem a biofísica estão interligadas nas quais muitos pesquisadores buscam por soluções emergentes. A interdisciplinaridade entre estas diversas áreas aqui citadas é um processo natural e inevitável, pois a formação dos profissionais das ciências da saúde ou biológicas, seja qual for a sua formação, necessita da relação entre diversas áreas do conhecimento.

Hoje o profissional se destaca pela capacidade de saber inovar e alcançar resultados positivos em suas pesquisas com base nas diversas ciências, utilizando uma ou mais tecnologias. Isso se faz possível se este profissional tiver conhecimento das demais áreas, pois não basta ser bom em uma única ciência, é preciso ser multi-intelectual.

Nesta obra, portanto, o leitor poderá encontrar parcerias estabelecidas entre diversas áreas do conhecimento de diversos departamentos de pesquisa: Engenharia Elétrica e de Computação, Semicondutores, Biocalorimetria, Bioquímica Médica, Nanotecnologia e Nanomedicina, Bioquímica e Biofísica, Farmácia, Química do Estado Sólido, Ciências Médica, Clínica Médica (Nefrologia), Radioterapia, Histologia e Embriologia, Biofísica e Radiobiologia, Morfologia e Fisiologia Animal, Nanociências e Materiais Avançados.

Logo, este volume é dedicado à interdisciplinaridade nas diversas áreas das Ciências da Saúde e Biológica, pois o mercado atual exige uma revolução tecnológica e cabe a aos pesquisadores, dessas diversas áreas, buscar conhecer as demandas atuais para promover essas inovações de forma interdisciplinar, e não isoladamente. Neste sentido, esta obra foi dividida em 6 áreas temáticas da Biofísica: Bioeletricidade, Bioestatística, Biomecânica, Biofísica Ambiental, Biomedicina, e Radiobiologia.

Na área de Bioeletricidade, composta apenas de um capítulo (capítulo1), apresentamos uma pesquisa realizada entre os cursos de Engenharias de Computação e Elétrica e o curso de Ciências Médicas, em que envolve os Departamentos de Química de Estado Sólido, Semicondutores, Instrumentos e Fotônica e o de Clínica Médica

(Nefrologia). Trata-se da investigação do nível de fósforo no sangue, em que, quando este apresenta-se acima do normal está associado a casos de óbitos de pacientes renais crônicos. Para isto os autores propõem o desenvolvimento de um transistor de efeito de campo sensível a íons (ISFET) que possa ser utilizado para quantificar a massa de fósforo no dialisato total final extraída durante o processo de hemodiálise.

Na área de Bioestatística, apresentamos dois capítulos. No capítulo 2, a pesquisa foi desenvolvida pelos Departamentos de Morfologia e Fisiologia em conjunto com o Departamento de Biofísica e Radiobiologia de uma Faculdade Rural. Na pesquisa foi utilizando o método da complexidade de Lempel-Ziv (CLZ), o qual permite calcular a complexidade de uma série temporal sem a necessidade de longos segmentos de dados. Este método, estatístico é baseado em dinâmica não linear e costumam ser são amplamente empregado na análise e descrição adequada de processos nas áreas de química, física e biologia. Neste, o método foi desenvolvido com o objetivo de determinar a complexidade de sequências finitas na análise do particionamento do polietilenoglicol no nanoporo unitário de alfa-hemolisina inserido em uma bicamada lipídica plana. O objetivo foi investigar o processo de chegada e permanência da molécula polimérica (analito) no nanoporo (biossensor). No capítulo 3, os pesquisadores avaliaram diferentes espectrômetros utilizados em análises clínicas e laboratórios de pesquisa os quais permitem determinar as concentrações de espécimes químicas diversas. Por considerarem a aplicabilidade destes dispositivos importante no quesito qualidade dos resultados fornecidos, os autores apresentam técnicas de estatística e os métodos de obtenção de indicadores de qualidade, por meio da realização de experimentos laboratoriais utilizando espectrofotômetros.

O capítulo 4, inserido na área temática de Biomecânica, trata-se de uma pesquisa onde a Oftalmologia e a Estética Funcional, estão intimamente ligadas aos fenômenos de transferência de massa estudados na Física. Neste, os autores mostraram como a falha da transferência de massa intraocular, por convecção forçada, pode afeta o movimento oculomotor e provoca diversas enfermidades, tais como: erro de refração, ceratocone, glaucoma de ângulo aberto ou fechado. Sugerindo por fim, a necessidade do SUS incluir, em seus procedimentos, a cirurgia corretiva de elevação de sobrancelhas, assim como a ANS regulamentar esta cirurgia em todos os planos de saúde.

Na área temática de Biofísica Ambiental, pesquisadores do Laboratório de Nanociências e Materiais Avançados realizaram estudos por meio da técnica de espectroscopia UV-visível com o intuito de promover uma formação interdisciplinar entre alunos de Pós-Graduação. Nesse sentido, os autores desenvolveram estratégias experimentais que permitem aos estudantes dominarem o uso da técnica de espectroscopia UV-visível para análises qualitativas e quantitativas com uso de um corante altamente conhecido e de larga aplicação como é o azul de metileno (capítulo 5). No capítulo 6, pesquisadores realizaram um levantamento do número de veículos na cidade de Recife para verificação da poluição atmosférica. Para eles, a poluição

atmosférica é comprovadamente um agente causador e de piora do quadro de diversas doenças, entre elas doenças respiratórias, câncer de pulmão, acidente vascular cerebral e infarto do miocárdio. No capítulo 7, pesquisadores do Departamento de Biofísica e Radiobiologia utilizaram o ensaio cometa em hemócitos do moluscos de água doce *Biomphalaria glabrata*, é um biodicador natural utilizados para a detecção de possíveis danos no DNA após a exposição ao MMS e para avaliar a potencial aplicação para monitoramento da genotoxicidade do ambiente de água doce.

Na área temática de Biomedicina, o leitor poderá aprofundar seus estudos em três capítulos. No capítulo 8, os autores do Departamento de Histologia e Embriologia, analisaram e avaliaram a atividade leishmanicida *in vitro* do extrato etanólico do *Allium sativum* L. frente às formas promastigotas de *Leishmania (Leishmania) amazonensis*. Na área de Bioquímica Médica no Laboratório de Biocalorimetria (capítulo 9), pesquisadores realizaram estudos de uma importante enzima a L-asparaginase, a qual é amplamente utilizada no tratamento da leucemia. Tendo em vista a importância de seu uso, surgiu a necessidade de buscar alternativas para reduzir seus efeitos adversos e aumentar sua estabilidade. Assim a pesquisa resultou na obtenção de nanopartículas de quitosana de alto peso molecular sem e com ZnCl<sub>2</sub>. A alta concentração de quitosana, segundo os autores, permite maior incorporação de fármaco, mas aumenta o tamanho da partícula, o que não é interessante para a liberação intravenosa de fármaco. Já no capítulo 10, os autores analisaram e caracterizaram nanopartículas de quitosana-tripolifosfato (QT-TPP) associadas ao fármaco sumatriptano (SMT) como uma alternativa na terapia de enxaqueca via uso tópico.

A última área temática é a Radiobiologia, composta de dois capítulos promissores para as pesquisas atuais. Essa área vem crescendo em interdisciplinaridade, principalmente devido o crescimento das pesquisas em Medicina Nuclear, em Engenharia Biomédica e das técnicas de obtenção de imagem, as quais sofrem constantes avanços tecnológicos. Com isso, no capítulo 11, os autores investigaram a ação radioprotetora do extrato bruto da casca de *Anadenanthera colubrina* sobre os embriões de *Biomphalaria glabrata* e os resultados obtidos mostraram que o extrato da casca de A. colubrina apresentou uma discreta atividade radioprotetora. E por fim, no capítulo 12, com o intuito de fornecer mais dados sobre os efeitos da radiação ionizante no sistema nervoso central, os pesquisadores avaliaram a atividade elétrica cerebral de ratos expostos à radiação ionizante através do exame de eletrocorticograma (ECoG) e pode-se observar alterações nas ondas cerebrais através do uso de dois métodos matemáticos: a Transformada de Fourier (TF) Complexidade de Lempel-Ziv (CLZ) concluindo que a exposição a essa radiação causa alterações eletrofisiológicas, que incluem diminuição da complexidade e modificações nas ondas cerebrais.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências da Saúde e Biofísica, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, professores e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias promovendo a interdisciplinaridade nas diferentes áreas das Ciências da Saúde e Biofísica.

Sabrina Passoni Maravieski

## SUMÁRIO

### ÁREA TEMÁTICA BIOELETRICIDADE

#### CAPÍTULO 1 ..... 1

DESENVOLVIMENTO DE TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO SENSÍVEL A ÍONS (ISFET) PARA QUANTIFICAÇÃO DA MASSA DE FÓSFORO REMOVIDO DE PACIENTES RENAIIS CRÔNICOS NAS SESSÕES DE HEMODIÁLISE

*Sergio Henrique Fernandes*

*Leandro Tiago Manera*

*Helder José Ceragioli*

*Rodrigo Bueno de Oliveira*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914031**

### ÁREA TEMÁTICA BIOESTATÍSTICA

#### CAPÍTULO 2 ..... 17

COMPLEXIDADE DE LEMPEL-ZIV NA ANÁLISE DO TRANSPORTE DO POLIETILENOGLICOL ATRAVÉS DO NANOPORO DE ALFA-HEMOLISINA

*Gesilda Florenço das Neves*

*Dijanah Cota Machado*

*Carlos Manuel Machado Carneiro*

*Luiz Hamiel Almeida Consoni*

*Cláudio Gabriel Rodrigues*

*Romildo Albuquerque Nogueira*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914032**

#### CAPÍTULO 3 ..... 25

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE ESPECTROFOTÔMETROS:ANÁLISE DA DISPERSÃO DAS MEDIDAS

*Cleonilde Maria do Nascimento*

*Carla Luiza Barros Bernardes Borja*

*Bruno Edberg Alves de Lira*

*Jabson Herber Profiro de Oliveira*

*Dijanah Cota Machado*

*Milton Marcelino Filho*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914033**

### ÁREA TEMÁTICA BIOMECÂNICA

#### CAPÍTULO 4 ..... 36

MOVIMENTO OCULOMOTOR E ALGUMAS PATOLOGIAS

*Humberto Dória Silva*

*Eduardo Dória Silva*

*Maria Tamires Dória Silva*

*Cristiana Pereira Dória*

*Cristiane Pereira Dória*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914034**

**CAPÍTULO 5 ..... 43**

**ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL PARA ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA DE ESTADOS AGREGADOS DE CORANTES**

*Adrienne Marlise Mendes Brito*

*Hebert Freitas dos Santos*

*Iseli Lourenço Nantes-Cardoso*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914035**

**CAPÍTULO 6 ..... 60**

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E POSSÍVEIS EFEITOS À POPULAÇÃO DE RECIFE**

*Cleonilde Maria do Nascimento*

*Nicolas Nunes Ferreira*

*Helotônio Carvalho*

*Sheilla Andrade de Oliveira*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914036**

**CAPÍTULO 7 ..... 66**

**UTILIZAÇÃO DO ENSAIO COMETA PARA DETECTAR EFEITO GENOTÓXICO DO METANOSULFONATO DE METILA EM CÉLULAS DE *Biomphalaria glabrata***

*Dewson Rocha Pereira*

*Maíra de Vasconcelos Lima*

*Willams Nascimento de Siqueira*

*Gabrielly Christynne Nascimento Sales*

*Hianna Arely Milca Fagundes Silva*

*José Luiz Ferreira Sá*

*Ana Maria Mendonça de Albuquerque Melo*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914037**

**ÁREA TEMÁTICA BIOMEDICINA**

**CAPÍTULO 8 ..... 73**

**AValiação DA ATIVIDADE LEISHMANICIDA *IN VITRO* DO EXTRATO ETANÓLICO OBTIDO DO *Allium sativum* L**

*Gleyka Daisa de Melo Santos*

*Erwelly Barros de Oliveira*

*Paloma Lys de Medeiros*

*Eliete Cavalcanti da Silva*

*João Soares Brito da Luz*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914038**

**CAPÍTULO 9 ..... 82**

**OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANA DE ALTO PESO MOLECULAR - TRIPOLIFOSFATO PARA CARREAMENTO DE PROTEÍNA**

*Caroline Dutra Lacerda*

*Patrícia Severino*

*Maria Lucia Bianconi*

**DOI 10.22533/at.ed.8931914039**

**CAPÍTULO 10 ..... 94**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANA-TRIPOLIFOSFATO PARA APLICAÇÃO TÓPICA DE FÁRMACOS**

*Aryane Alves Vigato*

*Renato Grillo*

*Leonardo Fernandes Fraceto*

*Daniele Ribeiro de Araújo*

**DOI 10.22533/at.ed.89319140310**

**ÁREA TEMÁTICA RADIOBIOLOGIA**

**CAPÍTULO 11 ..... 109**

**AÇÃO RADIOPROTETORA DO EXTRATO BRUTO DA CASCA DE *Anadenanthera colubrina* SOBRE OS EMBRIÕES DE *Biomphalaria glabrata***

*José Luís Ferreira Sá*

*Williams Nascimento Siqueira*

*Hianna Arely Milca Fagundes Silva.*

*Isabelle Cristinne Ferraz Bezerra*

*Dewson Rocha Pereira*

*Larissa Silva de Azevedo Melo*

*Maíra de Vasconcelos Lima*

*Luiz Alberto Lira Soares*

*Márcia Vanusa Silva*

*Maria Tereza Santos Correia*

*Ana Maria Mendonça Albuquerque Melo*

**DOI 10.22533/at.ed.89319140311**

**CAPÍTULO 12 ..... 117**

**MÉTODOS MATEMÁTICOS DE ANÁLISE DA ATIVIDADE ELÉTRICA CEREBRAL DE RATOS EXPOSTOS A RADIAÇÃO IONIZANTE**

*Camilla de Andrade Tenorio Cavalcanti*

*Isvânia Maria Serafim da Silva Lopes*

*Leandro Álvaro de Alcântara Aguiar*

*Alexandre Parisio Barbosa de Oliveira*

*Jonas Sérgio de Oliveira Filho*

*Romildo de Albuquerque Nogueira*

**DOI 10.22533/at.ed.89319140312**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 126**

## POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E POSSÍVEIS EFEITOS À POPULAÇÃO DE RECIFE

**Cleonilde Maria do Nascimento**

Instituto Aggeu Magalhes - Fiocruz, Recife-PE

**Nicolas Nunes Ferreira**

Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE

**Helotônio Carvalho**

Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE

**Sheilla Andrade de Oliveira**

Instituto Aggeu Magalhes - Fiocruz, Recife-PE

**RESUMO:** A poluição atmosférica é comprovadamente um agente causador e de piora do quadro de diversas doenças, entre elas doenças respiratórias, câncer de pulmão, acidente vascular cerebral e infarto do miocárdio. A Organização Mundial de Saúde estima que 3 milhões de pessoas morrem anualmente devido a doenças causadas pela poluição atmosférica ambiental. Recife, apesar de ser uma metrópole com mais de 1,6 milhão de habitantes, não possui sistema de monitoramento de qualidade do ar. Ao longo dos anos, tem havido um aumento considerável no número de veículos da cidade, o que deve ter aumentado os níveis de poluição atmosférica e se refletido em um aumento na incidência de doenças com relação com a poluição atmosférica. Os resultados mostrados indicam um aumento considerável no número de internações devidas a infarto agudo do miocárdio e câncer de pulmão em Recife entre 2000 e 2016.

**PALAVRAS-CHAVE:** Câncer de Pulmão. Doenças respiratórias. Infarto agudo do miocárdio. Qualidade do ar. Saúde Pública.

**ABSTRACT:** Air pollution is a known trigger of several diseases such as respiratory diseases, lung cancer, stroke and ischemic heart disease. World Health Organization (WHO) estimates 3 million people die every year from diseases associated to environmental air pollution. Recife, despite being a big city with 1.6 million people, does not have an air quality monitoring system. Along the years there has been a high increase in the number of vehicles in the city, what may have increased air pollution levels and may have led to increased incidence of diseases associated to air pollution. Results from this study show a significant increase in the number of hospitalizations due to ischemic heart disease and lung cancer between 2000 and 2016.

**KEYWORDS:** Lung cancer. Respiratory diseases. Ischemic heart disease. Air quality. Public health.

### 1 | INTRODUÇÃO

Dados recentes da Organização Mundial de Saúde (OMS) estimam que a poluição atmosférica seja responsável pela morte de

aproximadamente três milhões de pessoas anualmente (3). A poluição atmosférica está diretamente relacionada ao aumento considerável nos casos de infecções respiratórias, sendo também associada ao desencadeamento ou agravamento de doenças graves como edema pulmonar, câncer de pulmão e doenças cardiovasculares (1,3,4,7,12,14).

Há várias classes de poluentes atmosféricos e entre os principais encontra-se o material particulado. Seus riscos à saúde são determinados pelo tamanho, área superficial e composição das partículas, que são geradas normalmente pela queima de combustíveis fósseis em veículos automotores, indústrias e centrais termelétricas. Essas partículas são formadas por um núcleo de carbono com diferentes materiais adsorvidos à sua superfície, como metais pesados, hidrocarbonetos, nitratos e sulfatos (9).

O material particulado, é capaz de gerar espécies reativas de oxigênio (EROs) quando inalado (5,6). Estas espécies altamente reativas podem causar danos ao DNA, proteínas e membranas celulares, que podem culminar na morte da célula, a qual pode se manifestar na forma de apoptose (5,6,8,11). Além disso, o material particulado também pode induzir respostas inflamatórias, com aumento na expressão de TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-8 e IL-1 $\beta$ , sugerindo que o processo inflamatório gerado por material particulado possa estar relacionado aos efeitos nocivos destas partículas nos pulmões e no sistema respiratório como um todo (10,13).

Recife possui uma população aproximada de 1,6 milhão de habitantes e uma frota de quase 700 mil veículos. Dados obtidos através do DATASUS indicam um aumento no número de internações hospitalares por doenças associadas à poluição atmosférica na cidade de Recife no período analisado, entre 2000 e 2016, que pode estar relacionado ao grande aumento da frota de veículos da cidade nesse mesmo período (2).

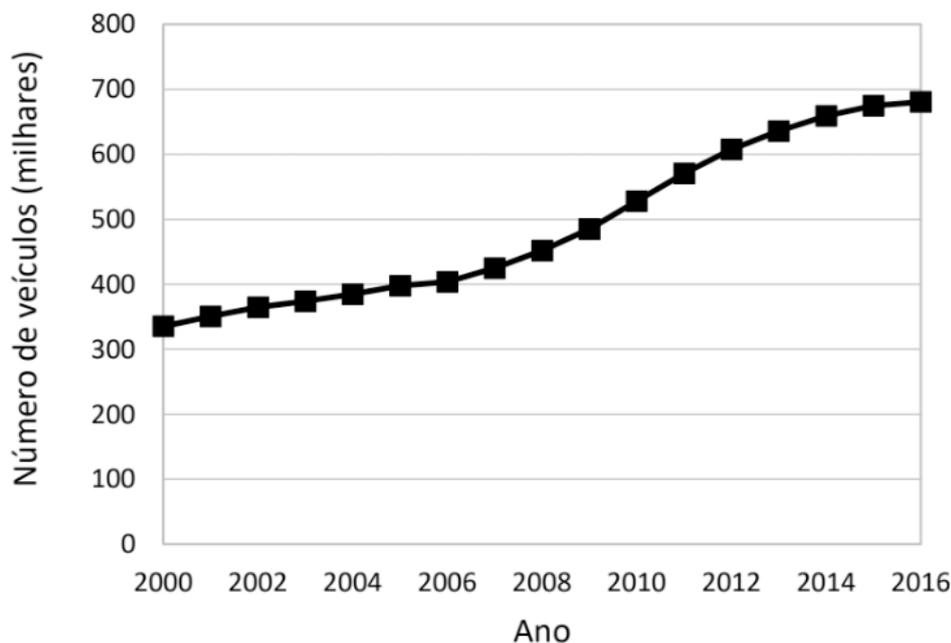
## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados da evolução da frota de veículos de Recife foram obtidos através do site do Detran de Pernambuco (<http://www.detran.pe.gov.br/>). Os dados de internações hospitalares devidas doenças respiratórias, câncer de pulmão, infarto agudo do miocárdio e acidente vascular cerebral (AVC) foram obtidos através do site do DATASUS (<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/niuf.def>).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de avanços ocorridos nas últimas décadas, que resultaram na redução dos níveis de emissões de veículos novos, o grande aumento da frota em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Recife nos últimos anos é responsável por elevados níveis de poluição, além de levar caos ao trânsito das grandes cidades brasileiras (2).

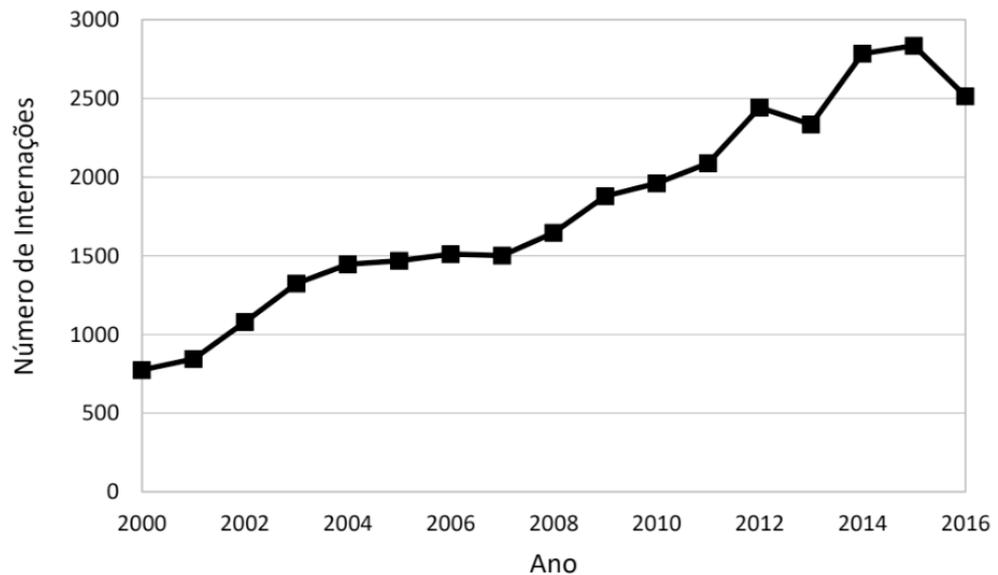
Segundo dados do DETRAN-PE durante o período de 2000 a 2016 a frota de veículos de Recife mais do que duplicou, como pode ser observado na Figura 1.



**Figura 1:** Crescimento da frota de veículos de Recife no período de 2000 a 2016.

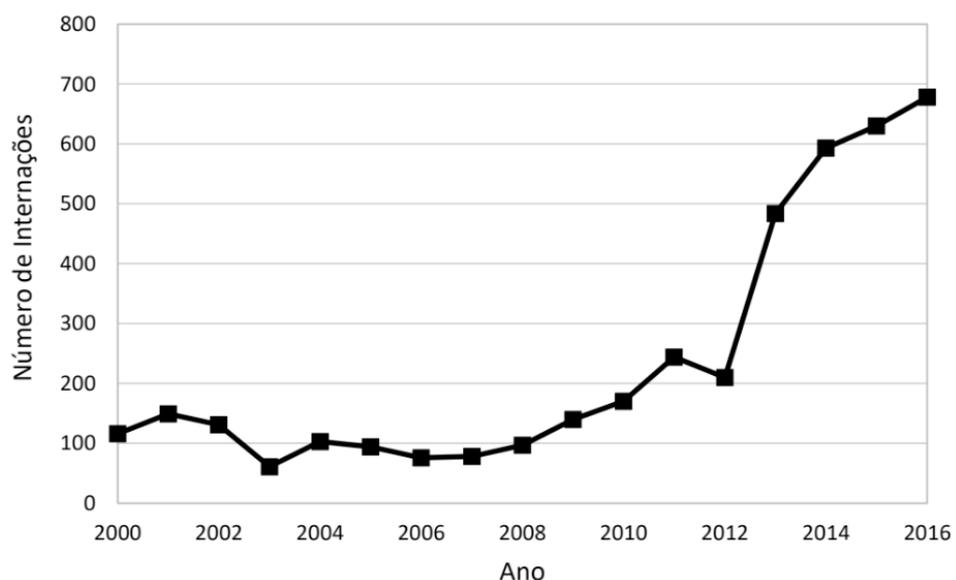
O grande aumento da frota de veículos, que se repete na região metropolitana de Recife como um todo, é um fator que deve ter contribuído para o aumento nos níveis de poluição atmosférica em Recife e na região metropolitana. Recife, assim como outras metrópoles brasileiras, infelizmente, ainda não possui um sistema de monitoramento de poluentes atmosféricos (2).

Dados do DATASUS indicam um aumento no número de internações hospitalares e mortes atribuídas a doenças relacionadas à poluição atmosférica em Recife e região metropolitana nos últimos anos. Tanto bronquite aguda quanto bronquite crônica, enfisema e outras doenças respiratórias crônicas vêm apresentando um aumento ao longo do período analisado (dados não mostrados), o que coincide com o aumento da frota de veículos de Recife nesse mesmo período. O mesmo se observa para o número de mortes relacionadas a doenças respiratórias (dados não mostrados). No caso de infarto do miocárdio, tem havido um aumento consistente de mais de 3 vezes no número de internações no período analisado (Figura 2). O número de mortes causadas por infarto do miocárdio não apresentou, no entanto, alterações importantes no período (dados não mostrados).



**Figura 2:** Número de internações hospitalares devida a infarto agudo do miocárdio, na cidade de Recife, no período entre 2000 e 2016.

De todos os dados analisados, os dados mais contundentes são as internações devida a câncer de pulmão que apresentaram aumento de sete vezes no período analisado, de 2000 a 2016 (Figura 3). Apesar do aumento vertiginoso nas internações por câncer de pulmão, o número de mortes cresceu em menor grau, mas ainda mostra valores de até 90 % de aumento em relação às mínimas do período analisado (dados não mostrados).



**Figura 3:** Número de internações hospitalares devida a câncer de pulmão, na cidade de Recife, no período entre 2000 e 2016.

#### 4 | PERSPECTIVAS

Estão em andamento estudos para aprofundar o tema e verificar se há de fato

uma relação de causa e efeito entre o aumento do número de veículos em Recife e o aumento no número de internações devidas a doenças relacionadas à poluição atmosférica. Espera-se que os resultados obtidos possam convencer as autoridades competentes da importância do monitoramento da qualidade do ar, em especial em grandes metrópoles como Recife e que em um futuro próximo seja instalada uma rede de monitoramento de qualidade do ar na cidade.

Espera-se também que esses dados sirvam de subsídios para a adoção de políticas públicas que visem restringir ainda mais a emissão de poluentes por veículos automotores, e com isso reduzir os níveis de poluição atmosférica. Uma medida de política pública que teria grande efeito na diminuição dos níveis de poluição atmosférica seria o investimento maciço em transporte de massa (metrô e trens). Infelizmente, o governo de Pernambuco e a prefeitura de Recife não têm feito investimentos importantes nessa área.

Os resultados aqui mostrados podem, ainda, ajudar as autoridades competentes a realmente assumir os transportes de massa como prioridade, visto que apenas a melhoria e o aumento da capacidade do transporte público devem incentivar as pessoas a deixarem seus carros em casa, contribuindo tanto para uma redução dos níveis de poluição como para uma melhoria no caótico trânsito da cidade.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.O.; THUNDIYIL, J.G.; STOLBACH, A. **Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health.** J Med Toxicol. 8:166-75, 2012.
- CARVALHO, H. **The air we breathe: differentials in global air quality monitoring.** Lancet Respir Med. 4(8):603-605, 2016.
- COHEN, A.J.; BRAUER, M.; BURNETT, R. et al. **Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015.** Lancet, 389:1907-1918, 2017.
- FAJERSZTA, J.N.L.; VERAS, M.; BARROZO, L.V.; SALDIVA, P. **Air pollution: a potentially modifiable risk factor for lung cancer.** Nat Rev Cancer. 13:674-8, 2013.
- GONZALEZ-FLECHA B. **Oxidant mechanisms in response to ambient air particles.** Mol Aspects Med. 25:169-82, 2004.
- GHIO, A.J.; CARRAWAY, M.S.; MADDEN, M.C. **Composition of air pollution particles and oxidative stress in cells, tissues, and living systems.** J Toxicol Environ Health B Crit Rev. 15:1-21, 2012.
- GUARNIERI, M.; BALMES, J.R. **Outdoor air pollution and asthma.** Lancet. 383:1581-1592, 2014.
- HALLIWELL, B. AND GUTTERIDGE, J.M.C. **Free Radicals in Biology and Medicine.** Oxford University Press, 4th ed., 2007.
- KATSOUYANNI, K. **Ambient air pollution and health.** Brit Med Bull. 68: 143–156, 2003.

KIM, J.A.; CHO, J.H.; PARK, I.H.; SHIN, J.M.; LEE, S.A.; LEE, H.M. **Diesel Exhaust Particles Upreulate Interleukins IL-6 and IL-8 in Nasal Fibroblasts.** PLoS ONE 11(6): e0157058. doi:10.1371/journal.pone.0157058, 2016.

18. MATÉS, J.M.; SEGURA, J.A.; ALONSO, F.J.; MÁRQUEZ, J. **Oxidative stress in apoptosis and cancer: an update.** Arch Toxicol. 86:1649-65, 2012.

SHAH, A.S; LANGRISH, J.P.; NAIR, H.; MCALLISTER, D.A.; HUNTER, A.L.; DONALDSON, K.; NEWBY, D.E.; MILLS, N.L. **Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis.** Lancet. 382:1039-1048, 2013.

ORONA, N.S.; ASTORT, F.; MAGLIONE, G.A.; SALDIVA, P.H.N.; YAKISICH, J.S.; TASAT, D.R. **Direct and indirect air particle cytotoxicity in human alveolar epithelial cells.** Toxicology in Vitro. 28: 796–802, 2014.

YANG, Y.; LI, R.; LI, W.; WANG, M.; CAO, Y.; WU, Z.; XU, Q. **The association between ambient air pollution and daily mortality in Beijing after the 2008 olympics: a time series study.** PLoS One. 8(10):e76759, 2013.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Sabrina Passoni Maravieski** - Possui graduação em Licenciatura em Física e Mestrado em Ciências/ Física, ambos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Atualmente é doutoranda na área de Ensino de Ciências nas Engenharias e Tecnologias pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. É também professora adjunta do Centro de Ensino Superior de Campos Gerais na cidade de Ponta Grossa. Ministra as disciplinas de: Mecânica dos Fluidos, Fenômenos de Transporte, Mecânica Aplicada, Eletricidade e Magnetismo, Física Atômica e Nuclear, Física da Ressonância Magnética Nuclear, Física das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes e Física e Instrumentação Aplicada a Engenharia Biomédica; nos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Tecnologia em Radiologia, Pós -Graduação em Segurança do Trabalho e Imagenologia. Já atuou como professora de Ensino Médio em escolas pública e particular ministrando aulas de Física e Robótica.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-189-3

