

## O “SISTEMA CLIMA URBANO” E A ANÁLISE GEOGRÁFICA DA POLUIÇÃO DO AR NO BRASIL

Francisco Jablinski Castelhano<sup>1</sup>

**Resumo:** No contexto da discussão ambiental promovido pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo em 1972, Carlos Augusto Figueiredo Monteiro propõe, como tese de livre docência em 1975, a teoria do Sistema Clima Urbano, metodologia esta que norteará profundamente a produção científica geográfica brasileira a respeito do clima das cidades. Dentro de sua teoria, destina-se um aparte específico para abordar a questão da qualidade do ar. Este artigo se propõe a analisar a proposta de Monteiro para análise da poluição do ar em cidades, realizando um levantamento bibliométrico que objetiva atestar a influência que sua teoria exerce na produção acadêmica geográfica a respeito da poluição atmosférica até o presente.

**Palavras-chave:** Sistema Clima Urbano. Análise Bibliométrica. Poluição Atmosférica. Subsistema Físico-Químico.

## THE “URBAN CLIMATE SYSTEM” AND THE GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF AIR POLLUTION IN BRAZIL

**Abstract:** Along with the environmental discussion promoted by the United Nations Conference on the Human Environment in Stockholm in 1972, Carlos Augusto Figueiredo Monteiro proposed, as a free teaching thesis in 1975, the theory of the Urban Climate System, a methodology that would profoundly guide the Brazilian geographical scientific production regarding the climate of cities. Within his theory, a specific aside is intended for the issue of air quality. This article proposes to analyze Monteiro's proposal for the analysis of air pollution in cities, carrying out a bibliometric survey that aims to attest to the influence that his theory exerts on geographic academic production regarding atmospheric pollution up to the present.

**Keywords:** Urban Climate System. Bibliometric Analysis. Atmospheric Pollution. Physical-Chemical Subsystem.

## EL “SISTEMA CLIMA URBANO” Y LA ANALISIS GEOGRAFICA DE LA CONTAMINACION DEL AIRE IN BRASIL

**Resumen:** En el contexto de la discusión ambiental promovida por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en Estocolmo en 1972, Carlos Augusto Figueiredo Monteiro propuso, como tesis de docencia libre en 1975, la teoría del Sistema Climático Urbano, metodología que guiaría la Producción científica del área geográfica brasileña sobre el clima de las ciudades. Dentro de su

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia, Natal, Brasil, francisco.castelhano@ufrn.br, <https://orcid.org/0000-0002-6747-3545>

teoría, un aparte específico pretende abordar el tema de la calidad del aire. Este artículo se propone analizar la propuesta de Monteiro para el análisis de la contaminación del aire en las ciudades, realizando un levantamiento bibliométrico que pretende dar fe de la influencia que su teoría ejerce en la producción académica geográfica sobre la contaminación atmosférica hasta la actualidad.

**Palabras clave:** Sistema Climático Urbano. Análisis Bibliométrico. Contaminación atmosférica. Subsistema Físico-Químico.

## Introdução

Os processos de urbanização e crescimento populacional bem como suas profundas alterações na paisagem natural, fazem das cidades os locais onde os conflitos sociedade-natureza se manifestam com maior intensidade, tornando problemas como poluição do ar, da água, desconforto térmico entre outros, como situações cotidianas e banais aos cidadãos do mundo como um todo.

A situação brasileira não se dissocia desta perspectiva, embora apresente alguns traços característicos. O espaço urbano brasileiro, povoado por uma sociedade altamente fragmentada e hierarquizada, é marcado fortemente por aglomerações urbanas com profundas desigualdades sociais e econômicas, perpetuados pelo predomínio do interesse de uma minoria privada e corporativa sobre o bem comum público, naquilo que Santos (1993) denominou de Urbanização Corporativa.

As consequências desse processo configuram um cenário que repercutem diretamente em uma conjunção de fatores degradantes da qualidade e das condições de vida urbana, dando origem a verdadeiros bolsões intraurbanos marcados pela ausência de serviços e de infraestrutura adequados, e com grande vulnerabilidade socioambiental.

A pesquisa a respeito do clima urbano e justiça ambiental encontra nas cidades do Sul global cenário fértil para o desenvolver e aplicação de técnicas e teorias concernentes a essas temáticas. Suas altas taxas de crescimento, constante luta contra desigualdade e segregação socioespacial, e os acumulados e eminentes danos sofridos por extremos climáticos tornam a temática em questão complexa, interdisciplinar e urgente (Henrique e Tschakert, 2021).

A forma e intensidade com que as cidades crescem difere-se de território para território, revelando-se como um fenômeno complexo e profundamente relacionado com os modelos de sociedade que nela habitam.

Em alguns países as diferentes realidades intraurbanas podem ser percebidas de forma mais direta, pelas distintas morfologias que a mesma revela. A percepção destas múltiplas realidades urbanas se mostra de forma expressiva quando analisado sob o espectro climático. Ainda no século XIX, Luke Howard já apontava a existência de climas diferentes a partir de diferenças de temperatura mensuradas no tecido urbano de Londres, iniciando as discussões sobre o que seriam as repercussões das distintas formas de uma cidade sobre os elementos climáticos (Castelhano, 2020). O estudo do clima urbano desenvolveu-se significativamente com a implementação de novas tecnologias e técnicas. A relação entre a forma da cidade e o seu clima é alvo de estudos de diversas áreas do saber, sendo destrinchada por pesquisadores diversos (Oliveira, 1988).

O avançar dos estudos urbanos revelou-nos, todavia, que olhar para a cidade a partir apenas de sua forma física e concreta seria insuficiente para elucidar sua complexidade. O mapeamento da vulnerabilidade social em grandes centros do Brasil tem revelado por exemplo, a existência de diferentes cidades dentro de um mesmo território (Alves, 2006; Sanchez e Bertolozzi, 2007; Barbosa et al., 2019). Muito além do que apenas múltiplas formas, que podem ser cartografadas a partir de técnicas como as *Local Climate Zones*, a segregação social revelada pelos diferentes níveis de vulnerabilidade em um mesmo território tem sua relação com os elementos climáticos, ainda pouco explorada.

Buscando um olhar sistêmico e integrador que permeasse as complexas relações entre sociedade e natureza nas cidades, e já prevendo um cenário de pesquisa integrado cuja discussão situa-se como um grande paradigma atual, sob a égide do fenômeno atmosférico, Monteiro (1976) tece uma metodologia para a análise do clima urbano, denominada Sistema Clima Urbano (S.C.U), cujas contribuições seguem atuais e facilitadoras.

O autor interpreta o ser humano e a natureza como coparticipantes na criação do clima específico de uma cidade, e, tem na Teoria Geral dos Sistemas o seu aporte teórico fundamental para tal finalidade.

Monteiro apresenta em sua obra, os três canais da percepção humana em relação às vicissitudes deste clima específico das cidades. Mantendo um olhar próprio da climatologia dinâmica e sistêmica, no sentido de não segmentar os elementos climáticos, ele propõe os seguintes canais da percepção termodinâmico, que trata das questões diretamente ligadas ao conforto (ou desconforto) térmico; o

hidrometeorológico, que aborda as questões ligadas às chuvas e suas repercussões no tecido urbano; e por fim, aquele que será abordado neste artigo, o canal Físico-Químico, que trata da temática da poluição do ar.

Compreendido como um problema socioambiental típico de áreas urbanas, o fenômeno da poluição atmosférica se relaciona diretamente com o modo de vida capitalista industrial e com as discrepâncias entre o planejamento e produção do espaço urbano, além é claro, das condições atmosféricas específicas de cada localidade.

Levantamento recentes (Monteiro e Mendonça, 2003; Rodrigues et al, 2012, Castelhano, 2020) tem apontado o fato de que a produção científica neste canal tem sido a menor no território nacional.

Partindo desta premissa, este artigo objetiva realizar uma análise do estado da arte das produções acadêmicas em geografia a respeito deste tema, além de realizar uma revisão da teoria de Monteiro a respeito do canal físico-químico da teoria Sistema Clima Urbano, reforçando suas contribuições e apresentando novas possibilidades para o estudo geográfico da qualidade do ar.

## **Materiais e Métodos**

De modo a atingir os objetivos propostos, realizou-se em um primeiro momento uma revisão da teoria de Monteiro proposta em 1976 sobre o canal físico-químico levando em conta problemas encontrados pelos autores e a realidade atual da pesquisa neste campo.

Em conjunto, realizou-se um levantamento das produções científicas no campo da geografia que versavam sobre a temática da poluição atmosférica.

Visando otimizar o processo e buscando por trabalhos cujas metodologias e resultados fossem mais desenvolvidos, descartaram-se as produções feitas em periódicos e em anais de evento científicos, de modo que, foram realizadas buscas apenas no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes utilizando as seguintes palavras-chave “Poluição do Ar”; “Poluição Atmosférica”; “Qualidade do Ar”.

Os resultados foram filtrados para a área de conhecimento de “Geografia” e aqueles trabalhos disponibilizados, tiveram seus resumos e metodologias analisadas, de forma que fosse possível detectar padrões metodológicos, além de mapear espacial e temporalmente as produções dentro desta proposta.

Os dados levantados foram tabelados junto ao software Excel, e suas informações transformadas em gráficos e mapas com o advento do software Arcgis.

### **O Sistema Clima Urbano e a Qualidade do Ar**

Promovendo uma abordagem sistêmica e complexa, permeando as relações sociedade / natureza nos ambientes urbanos a partir do fenômeno atmosférico, Monteiro (1976) elabora uma metodologia para a análise do “clima urbano”, denominada Sistema Clima Urbano, que se tornaria o grande paradigma do Clima Urbano no território brasileiro.

Monteiro inicia sua discussão sobre o clima urbano nesta obra revisando uma série de publicações que propunham abordagens deverás cartesianas e pragmáticas acerca do clima urbano, muitos dos quais, propunham o ser humano e a natureza como antagônicos na construção do fenômeno estudado e não coparticipes.

Partindo desta premissa, o autor propõe uma interpretação inovadora e atual para o Clima Urbano, interpretando a sociedade, com todas as suas adversidades e paradoxos, e a natureza como coparticipantes na criação do clima específico de uma cidade. Desta forma, a compreensão do clima de uma cidade, passa também pela compreensão de seus aspectos políticos, sociais, culturais, econômicos e também geográficos e naturais. Para tanto, Monteiro vislumbra na Teoria Geral dos Sistemas o aporte teórico chave para a compreensão do clima urbano.

O Sistema Clima Urbano, é apontado pelo pesquisador como um sistema aberto, onde a radiação solar é o grande aporte de energia. A escala e dimensões do S.C.U devem ser definidos pelo pesquisador, uma vez que, segundo Monteiro, o S.C.U pode ser replicado em cidades e espaços urbanizados de distintas dinâmicas e extensões, a depender do objetivo central da pesquisa a ser desenvolvida.

O caráter inovador de sua proposição torna-se proeminente quando percebemos que conceitos como Justiça Ambiental e Justiça Climática, que se propõe a promover diálogos entre problemas sociais e ambientais/climáticos são apontados por muitos como ideias inovadoras por apresentar a problemática climática como indissociável da social. Segundo Alves e Mariano (2018) a justiça climática propõe:

”[...] a justiça climática liga os direitos humanos e o desenvolvimento para alcançar uma abordagem centrada no ser humano, salvaguardando os direitos das pessoas mais vulneráveis e partilhando os encargos e benefícios das alterações climáticas e dos seus impactos de forma equitativa e justa.”( Alves e Mariano, 2018, p.361. Tradução do autor)

Os mesmos autores apontam que a discussão a esse respeito se torna mais presente na esfera científica a partir de 2008, e reforçam sua multiescalaridade, englobando entre outras, aplicações ao tecido urbano, naquilo que vem sendo chamada de “Urban Climate Justice” (Rice, Long e Levenda, 2023).

Tal proposição, todavia, não é novidade para a pesquisa climática brasileira. A teoria do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976) evidencia o clima urbano enquanto uma construção social, conforme evidência Sant’Anna Neto (2011).

Reiterando a interação entre o ser humano e o meio ambiente presente em seus estudos, Monteiro propõe apresenta, os três canais da percepção humana em relação às nuances do clima urbano citados anteriormente.

No que tange ao canal Físico-Químico o autor o difere dos demais em sua gênese, sendo este fruto unicamente da atividade humana e tem como suas características a cumulatividade, sua projeção do núcleo ao ambiente, a poluição atmosférica e suas consequências para o ser humano como problemas sanitários e doenças respiratórias entre outras, enquanto produto final.

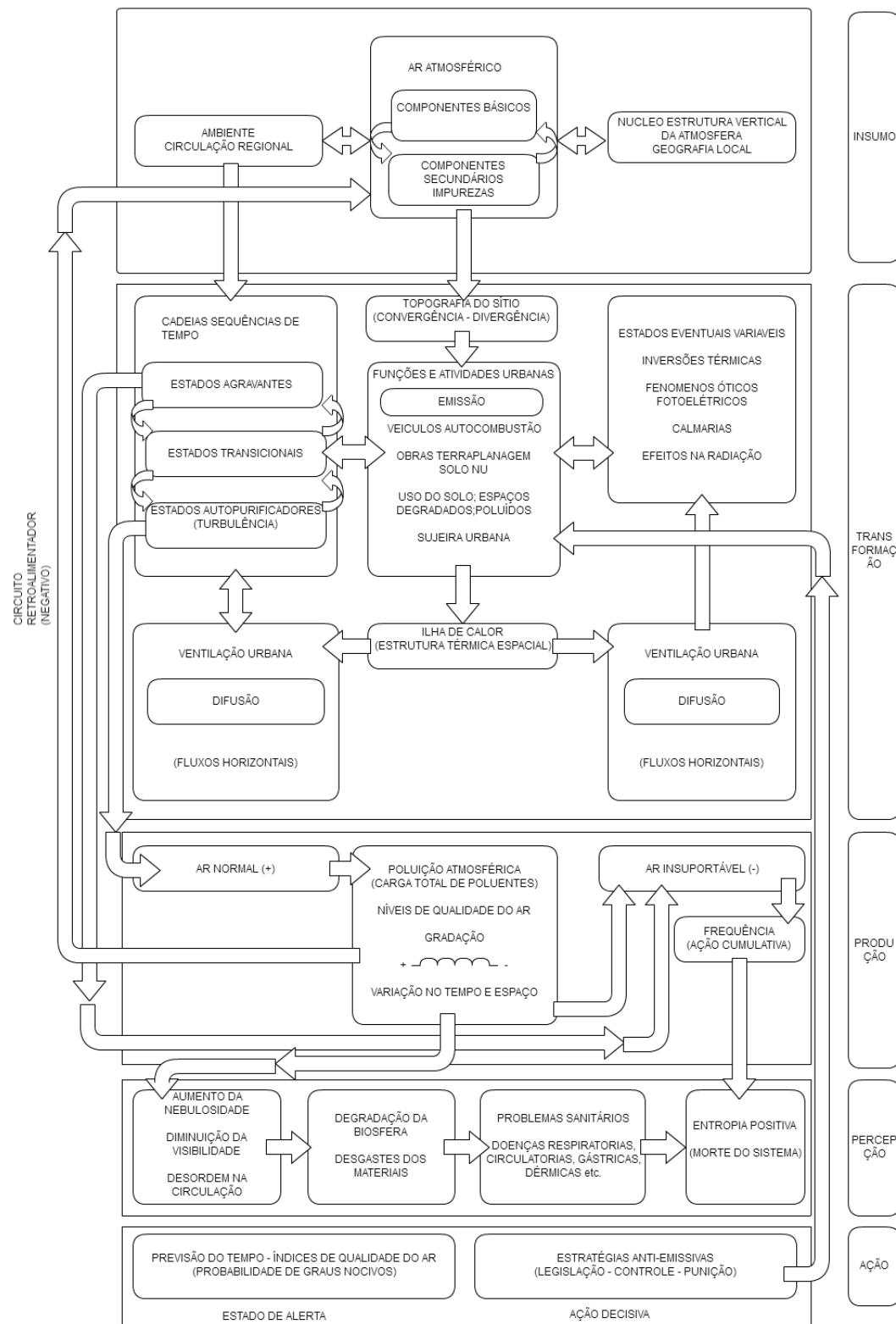
No âmbito da parte técnica, Monteiro salienta a necessidade de grande acuidade e rigor técnico na coleta primária dos dados. O autor salienta a necessidade de cartografar fontes emissoras, constatando que a questão da poluição atmosférica deve ser corrigida em sua fonte. Neste sentido, não se deve atribuir toda a responsabilidade a circulação atmosférica, apontada apenas como uma condicionante ou potencializadora do problema.

Monteiro constata que, as sucessões de tipos de tempo, podem atenuar ou piorar a qualidade do ar em uma dada cidade, portanto agindo como condicionantes. Segundo o próprio, a atmosfera possui de fato uma capacidade “autolimpante”, em função do dinamismo da atmosfera e de sua capacidade difusora de ar. Constatado tal fato, novamente nos voltamos a necessidade da ação dos tomadores de decisão ser feita sobre os pontos emissores, e não sobre a atmosfera em si, pois a mesma de fato, se autorregula.

A figura 1 sintetiza o canal físico-químico apresentado pelo autor em 1976. Ela segmenta o fenômeno em um sistema composto por cinco elementos. Iniciando-se pelo “Insumo”, onde tem-se o estado inicial da atmosfera com suas características naturais, seguido pela “Transformação”, ponto os fatores determinantes como as

emissões, atividades urbanas, combustão, e fatores condicionantes como a topografia, ventilação dentre outros passam a interagir com a atmosfera.

**Figura 01- Subsistema Físico-Químico de Monteiro**



Fonte: Adaptado de Monteiro (1976)

O terceiro momento seria a “Produção”, apresentando os produtos da interação da primeira parte com a segunda como altos níveis de concentração de poluentes. O quarto momento intitulado “Percepção” apresenta as repercussões daquilo que foi produzido para a sociedade, neste momento o autor salienta problemas de saúde, biodiversidade, redução de visibilidade, questões sanitárias dentre outras. O último segmento de seu sistema, apontado como um diferencial em sua proposta, seria a “Ação”, ou possibilidades de sanar ou reduzir o problema previamente explicado. Neste ponto, Monteiro segmenta as ações entre as de alerta, envolvendo monitoramento da qualidade do ar, e as decisivas, envolvendo estratégias anti emissivas.

As particularidades técnicas e metodológicas de cada subsistema fazem com que o número de publicações e consequentemente o desenvolver científico sobre cada temática um seja diferente. Tal fato foi tratado por Monteiro e Mendonça (2003), Rodrigues et al (2012) e Castelhano (2020), ao analisaram publicações de teses e dissertações que versavam sobre clima urbano. Os autores analisaram diferentes recortes entre os anos de 1990 e 2017, revelando um desequilíbrio grande entre os três subsistemas do clima urbano, com o maior número de publicações no canal termodinâmico, seguido pelo hidrometeorológico e por último o físico-químico.

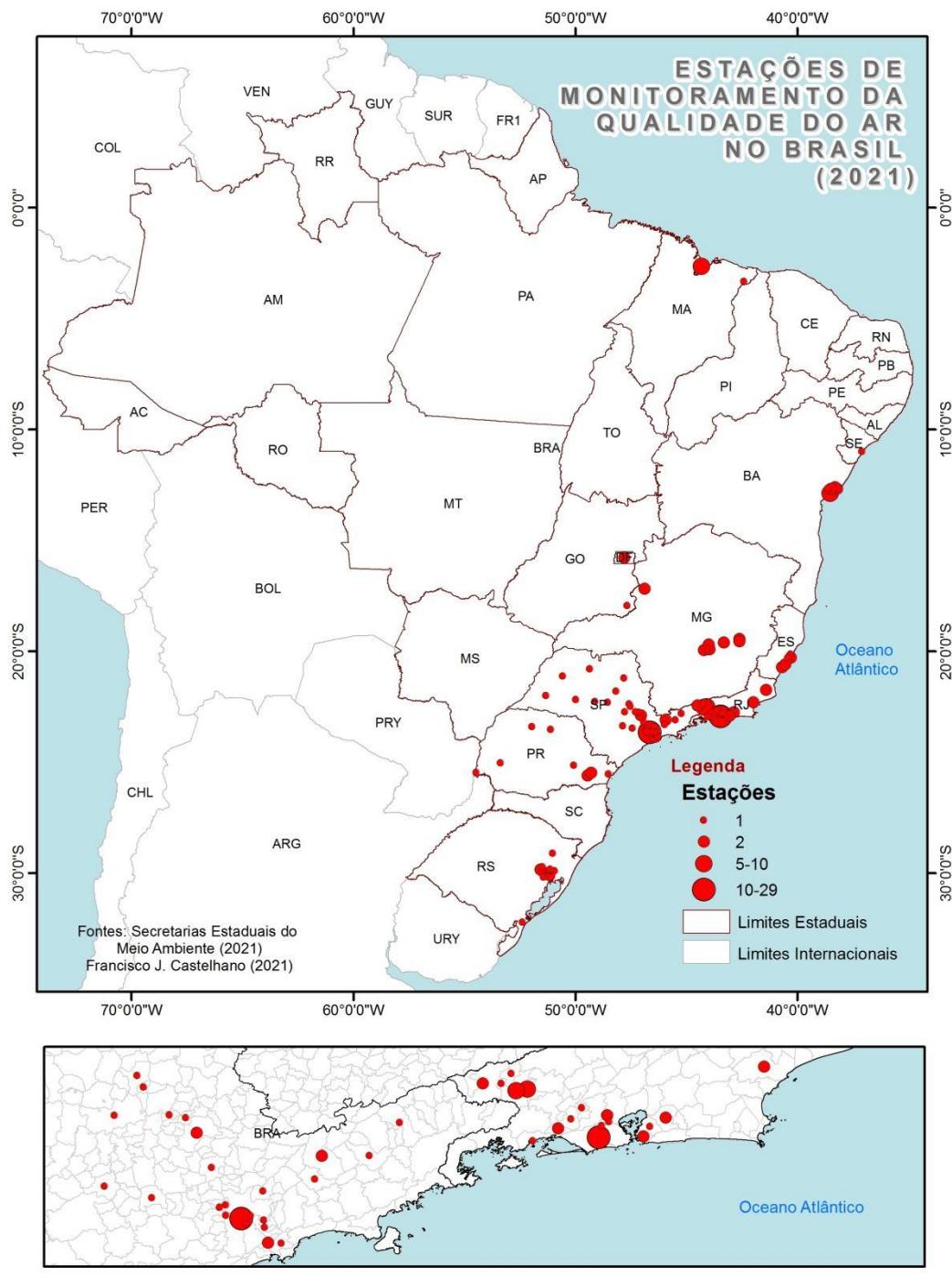
As dificuldades em obtenção de dados e registros para qualificar as publicações, sejam eles primários ou secundários são tidos como o principal obstáculo no desenvolver de pesquisas nesta temática. Embora sua importância e caráter geográfico sejam reconhecidos, os equipamentos e procedimentos utilizados para a coleta de dados são de maneira geral de alto custo e complexas.

No âmbito das redes públicas de monitoramento da qualidade do ar, a figura 02 apresenta um mapeamento recente de sua dispersão pelo território nacional. Regiões como a Norte por exemplo, não possuem estações que promovam a coleta destes dados em superfície. Ademais disto, poucos são os municípios que contam com estações de monitoramento da qualidade do ar que possam embasar estudos a este respeito. Reforça-se a concentração dos pontos de coleta nos grandes centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro (em destaque no mapa), mas uma distribuição desigual pelo território nacional.

Embora poucos tenham sido os seus trabalhos especificamente no campo da Qualidade do Ar, os quais ressaltamos orientações de Mestrado e Doutorado nos

anos 1970 com análises para Rio de Janeiro e Osasco, dentre outros, as contribuições teóricas do autor seguem norteando trabalhos neste campo até o presente conforme será demonstrado no item a seguir.

**Figura 02 - Distribuição das Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil.**



Fonte: Autores (2021)

### Análise Geográfica da Qualidade do Ar: Estado da Arte

Objetivando apresentar a influência do pensamento de Monteiro sobre a produção de conhecimento geográfico acerca da temática da poluição, foi feito levantamento bibliográfico, a partir do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes. Utilizando as palavras-chave previamente mencionadas, e aumentando o intervalo de análise em relação a levantamentos previamente realizados, foram selecionados um total de trinta e quatro trabalhos acadêmicos publicados entre 1988 e 2020, entre teses e dissertações que versavam sobre a temática da poluição atmosférica na Geografia brasileira. Conforme o gráfico da figura 03, reforça-se o predomínio de dissertações (vinte e um trabalhos) em relação as teses (nove trabalhos).

**Figura 03 - Total de Trabalhos publicados por tipo (Dissertação e Tese)**



Fonte: Autores (2023)

Conforme mencionado anteriormente, reconhece-se a orientação de trabalhos orientados por Monteiro a respeito deste tema, como a dissertação por ele orientada e defendida por Marua Luiza Minelli, junto ao programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo intitulada “Implantação industrial e poluição ambiental em Osasco” e como a tese defendida no mesmo programa pela autora Lucy Pinto Gallego intitulada “Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: um ensaio em climatologia urbana”. Ambos os trabalhos, todavia, não foram encontrados nos repositórios virtuais, de modo que suas análises não puderam ser realizadas.

Partindo dessa premissa, o primeiro trabalho disponível abordando tal temática tem seu registro em 1988, como tese de doutoramento publicado pela pesquisadora Helena Ribeiro Whitaker Sobral, junto ao programa de pós-graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo. Infelizmente, o trabalho intitulado “Poluição do

ar e doenças respiratórias em crianças da Grande São Paulo: um estudo de Geografia Médica" não foi encontrado integralmente, de modo que sua metodologia não pode ser analisada, embora a temática e área de estudo sejam evidenciadas pelo título.

O gráfico da figura 04 evidencia que a publicação de Sobral (1988) pode ser concebida como pioneira em termos da discussão geográfica envolvendo a questão da poluição atmosférica, haja vista que o tema só tornara a ser abordado em trabalhos de pós-graduação em 1997, quase dez anos depois, em dissertação publicada junto a Universidade Federal de Santa Catarina, pelo autor Maurici Amantini Monteiro. Embora compartilhe do sobrenome de Carlos Augusto Monteiro, o geógrafo foco deste trabalho contribui ao trabalho de seu homônimo no âmbito da análise sinótica e não especificamente na análise sistêmica da qualidade do ar. A partir da década de 2010, percebe-se um crescimento nas publicações, levando a uma maior expansão geográfica do conhecimento sobre a temática.

**Figura 04** - Quantidade de Trabalhos sobre Poluição Atmosférica Publicados por Ano.



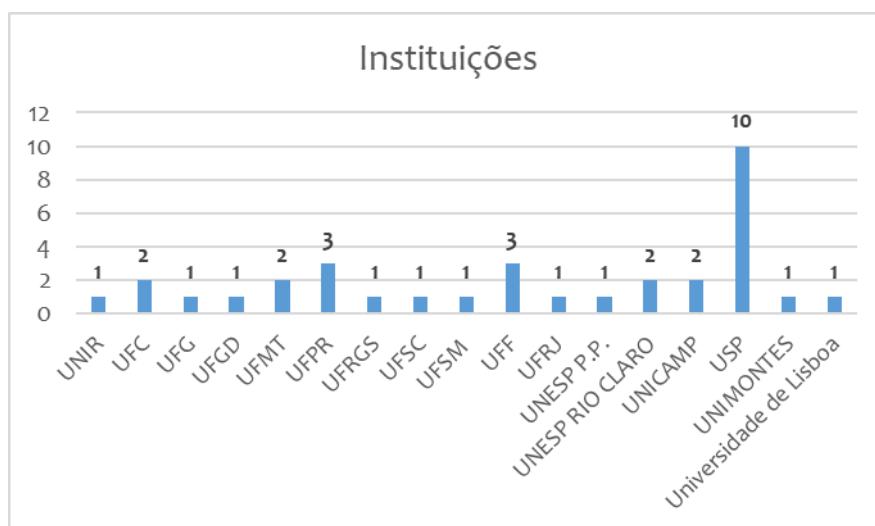
Fonte: Autores (2023)

Esta expansão geográfica, todavia, apresenta ainda grandes potencialidades de intensificação. O trabalho publicado pela UFSC em 1997 por exemplo, foi único sobre a temática defendido junto ao programa da instituição. Conforme observa-se na figura 05, os trabalhos em geografia sobre poluição atmosférica aglomeram-se entorno do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo, totalizando dez trabalhos. Em seguida a Universidade Federal Fluminense e Universidade Federal do Paraná aparecem com três trabalhos em

cada. Na região nordeste, salientamos os dois trabalhos publicados junto ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará como pioneiros na região, além do trabalho publicado junto a Universidade Federal de Rondônia como único defendido na região norte do país.

O mapa da figura 06 procura espacializar as localidades alvo de estudos envolvendo a temática da qualidade do ar na geografia brasileira. Percebe-se uma nítida concentração de estudos no estado de São Paulo, contemplando a capital com um total de seis estudos (quatro teses e duas dissertações), mas também polos importantes como Paulínia, Campinas, São José dos Campos e Ribeirão Preto.

**Figura 05** - Trabalhos Publicados por Instituição.

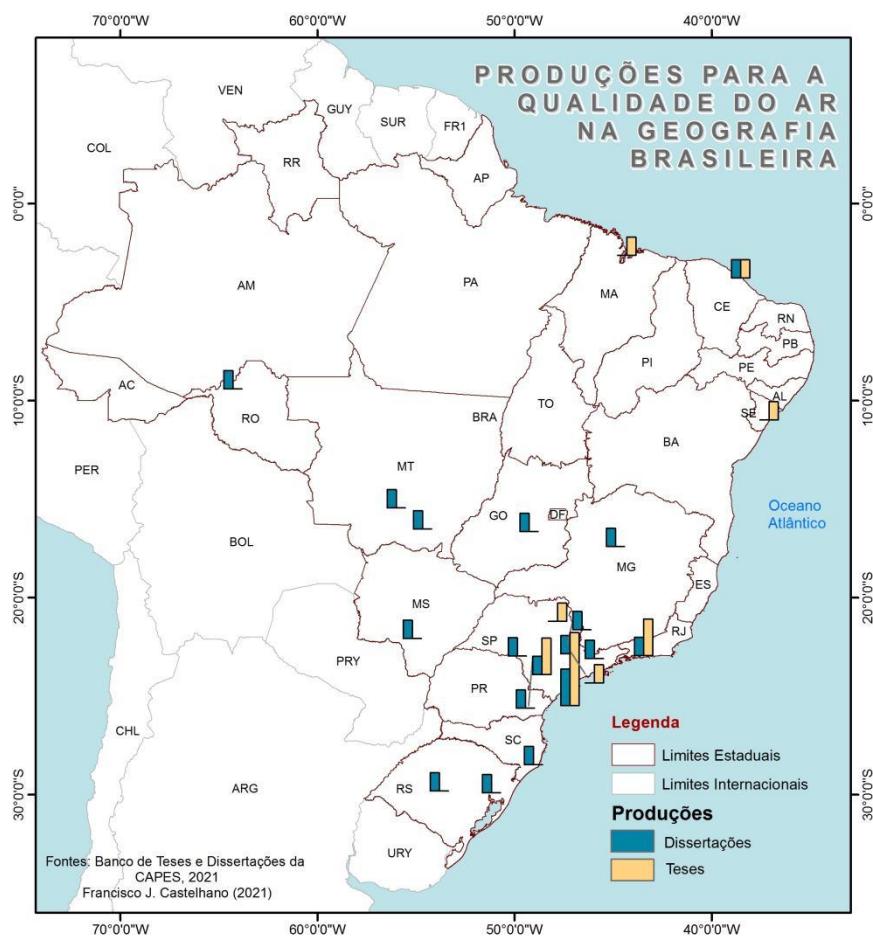


Fonte: Autores (2023)

Curitiba é outra cidade que se destaca neste mapa, com três produções, além de uma dissertação debatendo o problema na cidade de Araucária, polo industrial da região metropolitana. Reforçamos também os estudos realizados em Cuiabá, Dourados, Rondonópolis e Goiânia na região centro-oeste.

Em termos de lacunas, o mapa apresenta de forma nítida a escassez de trabalhos nas regiões norte e nordeste do país, a primeira, com apenas uma produção envolvendo a cidade de Porto Velho em Rondônia, e a segunda com trabalhos no Ceará, São Luiz e Aracaju, este último ainda sendo defendida em uma Universidade estrangeira, a Universidade de Lisboa.

**Figura 06** - Localidades contempladas com Teses e Dissertações sobre Qualidade do Ar na Geografia Brasileira.



Fonte: Autores (2021)

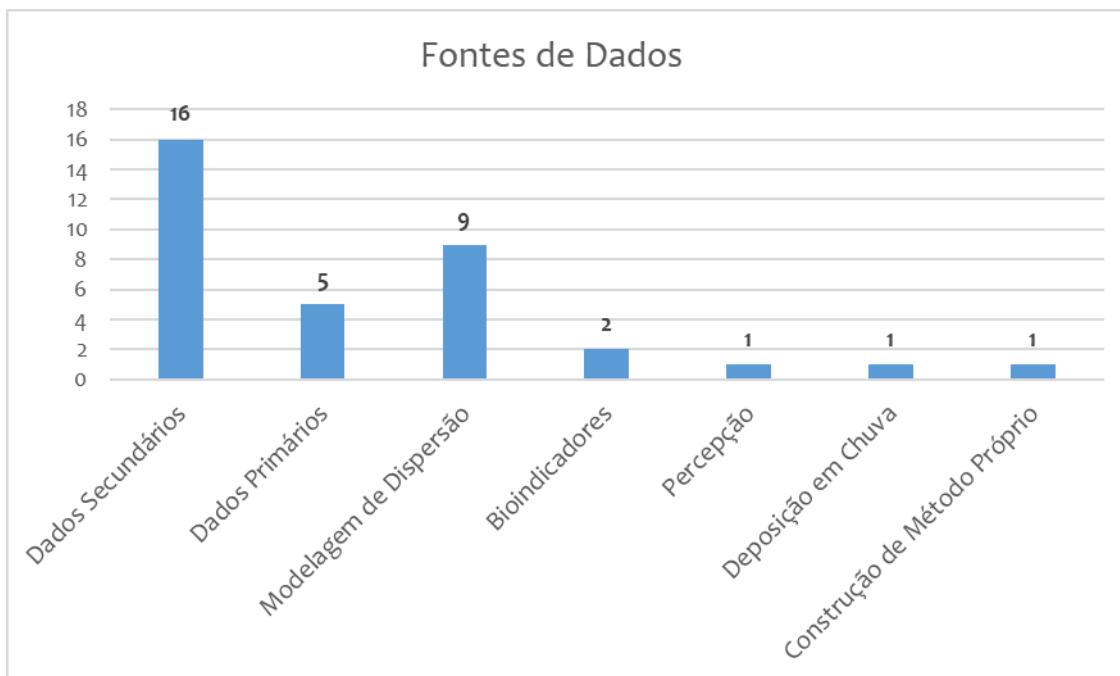
A análise das técnicas empregadas revelou-nos alguns problemas e situações semelhantes entre os trabalhos. A primeira delas, deu-se pela dificuldade na coleta de dados primários, sobretudo pelo custo dos equipamentos. A figura 07 quantifica as diferentes fontes de dados observadas nos trabalhos.

As análises desenvolvidas com dados de monitoramento de origem secundária são as em maior número, atingindo dezesseis trabalhos. Em seguida, e estes foram produzidos sobretudo na última década analisada, estão os trabalhos que se utilizaram de modelos de dispersão de emissões. De forma geral, consideramos que os dados inputados nos modelos de dispersão também foram secundários, mas neste caso, não foram de monitoramento, e sim, de volumes de emissão.

A utilização de coletas primárias deu-se em apenas cinco trabalhos analisados, reforçando o problema levantado por Monteiro (1976) quanto a

dificuldade na obtenção de informações deste campo quando relacionados com os outros dois. Ainda se observaram trabalhos com Bioindicadores, percepção e deposição de poluentes em Chuva como fontes de dados para análise geográfica da qualidade do ar.

**Figura 07** - Fontes dos Dados Utilizados nas Pesquisas levantadas.



Fonte: Autores (2021)

No âmbito da metodologia seguida, percebe-se a influência de Monteiro de forma significativa. As principais contribuições do autor situam-se no uso da metodologia do Sistema Clima Urbano, norteando a elaboração de nove trabalhos, e da técnica da Análise Rítmica, aplicado para compreender a relação entre os tipos de tempo e a concentração de poluentes atmosféricos.

No uso da definição dos tipos de tempo temos o já mencionado trabalho de Maurici Monteiro (1997) sobre Tubarão, Santa Catarina e Miriam Gutjahr (2003) sobre Paulínia, estado de São Paulo.

A metodologia do Sistema Clima Urbano por sua vez, encontra-se atrelado a diversas técnicas, como a modelagem de emissões, presente em Castelhano (2019), Chiquetto (2016) e Saavedra (2018).

Coletas primárias e a Análise Rítmica também foram aplicados de forma conjunta a concepção sistêmica do Clima Urbano. Dentre estes citamos os trabalhos Danni-Oliveira (2000) e Castelhano (2019). A primeira merece destaque por ter sido

a primeira tese de doutorado publicada a se utilizar do sistema clima urbano para performar uma análise da qualidade do ar na geografia brasileira.

Danni-Oliveira (2000) realizou campanhas de coletas de dados de concentração de poluentes em vinte e seis pontos ao longo dos eixos viários estruturais de Curitiba, que representassem os diferentes usos do solo urbano.

Ao fim das coletas, a pesquisadora concluiu uma nítida influência de questões de mobilidade com níveis elevados de material particulado em suspensão e de dióxido de nitrogênio. No que tange a produção do espaço urbano, a autora aponta a região da Cidade Industrial de Curitiba (CIC), como a região com os maiores índices de deposição ácida na forma de  $\text{SO}_4$ . Por outro lado, no ponto de coletas situado junto a região rural, no município de São José dos Pinhais, Leste de Curitiba, foram observados os mais baixos índices em todas as espécies analisadas. No âmbito da aplicação da análise rítmica, a autora evidencia que não foi possível estabelecer uma relação direta entre a concentração de poluentes e os tipos de tempo ocorrido, no entanto seus resultados sugerem uma associação entre os episódios mais críticos e a atuação da Massa Polar Atlântica.

### **Considerações Finais**

Este artigo teve como objetivo apresentar a influência do pensamento de Carlos Augusto Figueiredo Monteiro na construção do pensamento geográfico a respeito do tema da poluição atmosférica.

No âmbito do levantamento dos trabalhos a respeito da temática, reforça-se a existência de lacunas de conhecimento nas regiões norte e nordeste do Brasil, e em cidades de médio e pequeno porte do país como um todo. Dado a escassez de informações, e dificuldade na obtenção de dados primários, o cenário levantado por Monteiro, tecendo críticas para com a ausência de dados sobre este tema mantém-se com poucas alterações a nível nacional.

Embora poucos tenham sido suas contribuições práticas e diretas no âmbito da pesquisa sobre poluição atmosférica, sua teoria do Sistema Clima Urbano faz-se presente em uma parcela significativa das produções acadêmicas em geografia acerca deste tema.

Salientamos também, a aplicação de sua metodologia em conjunto a técnicas tradicionais, como a Análise Rítmica, mas também atuais, como Machine Learning e Modelagem de Emissões.

O elevado número de trabalhos que usam sua metodologia em décadas recentes, e sua convergência com conceitos ainda pouco discutidos na geografia mundial, como a Justiça Climática, atestam seu caráter inovador, e reforçam a perspectiva de que a aplicação de sua teoria do Sistema Clima Urbano ainda possui vasto campo a ser desenvolvido no Brasil e no mundo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Humberto Prates da Fonseca, Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, 2006.

ALVES, Marcelo Wilson Furlan Matos MARIANO,Enzo Barbiero, Climate justice and human development: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, n. 20, p. 360-375, 2018.

BARBOSA, Isabelle Ribeiro, GONÇALVES, Ruana Clara Bezerra, SANTANA, Reginaldo Lopes. Mapa da vulnerabilidade social do município de Natal-RN em nível de setor censitário. **Journal of Human Growth and Development**, 29 (1),48-56, 2019.

CASTELHANO, Francisco Jablinski, **O Clima e as Cidades**, 1.ed., Curitiba: Intersaber, 2020.

CASTELHANO,Francisco Jablinski. **Qualidade do Ar no AUC (Aglomerado Urbano de Curitiba/PR) - Configuração Atual e Perspectivas no Âmbito das Mudanças Climáticas Globais**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

CHIQUETTO,Julio Barboza. **A distribuição espacial da concentração de ozônio troposférico associada ao uso do solo na região metropolitana de São Paulo**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo,São Paulo, 2016.

DANNI-OLIVEIRA,Inês Moresco. **A cidade de Curitiba e a Poluição do ar**. 2000. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo,São Paulo, 2000.

GUTJAHR,Miriam Ramos. **A Poluição do Ar em Paulínia (SP): Uma análise históricogeográfica do clima**. 2003. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo,São Paulo, 2003.

HENRIQUE, karen Paiva,TSCHAKERT, Petra. Pathways to urban transformation: From dispossession to climate justice. **Progress in Human Geography**, v. 45, t. 5, p. 1169-1191, 2021.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e Clima Urbano**. 1.ed. São Paulo: IGEO/USP, 1976

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. MENDONÇA, Francisco de Assis, **Clima Urbano**, 1.ed., São Paulo: CONTEXTO, 2003

MONTEIRO, Maurici Amantino. **Avaliação das condições atmosféricas para controle da qualidade do ar no entorno do complexo termelétrico Jorge Lacerda**. 1997. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

OLIVEIRA, Paulo Marcos Paiva de. **Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano.** 1988. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 1988.

RICE, Jennifer, LONG, Joshua, LEVENDA, Anthony. **Urban Climate Justice: Theory, Praxis, Resistance** 1. ed. Georgia: University of Georgia Press, 2023.

RODRIGUES, Nathan Lima. PINHEIRO, Gabriela Marques e MENDONÇA, Francisco de Assis, Clima Urbano No Brasil: Análise E Contribuição Da Metodologia De Carlos Augusto De Figueiredo Monteiro, **Revista GeoNorte**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.626 – 638, 2012

SAAVEDRA, Gabriel Cristobal Valenzuela. **Poluição e qualidade do ar, modelagem ambiental da dispersão dos poluentes de fonte fixa.** 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

SANCHEZ, Alba Idaly Muñoz, BERTOLOZZI, Maria Rita. Pode o conceito de vulnerabilidade apoiar a construção do conhecimento em Saúde Coletiva?. **Ciência e Saúde Coletiva**, 12(2), 319-324, 2007.

SANT'ANNA NETO, João Lima. O Clima Urbano como Construção Social: Da Vulnerabilidade Polissêmica das Cidades Enfermas ao Sofisma Utópico das Cidades Saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, 8, 45-60, 2011.

SANTOS, Milton. **Urbanização Brasileira** 1. ed. São Paulo: Edusp, 1993.

SOBRAL, Helena Ribeiro Whitaker. **Poluicao do ar e doenças respiratorias em criancas da grande sao paulo: um estudo de geografia medica.** 1988. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988

## NOTAS DE AUTOR

### CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Francisco Jablinski Castelhano - Concepção e elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho

### FINANCIAMENTO

Não se aplica.

### CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

### APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

### CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

### LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

### HISTÓRICO

Recebido em: 04-09-2023

Aprovado em: 05-04-2024