



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
Instituto de Ciências Humanas – IH
Departamento de Geografia – GEA
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGEA

RENATO BASTOS RODRIGUES

INTERPRETAÇÃO EPISTEMOLÓGICA DOS DESACORDOS
EM ESTUDOS DE CLIMA:
DOS OLHARES KUHNIANO E LAKATOSIANO

Brasília, DF

2024

Rodrigues, Renato Bastos

Interpretação epistemológica dos desacordos em estudos de clima: dos olhares kuhniano e lakatosiano./ Renato Bastos Rodrigues – 2024. 136 f. : il ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília.

Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2024.

Orientação: Dante Flávio da Costa Reis Júnior.

Inclui Bibliografia.

1.Paradigmas da Climatologia 2. Olhares kuhniano e lakatosiano.

Ficha Catalográfica

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Renato Bastos Rodrigues

RENATO BASTOS RODRIGUES

**INTERPRETAÇÃO EPISTEMOLÓGICA DOS DESACORDOS EM ESTUDOS DE
CLIMA: DOS OLHARES KUHNIANO E LAKATOSIANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia do Instituto de Ciências Humanas da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Geografia. Área de concentração: Análise de Sistemas Naturais, eixo temático: história e teoria da geografia física.

Defendida em: 29 de maio de 2024.

Banca examinadora formada pelos Professores:

Prof. Dr. Dante Flávio da Costa Reis Júnior
Departamento de Geografia- GEA/ICH/UnB (Presidente - Orientador)

Prof. Dr. Rafael Rodrigues da Franca
Departamento de Geografia- GEA/ICH/UnB (Membro Interno)

Prof. Dr. Gilvan Charles Cerqueira de Araújo
Universidade Católica de Brasília (UCB) ; Secretaria de Educação (SEE-GDF) (Membro Externo)

Prof. Dr. Rogério Elias Soares Uagoda
Departamento de Geografia- GEA/ICH/UnB (Suplente)

Dedico essa pesquisa para as minhas sobrinhas Lara e Valentina: mais desafiador do que discutir Epistemologia, é imaginar nossas vidas sem vocês. Dedico também para minha mãe, Renata, o amor que nunca saberei explicar.

AGRADECIMENTOS

Tenho Deus e minha família, que amo incondicionalmente, como primazia. Obrigado, pais e irmãs, por tudo que fizeram e fazem por mim. O amor pela escrita de um cordelista e comunicador nato somado à dedicação de uma excelente pedagoga que sempre defendeu a educação pública e buscou o melhor para os quatro filhos, resulta no geógrafo que vos fala.

Estendo meus agradecimentos à minha madrastra Ana Cláudia, à minha irmã Ana Maria, ao meu padrasto Pedro Paulo, às minhas sobrinhas Lara, Valentina e ao seu pai Fabiano, e aos meus Cunhados Pedro Ivo e Henrique.

Ao trio que me zela – Veralucia, Camilla e Nathália –, onde quer que estejamos, espalhados por esses continentes, o amor nos alcança.

Agradeço aos professores Roberto A. T. Gomes, Renato F. Guimarães e Rafael R. da Franca, do Programa de Pós-Graduação em Geografia, pelas disciplinas ministradas, sugestões, apoio, incentivo e entusiasmo diante de tal proposta para a nossa Geografia; e ao professor Marcelo Bizerril, do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, pela disciplina ministrada e a possibilidade de expandir o conhecimento para além do meu mundo de Geografia teórica.

Agradeço aos colegas de trabalho pelo convívio e apoio ao longo de 24 meses desafiadores.

Por fim, com toda a gratidão possível, reitero meu obrigado ao professor Dante por mais uma vez aceitar tal desafio epistemológico. A paciência e compreensão são virtudes que não te faltam.

*O sorriso vinha correndo
E chocou-se com a tristeza
Aproveitou para dizer
Que a vida é uma beleza.
A tristeza ficou sem graça,
Mas não perdeu o rebolado
Deu uma bronca no pessimismo
Que manteve-se calado.
Enquanto o otimismo vibrava
E o sorriso partia,
A tristeza concordava
Que a vida é só alegria.*

***(Lima Rodrigues, pai, poeta, escritor e
jornalista).***

RESUMO

O campo epistemológico da Filosofia pode trazer para a ciência climatológica um considerável mundo de discussões metateóricas e reinterpretções daquilo que nela se pratica. Esta Dissertação está centrada no desenvolvimento das pesquisas no âmbito das ciências atmosféricas, com foco na Climatologia e Climatologia Geográfica – sendo que entendemos que o avanço conjunto dessas ciências fez surgir variados ramos, correntes de pensamento e metodologias. Neste sentido, foi partindo da Meteorologia, campo pautado na Física, que a Climatologia surgiu e se desenvolveu. Contudo, com o tempo, um caráter geográfico se fez necessário, e conferiu aos geógrafos (por exemplo, brasileiros) uma possibilidade de conquistar destaque e protagonismo entre demais pesquisadores. Nossa hipótese é que, para compreender detalhes desse processo e alguns momentos-chave, a aplicação de metateorias é um recurso decisivo. E, no caso, os modelos de Thomas Kuhn e de Imre Lakatos ganham saliência por serem perspectivas epistemológicas célebres e, a nosso juízo, potentes para a discussão a ser aqui apresentada; qual seja: a manifestação de abordagens discordantes dentro da comunidade de experts. A fim de demonstrar a versatilidade das metateorias kuhniana e lakatosiana, a projetamos sobre dois casos que são pertinentes, na medida em que, enquanto um deles ilustra o desacordo em termos de leitura metodológica (uma controvérsia internalista, poderíamos dizer), o outro o exemplifica em termos de visão axiológica (uma controvérsia que pode ter ingredientes externalistas, portanto). Para isso, primeiramente, avaliamos o caso dos paradigmas clássico e dinâmico na Climatologia. Depois, damos atenção particular ao tema do aquecimento global – fenômeno igualmente atraente para uma análise calcada em filosofia da ciência, posto que as questões climáticas têm ganhado uma forte notoriedade. Concluimos que a abordagem metacientífica contribui para um melhor esclarecimento sobre as divergências que permeiam as discussões climáticas. Com este trabalho pretendemos incentivar a comunidade de geógrafo(a)s físico(a)s especialmente voltado(a)s para os estudos de clima a se interessem mais pelos fatores epistemológicos que estão incutidos em seu campo de atuação. Esta seria uma maneira de se precaver de visões simplistas acerca do que acontece em sua comunidade – em especial, as dinâmicas de conflito.

Palavras-chave: climatologia; meteorologia; modelos metacientíficos; mudanças climáticas; negacionismo.

RESUMEN

El campo epistemológico de la Filosofía puede aportar a la ciencia climatológica un mundo considerable de discusiones metateóricas y reinterpretaciones de lo que en ella se practica. Esta tesis de Maestría se centra en el desarrollo de investigaciones en el ámbito de las ciencias atmosféricas, con enfoque en Climatología y Climatología Geográfica – y entendemos que el avance conjunto de estas ciencias ha dado origen a diversas ramas, corrientes de pensamiento y metodologías. En este sentido, fue a partir de la Meteorología, campo basado en la Física, que surgió y se desarrolló la Climatología. Sin embargo, con el tiempo, un carácter geográfico se hizo necesario y dio a los geógrafos (por ejemplo, los brasileños) la posibilidad de ganar prominencia y protagonismo entre otros investigadores. Nuestra hipótesis es que, para comprender detalles de este proceso y algunos momentos clave, la aplicación de metateorías es un recurso decisivo. Y, en este caso, los modelos de Thomas Kuhn e Imre Lakatos ganan propiedad porque son perspectivas epistemológicas famosas y, a nuestro juicio, poderosas para la discusión que aquí se presenta; a saber: la manifestación de enfoques discordantes dentro de la comunidad de expertos. Para demostrar la versatilidad de las metateorías kuhniana y lakatosiana, la proyectamos en dos casos que resultan pertinentes, en la medida en que, mientras uno de ellos ilustra el desacuerdo en términos de lectura metodológica (una controversia internalista, podríamos decir), el otro lo hace en términos de una visión axiológica (una controversia que puede tener ingredientes externalistas, por tanto). Para ello, en primer lugar, evaluamos el caso de los paradigmas clásico y dinámico en Climatología. A continuación, prestamos especial atención al tema del calentamiento global, un fenómeno igualmente atractivo para un análisis basado en la filosofía de la ciencia, dado que las cuestiones climáticas han adquirido una fuerte notoriedad. Concluimos que el enfoque metacientífico contribuye a una mejor comprensión de las divergencias que impregnan las discusiones sobre el clima. Con este trabajo, pretendemos fomentar el interés de la comunidad de geógrafos físicos, especialmente centrados en los estudios climáticos, se interese cada vez más por los factores epistemológicos que están insertos en su campo de actividad. Esta sería una forma de protegerse contra visiones simplistas sobre lo que sucede en su comunidad, especialmente las dinámicas de conflicto.

Palabras clave: climatología; meteorología; modelos metacientíficos; cambio climático; negacionismo.

ABSTRACT

The epistemological field of Philosophy can bring to climatological science a considerable world of metatheoretical discussions and reinterpretations of what is practiced in it. This Dissertation is centered on the development of research within the scope of atmospheric sciences, with a focus on Climatology and Geographic Climatology – and we understand that the joint advancement of these sciences has given rise to various branches, currents of thought and methodologies. In this sense, it was starting from Meteorology, a field based on Physics, that Climatology emerged and developed. However, over time, a geographic character became necessary, and gave geographers (for example, Brazilians) the possibility of gaining prominence and protagonism among other researchers. Our hypothesis is that, to understand details of this process and some key moments, the application of metatheories is a decisive resource. And, in this case, the models of Thomas Kuhn and Imre Lakatos gain prominence because they are famous epistemological perspectives and, in our opinion, powerful for the discussion to be presented here; namely: the manifestation of discordant approaches within the community of experts. In order to demonstrate the versatility of kuhnian and lakatosian metatheories, we project it onto two cases that are pertinent, insofar as, while one of them illustrates the disagreement in terms of methodological perspective (an internalist controversy, we could say), the other exemplifies it in terms of an axiological point of view (a controversy that may have externalist ingredients, therefore). To do this, first, we evaluate the case of the classic and dynamic paradigms in Climatology. Afterwards, we pay particular attention to the topic of global warming – an equally attractive phenomenon for an analysis based on the philosophy of science, given that climate issues have gained strong notoriety. We conclude that the metascientific approach contributes to a better understanding of the divergences that permeate climate discussions. With this work, we aim to encourage the community of physical geographers, especially focused on climate studies, becoming more interested in the epistemological factors that are embedded in their field of activity. This would be a way to guard against simplistic views about what happens in your community – especially conflict dynamics.

Keywords: climatology; meteorology; metascientific models; climate change; denialism.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 – Conceitos-chave do modelo kuhniano | 27 |
| Figura 2 – Conceitos-chave do modelo lakatosiano | 27 |
| Figura 3 – <i>Timeline</i> da modelagem climática | 64 |
| Figura 4 – Um modelo de circulação global | 66 |
| Figura 5 – Síntese esquemática dos temas tratados na dissertação | 122 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLINTEL – *Climate Intelligence Foundation*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC – *International Panel on Climate Change*

ONU – Organização das Nações Unidas

SUMÁRIO

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. | Introdução | 1 |
| 1.1. | Objetivo geral | 2 |
| 1.2. | Objetivos específicos | 2 |
| 1.3. | Justificativa | 2 |
| 1.4. | Hipótese | 3 |
| 1.5. | Procedimentos | 3 |
| PARTE I – A FILOSOFIA DA CIÊNCIA E PROPOSTAS METATEÓRICAS | | 5 |
| 2. | Modelos epistemológicos e breve análise da Filosofia da Ciência | 5 |
| 2.1. | A superação do positivismo | 8 |
| 2.2. | O ciclo de Kuhn e as fases da ciência revolucionária e não-cumulativa .. | 12 |
| 2.3. | A proposta de Lakatos através de uma ciência cumulativa e multiparadigmática | 22 |
| PARTE II – DIÁLOGO ENTRE OS ESTUDOS DO CLIMA E A VERIFICAÇÃO DOS MODELOS METATEÓRICOS | | 28 |
| 3. | Dos aspectos da geografia física e seus conhecimentos (pouco epistemológicos) | 28 |
| 3.1. | A dicotomia da geografia física | 33 |
| 3.2. | A ciência meteorológica predecessora e o que veio dela | 37 |
| 3.2.1. | <i>A Meteorologia Descritiva</i> | 38 |
| 3.2.2. | <i>A Meteorologia Dinâmica</i> | 39 |
| 3.3. | A Climatologia e o desenvolvimento do campo atmosférico | 40 |
| 3.3.1. | <i>A Climatologia Clássica</i> | 43 |
| 3.3.2. | <i>A Climatologia Dinâmica</i> | 47 |
| 3.4. | A síntese da Climatologia Geográfica (brasileira) | 59 |
| 3.5. | O uso de modelos na ciência do clima: evolução e limites | 63 |
| 4. | Da aplicabilidade metacientífica: a abordagem prática em um segundo plano | 69 |

| | | |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. | O comportamento do ciclo kuhniano dentro da Climatologia e suas limitações | 71 |
| 4.2. | A pluralidade lakatosiana como alternativa | 78 |
| 4.3. | Os princípios kuhnianos de não acúmulo da ciência <i>versus</i> a constante refutação de hipóteses nos programas de pesquisa | 80 |

PARTE III – DIVERGÊNCIAS NA CIÊNCIA, QUESTÕES CLIMÁTICAS E SUA ABORDAGEM COMO CENTRO DO CONFLITO **82**

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5. | Controvérsia: abordagens em filosofia da ciência | 82 |
| 6. | Das discussões climáticas: o cenário científico em conflito com a visão midiática | 86 |
| 6.1. | Mudanças climáticas: o debate público | 89 |
| 6.2. | A diversidade de posicionamentos sobre mudanças climáticas | 93 |
| 6.2.1. | <i>Tese I: Saliência aos fatores “antropogênicos” do aquecimento global..</i> | 103 |
| 6.2.2. | <i>Tese II: Ênfase nos fatores “naturais” do aquecimento global</i> | 110 |
| 6.2.3. | <i>Balanço do antagonismo</i> | 115 |
| 6.3. | Por uma educação (meta)científica que esclareça a “diversidade” | 116 |
| | Considerações finais | 123 |
| | Referências | 128 |

1. Introdução

Esta Dissertação de Mestrado tem como finalidade compreender o desenvolvimento das ciências atmosféricas, com foco na ciência da Climatologia Geográfica, através do olhar da Filosofia da Ciência (FC). As concepções filosóficas são inerentes à atividade científica e esta pesquisa busca explorar (e incitar) a discussão filosófica e metodológica no campo climatológico, que em alguns momentos tende a ser deixada de lado devido à uma (talvez presumida) “irrelevância” na área em questão. Os processos metodológicos e conceitos metacientíficos são explorados para que a abordagem da ciência do clima possa ser melhor compreendida, defendendo que uma explanação teórica é enriquecedora para o desenvolvimento de um campo científico: ela traz clareza e compreensão historiográfica. Após isso, o cenário das mudanças climáticas entra em pauta com dois pensamentos divergentes, entendendo-se que essa situação (a princípio, curiosa) é própria dos campos científicos; isto é, múltiplas proposições podem almejar reconhecimento sem que se perca a relevância da discussão dentro de uma comunidade de cientistas.

Fazendo uma analogia com a sétima arte, o cinema, o leitor pode entender os tópicos centrais dos primeiros capítulos como personagens de um filme, cujos caminhos vão se cruzando até chegarem ao clímax da história. A transição de um capítulo para o outro, com discussões tão diferentes, pode parecer, *a priori*, abrupta. Falar de Filosofia, processos metodológicos, modelos metateóricos e, logo depois, já adentrar no cenário atmosférico com Meteorologia e Climatologia pode soar, realmente, estranho (e não é à toa que dentre as referências aqui utilizadas são pouquíssimas as que trazem o fator epistemológico como ponto principal do trabalho). Todavia, entendendo a epistemologia e as ciências atmosféricas como protagonistas desta história, a sua reunião mais tarde irá nos remeter aos encontros inusitados de figuras tão diferentes, mas que possuem um curioso vínculo (*à la Pulp Fiction*, por assim dizer). Ao longo dos capítulos, uma pequena parte da história dos estudos atmosféricos será contada sob a lente epistemológica de duas figuras importantes. Dentro de toda a narrativa histórica, essa pesquisa torna-se uma mera coadjuvante.

1.1 Objetivo geral

- Abordar epistemologicamente os estudos sobre atmosfera e clima, contribuindo a um tipo de discussão ainda pouco explorado no campo da geografia física.

1.2 Objetivos específicos

- Apresentar dois modelos metacientíficos (o de T. Kuhn e o de I. Lakatos) e compreender até que ponto eles são adequados para avaliar a dinâmica de produção de conhecimento em duas situações-problema ;
- [1ª situação-problema] *Discutir as origens do campo da Climatologia, inferindo o que pode significar (em termos de “paradigma” e “programa de pesquisa”) o desenvolvimento interno das abordagens clássica e dinâmica ;*
- [2ª situação-problema] *Examinar duas teses sobre as mudanças climáticas (pró e contra o fator antropogênico), a fim de testar o poder descritivo de cada um dos modelos metacientíficos ; e*
- Demonstrar que a análise metateórica colabora a interpretar de um modo mais refletido o significado das controvérsias dentro das ciências socioambientais, funcionando como uma espécie de antídoto contra alegações que questionam sua credibilidade.

1.3 Justificativa

Os estudos de clima, sejam atrelados à uma abordagem estatística, sejam atrelados à uma abordagem dinâmica, sempre buscaram o aprimoramento de sua instrumentalização para uma melhor interpretação das condições da atmosfera. O seu caráter de medição pode, até sem querer, ofuscar o fator epistemológico, enquanto a abordagem empírica ressalta a primazia dos estudos de campo. Porém, inerentemente, os vários episódios dentro desse campo compõem, em uma visão macro, a evolução epistemológica pouco falada por seus praticantes. Dito isso, pretende-se aqui aplicar modelos metacientíficos e interpretar esses momentos da ciência, bem como a evolução da produção de seu conhecimento.

A relevância da pesquisa se fundamenta no fato de que o arcabouço bibliográfico da área é pobre em argumentações metacientíficas. Preponderam estudos técnicos sobre episódios

e condições atmosféricas, cuja análise poderia ser mais diversificada com a incorporação daquilo que a literatura chama “paradigmas”, “revoluções científicas” e “programas de pesquisa”. É preciso compreender como as correntes de pensamento surgem, se caracterizam e se inserem dentro da ciência. Entretanto, não é objetivo aqui traçar de forma definitiva o “melhor modelo” para interpretação dos estudos de clima, muito menos definir aquele viés que melhor dialogaria com o fenômeno das mudanças climáticas. Pensamos que o mais relevante consiste em esclarecer a comunidade de que situações de divergência dentro de um campo científico podem ser explicadas por metateorias – ou seja, elas não indicam necessariamente que a lógica da ciência foi corrompida.

1.4 Hipótese

As crises científicas são um impasse apenas dentro do modelo de Kuhn. Na visão lakatosiana, elas são consequência do avanço da pesquisa e deixam de existir a partir do momento em que se assume uma ciência multiparadigmática. Diante disso, trabalhamos com a seguinte afirmação (a ser verificada ou não):

A depender do modelo epistemológico adotado, a coexistência de perspectivas interpretativas ganha um sentido distinto (ela é provisória ou longa). E, nesses termos, a disputa de interpretações acerca do significado das mudanças climáticas (seja ela momentânea ou aparentemente definitiva) não precisa ser entendida como um problema funcional da ciência.

1.5 Procedimentos

A pesquisa baseia-se em uma análise bibliográfica dentro de quatro blocos de publicações, apresentando diferentes temas: 1º) sobre filosofia da ciência, modelos metacientíficos e as ideias kuhniana e lakatosiana; 2º) sobre os estudos de clima (seus paradigmas, desenvolvimento e conceitos), abordando os campos da Meteorologia, Climatologia e Climatologia Geográfica; 3º) sobre mudanças climáticas, aquecimento global, divergências e debates entre as posições, além do tema modelagem e sua aplicabilidade no fazer

ciência; e 4º) textos que desenvolvem estudos de caso, em escala empírica, colaborando a compreender a evolução do conhecimento aqui analisado.

O primeiro grupo diz respeito à estrutura ou substrato teórico da pesquisa. O segundo grupo é o ponto principal da discussão, para o qual visamos contribuir epistemologicamente. O terceiro grupo operacionaliza nossa análise, visto que as questões climáticas têm sido foco em debates internacionais e dentro da própria comunidade científica. E o último grupo representa o desenvolvimento “imperceptível” da ciência, pois cada estudo de caso, cada modelagem, cada discussão pontual pode ser compreendida como componente a indicar um processo evolutivo em andamento (no caso, a evolução dos estudos de clima) – ainda que seus autores ignorem essa faceta teórica de suas realizações.

Sobre os materiais utilizados, fez-se uso de artigos *online*, trabalhos de pós-graduação, livros e capítulos de coletâneas. Devido à natureza teórica do trabalho, não foram utilizados tratamento de dados, geoprocessamento, medições atmosféricas etc., sendo esses itens encontrados apenas na bibliografia aqui examinada. Ao mesmo tempo em que tivemos facilidade em encontrar pesquisas voltadas para a discussão climática e a situação do aquecimento global, tivemos dificuldade em localizar trabalhos explorando o aspecto epistemológico, visto que as produções nessa área são poucas, e sobretudo quando se trata do campo especial das ciências atmosféricas. Diante desse obstáculo, nos pareceu que a melhor alternativa seria reinterpretar a metateoria aplicada em outros campos científicos estudados, dada à falta de exemplares para o campo pretendido.

A pesquisa bibliográfica foi cumprida mediante um rastreamento que foi orientado segundo essa sistematização: uma vez ponderado o temário a ser contemplado (aqueles conjuntos de assuntos enumerados no primeiro parágrafo desta seção), elaboramos uma “lista” de termos ou expressões, a qual guiaria nossa busca junto a repositórios de universidades e outras plataformas *online*. Seguimos, assim, a recomendação de autores que instruem a condução, justamente, de pesquisas bibliográficas (Healey; Healey, 2010, p. 18). Alguns dos termos-chave foram: epistemologia, climatologia geográfica e negacionismo.

PARTE I – A FILOSOFIA DA CIÊNCIA E PROPOSTAS METATEÓRICAS

2. MODELOS EPISTEMOLÓGICOS E BREVE ANÁLISE DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Tratando-se da Filosofia da Ciência (FC), entendemos que as concepções filosóficas estão totalmente vinculadas à ciência e presentes principalmente dentro dos episódios que marcam novos rumos paradigmáticos. A Geografia com suas mudanças de pensamento sempre apresentou relevância filosófica e cada filosofia trazia consigo uma influência constituinte de paradigmas que, em determinados momentos da história da disciplina, pareceram mais relevantes do que outros (Johnston, 1986; Rodrigues, 2021).

Procuraremos nesse trabalho agregar ao campo sistemático dos estudos de clima as percepções da FC. O exercício de interpretação de um campo científico através desse olhar pode e deve ser feito em mais áreas que não apenas aquelas apresentadas aqui (Meteorologia e Climatologia), pois o tema apresenta-se enriquecedor. A pesquisa científica sem filosofia talvez seja incompleta, da mesma forma como filosofia sem pesquisa científica talvez não encontre o porquê de desenvolver-se.

Um autor relevante nessa discussão é Alexandre Koyré, que, em *Sobre as influências das concepções filosóficas* (1979), discute o vínculo entre esses dois campos do saber: “a influência das concepções filosóficas sobre o desenvolvimento da ciência tem sido tão grande quanto a das concepções científicas sobre o desenvolvimento da filosofia” (Koyré, 1979, p. 55). O pensamento científico e a filosofia adotada possuem uma relação de dependência, em que o primeiro tanto influencia quanto é influenciado pela segunda.

Entretanto, alguns autores, como Strong (1966) e Freire-Maia (1998), podem não concordar com essa relação e dizer que a ciência moderna nunca possuiu de fato tal vínculo. No caso de Freire-Maia (1998), sua argumentação é a de que a influência filosófica não é necessária para o fazer ciência. Enquanto Strong (1966) enxerga tal relação apenas como aparente, calcada no simples fato de que em contextos mais pretéritos elas estiveram de fato mais próximas. Usando um exemplo da Geografia, como apresenta Johnston (1986), temos as

percepções positivista e marxista como influências dentro dos paradigmas da Geografia Teórica e Quantitativa (GTQ) e da Geografia Crítica (GC, ou Geografia Radical), respectivamente. Para o filósofo Edwin Burt (1925), tais filosofias são estruturas de apoio para a pesquisa científica e uma vez que essa se firma, não há por que continuar existindo no desenvolvimento da ciência. Neste ponto, a Geografia mostra que por diversas vezes os seus paradigmas fizeram uso de filosofias amplamente aceitas dentro de cada linha de pensamento, sendo descartadas no momento em que seus paradigmas, aos quais estavam relacionadas, eram refutados e substituídos. Entretanto, não é possível concluir se Burt (1925), ao considerar o fim da concepção filosófica do paradigma, admite que isso só ocorre porque outra surge (como é o caso do positivismo seguido do estruturalismo e da fenomenologia). Mas se Burt (1925) não o faz, Koyré (1979) admite que tal substituição ocorre e ainda aponta um paradoxo dentro do pensamento do autor. Pois se considerarmos a filosofia como apoio de fato (e Koyré faz uma analogia com a construção de casas e andaimes), então ela seria deveras importante para a sustentação do pensamento científico (Koyré, 1979).

Na percepção de Koyré (1979), o papel da filosofia, mesmo que apenas no estágio inicial, ainda é importante. E faz três alegações-chave:

- a. Ambos os pensamentos (filosófico e científico) sempre tiveram uma correlação;
- b. Onde há revoluções científicas, há influência de novas filosofias;
- c. O pensamento científico insere-se dentro de princípios voltados para a Filosofia.

Fazendo uma analogia dentro da Geografia, o campo da Filosofia estaria para as atividades científicas assim como um rio estaria para os seus afluentes – é o que dá a sistematização da prática e do conhecimento científico.

Sobre a estreita relação entre filosofia e ciência, Fagherazzi (2016, p. 9), comentando a visão de Antero de Quental (escritor português e autor de *Tendências Gerais da Filosofia na Segunda Metade do Século XIX*), diz que

[...] como irmãos, possuem independência e autonomia, mas uma inegável profunda relação complementar entre si. Ele delimita à filosofia a análise dos primeiros princípios, das ideias fundamentais; já, à cientificidade delega o espaço da necessária empírica para corroborar ou não as dadas hipóteses em questão [...] A ciência daria a palavra final na sua investigação, mas a filosofia seria seu instrumento de questionamento, de formulação de diferentes estratégias de interpretação e resolução de um problema em questão.

Os posicionamentos e argumentações de cada autor só refletem como esse debate ainda se encontra em pauta; não necessariamente buscando uma validação de um lado ou de outro,

mas contribuindo para o desenvolvimento de novas ideias. Ainda assim, seja ela uma relação distante, próxima, fraternal ou até mesmo indiferente, o fato é que se trata de dois campos que se desenvolvem em paralelo e que, curiosamente, costumam tangenciar problemas semelhantes.

E os modelos metacientíficos são exemplos, precisamente, de como um olhar filosófico pode servir de instrumento de análise das pesquisas em ciência. Eles são representações de como a ciência age e se comporta, visando uma descrição teórica sobre a mesma. A obra *A estrutura das revoluções científicas* (1998[1962]) de Thomas Kuhn rompe com um fazer científico rígido e moldado apenas pela racionalidade. Kuhn traz fatores externos e psicossociais como componentes influenciadores das pesquisas.

Os modelos de que trataremos serão inseridos no contexto dos estudos de clima em dois momentos: enquanto ramificação da Meteorologia e enquanto ciência única, com metodologias e instrumentos próprios. Com isso, a análise epistemológica levará em consideração a ramificação de uma revolução científica ocorrida dentro das pesquisas atmosféricas e seu desenvolvimento seguinte diante de outros cenários. Curiosamente, no caso brasileiro, o estabelecimento da Climatologia ocorre antes; isto é, só depois se dá a influência meteorológica (destacaremos isso na seção 3.4).

Serão trazidos alguns exemplos da geografia humana para iniciar a discussão da aplicabilidade dos modelos e somar à análise climatológica. Essa contextualização será feita dentro de um cenário anglo-saxônico, compreendendo a Geografia do pós-guerra (Johnston, 1986). O desafio aqui será entender as perspectivas kuhniana e lakatosiana diante de um setor físico (a Climatologia), que compõe a dicotomia da ciência geográfica (geografia física *versus* geografia humana). Vale ressaltar que o exercício de compreender tais visões epistemológicas dentro da Geografia, Climatologia e Meteorologia foge das discussões originais de ambos os autores explorados, Kuhn e Lakatos, visto que as principais ciências discutidas em suas obras eram a Física e Química.

As propostas kuhniana e lakatosiana estão relacionadas com a ideia do que é ciência ou ao menos o que ela deveria ser. Pode-se esperar que sua aplicabilidade varie de acordo com a ciência estudada – do que resultaria uma diversidade de resultados em se tratando de ciências exatas e humanas. Embora sejam pensadas para discutir o método científico como um todo e a ciência, provavelmente não é possível obter o mesmo nível de verificação de pressupostos em todos os campos científicos. A própria pluralidade de interpretações que surge no pós-

positivismo mostra um cenário no qual a Filosofia da Ciência acaba ampliando seu escopo de análise sobre as disciplinas.

Como já apresentado acima, a filosofia e a ciência possuem alguma relação mínima de reciprocidade, em que uma influencia no comportamento e desenvolvimento da outra. Trazendo para a perspectiva da Geografia, a discussão teórico-filosófica se mostra importante para além da prática, em uma ciência em que se produzem muitos estudos com pouca carga epistemológica. Tal discussão permite que se entenda, por exemplo, não apenas o “espaço” e suas dinâmicas, mas sim o “pensamento geográfico” gerador de conhecimentos sobre ele. A pluralidade geográfica conseqüentemente leva a outras abordagens (teóricas e filosóficas), pois é uma ciência que está constantemente se modificando – seja primeiro na ordem filosófica e depois teórica, seja no inverso. O geógrafo que se volta apenas para a prática perde a capacidade de entender teoricamente o desenvolver da sua própria ciência. Sem esse lado, o progresso não é perceptível nem almejado, pois o olhar se reduz apenas ao mundo em que as teorias científicas são aplicadas, sem que se dê conta de que o campo de constituição dessas teorias (as ciências mesmas) pode estar sendo mudado enquanto isso.

Em setores da geografia humana houve uma transição entre o paradigma teórico-quantitativo e o crítico, com uma forte relevância do olhar filosófico. Advieram discussões com uma visão mais social, considerando-se o contexto histórico e a eclosão de movimentos reivindicatórios. Já no campo climatológico, e até mesmo nas ciências atmosféricas em geral, não se enxergou uma influência filosófica motivadora para mudanças de paradigma. Com isso, poderíamos nos perguntar se as percepções filosóficas (apesar de importantes) são mesmo necessárias em todos os casos de uma nova visão paradigmática, ou se um determinado campo científico pode desenvolver-se sem elas.

2.1 A superação do positivismo

O Círculo de Viena¹, apesar de renovador à sua época, definiu os contornos de uma Filosofia da Ciência que passaria a figurar como tradicionalista. Defensor do falsificacionismo,

¹ Episódio significativo, marcado pelo encontro, nos anos 1920 e 1930, de alguns intelectuais que somaram esforços para buscar uma transformação da Filosofia, unificando-a aos avanços da ciência.

sua maior contribuição, Karl Popper² foi um dos principais interlocutores críticos do empirismo lógico, mesmo esse pensamento tendo se mantido influente até a década de 1960. Echeverría (1995) aponta que o positivismo foi muito influente dentro do âmbito anglo-saxônico – o mesmo recorte no qual Johnston (1986) discute o cenário da Geografia.

Si embargo, la crisis de la filosofía positivista de la ciencia se inicia a partir de la publicación en 1962 de la obra de Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*; a partir de esa fecha surgieron numerosos críticos de las tesis positivistas, tanto entre los filósofos e historiadores de la ciencia (Lakatos, Feyerabend, Laudan, etc.) como entre los defensores de la sociología del conocimiento científico (Barnes, Floor y otros muchos). La mayoría de los comentaristas está de acuerdo al señalar que la obra de Kuhn há supuesto un punto de inflexión en el desarrollo de los estudios sobre la ciencia en el siglo XX. (Echeverría, 1995, p. 12).

O livro de Kuhn³ na década de 1960 mudou o *status quo* científico, trazendo de volta a concepção relativista da ciência. A principal característica de seu modelo é o caráter não cumulativo da ciência, sendo ela marcada por um estágio estável de normalidade e por ocasionais revoluções. O pensamento kuhniano atingiu historiadores, filósofos e sociólogos. Entretanto, alguns filósofos ainda se mantiveram resistente ao retorno da proposta relativista.

Segundo Silvino (2007), o positivismo foi um movimento que predominou em algumas culturas europeias no final do século XIX para o XX, entrando no contexto da 1ª Guerra Mundial. Para o pensamento positivista, a lei é importante para a previsão, conseqüentemente, a previsão é importante para a ação sobre a natureza (Silvino, 2007). O principal nome atrelado à filosofia positivista é o de Auguste Comte. Para ele, a ciência deve ser teórica tanto quanto prática, pois a relação teoria-fatos é crucial. Silvino (2007, p. 281) elenca os princípios positivistas comteanos: a busca das leis que regem os fenômenos; a supremacia dos fatos para a elaboração das leis; a exclusão da metafísica nas explicações; a observação e a experimentação como instrumentos para alcançar o conhecimento.

Também no sistema filosófico do positivismo, encontramos o debate “indução *versus* dedução”. A principal guia dentro da proposta positivista é a tese do verificacionismo, algo que é criticado por Popper em sua filosofia opositora falsificacionista, como esclarecido a seguir:

A relevância de Popper, nesta discussão, é determinada pela influência que a conduta de investigação científica por ele proposta exerceu tanto nas áreas humanas quanto

² Segundo o pensamento Popperiano, a ciência caracteriza-se por uma constante refutação de hipóteses. Enunciados não passíveis de contraste empírico não são científicos. A ciência Popperiana pressupõe um processo do tipo teoria→observação; não o contrário.

³ De acordo com Mladenović (2024, p. 160), para Thomas Kuhn, “a filosofia tradicional da ciência era assolada por dois problemas: a necessidade de um vocabulário observacional neutro e o fato de que nenhum resultado de teste poderia ser conclusivo”.

nas exatas [...] marcando uma ruptura com o verificacionismo e o indutivismo – traços marcantes do pensamento positivista. (Silvino, 2007, p. 281).

Segundo Silvino (2007), para alguns estudiosos, o pensamento Popperiano e o positivismo lógico surgem do mesmo ponto: a intenção de dissociar a metafísica dos métodos científicos. Entretanto, o que separa os sistemas Popperiano e o positivista é a aceitação da verificação empírica como critério absoluto.

Ele propõe uma metodologia que privilegia o experimento a partir de hipóteses elaboradas com base no conhecimento científico produzido e acumulado [...] Popper propõe a falseabilidade como novo critério de demarcação científica [...] O conhecimento passa a ter uma natureza provisória, ou seja, não é possível demonstrar que aquilo que sabemos é verdadeiro, mas é sempre possível que o conhecimento se revele falso [...] É a partir da experimentação de hipóteses refutáveis, negando ou aceitando-as, que a teoria é construída (Silvino, 2007, p. 281-282).

A substituição dos impasses e problemas de uma teoria permeiam a ideia de seleção natural. Uma teoria não sobrevive sem alguma transformação, seja ela algo necessário e natural do seu desenvolvimento, seja um caminho errado que a force a ser modificada. Essas transformações só ocorrem, porém, em processos testáveis, e não naqueles que visam sua comprovação (Silvino, 2007). Segundo o pensamento Popperiano, as mudanças ocorrem com a refutação de hipóteses e o princípio de que elas são falsas; sem sequer iniciar o processo com o intuito de sua comprovação. Dentro do método indutivo, a cada confirmação empírica, a probabilidade do evento ser generalizado seria maior,

[...] assim, as leis científicas são prováveis no mais alto grau que se possa conceber a ponto de não se distinguir da certeza, por isso Popper rompe com o traço indutivo, que era o critério de demarcação entre a ciência e a não ciência, e propõe o dedutivo. (Silvino, 2007, p. 283).

Silvino (2007, p. 283) apresenta as concepções positivista (indutiva) e Popperiana (dedutiva) através de esquemas iconográficos do filósofo britânico Bryan Magee em *As ideias de Popper*, de 1973. O processo descrito por ele é o seguinte:

Concepção indutiva:

Observação e experimentação → generalização indutiva → hipóteses (*hs*)

Tentativa de verificação das *hs* → prova ou contraprova → conhecimento

Concepção dedutiva:

Problema (face à expectativa ou teorias atuais) → solução proposta (nova teoria) → dedução e proposições passíveis de teste → teste e tentativas de refutação → escolha entre teorias rivais

Nota-se uma inversão de ordem entre os dois métodos; o empírico no indutivismo é crucialmente o primeiro passo, porém, no método dedutivo, torna-se consequência observacional de uma teoria, sendo tal afirmação testável. O pensamento de Popper marca um rompimento com o positivismo indutivo, onde agora, dentro da ciência, trabalha-se com a ideia de negar o que está vigente (concepção de provisoriedade), e não mais determinar algo como definitivamente comprovado, mantenedor de verdades (Silvino, 2007).

O indutivismo marca o conhecimento justificado dentro da ciência, testável, verificável e dado como verdade. A prática observacional é seguida pela teoria, quando as informações são levadas à uma hipótese que ainda não está provada – o contexto da descoberta. Com isso, as verificações são feitas e quanto maior suas demonstrações, maior probabilidade de afirmação – contexto da justificação. Mas Popper, que propõe um processo de tentativas (conjecturas seguidas de refutações), considera o indutivismo algo ilegítimo:

As induções são sabidamente falíveis: não podemos passar de “algumas” nas premissas, para “todas” na conclusão. Logo, as leis científicas não são verificáveis em termos empíricos. Apelar para a experiência na tentativa de justificar a indução levaria a um regresso ao infinito. (Popper, 1982, p. 72 *apud* Severo, 2003, p. 23).

No ideal indutivista, aquele que faz ciência observa a realidade ao seu redor através dos sentidos e as afirmações que ele determina sobre a realidade do mundo são assumidas como verdadeiras através dessa observação de base sensorial. Isso, posteriormente, resulta nas leis teóricas que guiam determinado campo.

São informações gerais que afirmam coisas sobre as propriedades ou comportamento de algum aspecto do universo. Diferentemente das afirmações singulares, elas se referem a todos os eventos de um tipo específico em todos os lugares e em todos os tempos. (Chalmers, 1993, p. 25).

As condições que devem ser satisfeitas para tais generalizações serem consideradas legítimas pelo indutivista podem ser assim enumeradas: 1) o número de proposições de observação que forma a base de uma generalização deve ser grande; 2) as observações devem ser repetidas sob uma ampla variedade de condições; e 3) nenhuma proposição de observação deve conflitar com a lei universal derivada (Chalmers, 1993).

Chalmers (1993) esclarece que esse raciocínio que parte de uma quantidade limitada de afirmações singulares para a generalização universal – indo sempre do individual para o todo –

se associa a um indutivismo de tipo “ingênuo”, indicando que tal pensamento não considera o que deveria, porque tende a afirmações equivocadas se parte de uma escala menor para maior.

Dentro da prática científica, a partir do momento em que a comunidade científica dispõe de leis e teorias, ela consegue passar à derivação de explicações e possíveis análises. Mas para Chalmers (1993, p. 29), a lógica dedutiva isolada também não é viável como confirmação das afirmações acerca do mundo, pois “a dedução está relacionada com a derivação de afirmações de outras afirmações dadas”.

Popper surge dentro da FC para romper com a tradição indutivista, trazendo uma nova visão para o campo (o processo inverso). Primeiro, é preciso que a comunidade científica possua uma teoria já estabelecida, para que, a partir dela, possa dirigir atenção a um problema ou fenômeno observável. E “não existem observações ou fatos neutros que não sejam pressupostos por uma teoria” (Severo, 2003, p. 25). O fato crucial aqui, no sistema Popperiano e no princípio dedutivo, é a situação de incerteza; não a aceitação de verdades. Para o filósofo, as boas hipóteses possuem características falsificáveis; todas são passíveis de refutação e não de comprovação.

2.2 O ciclo de Kuhn e as fases da ciência revolucionária e não-cumulativa

A obra de Kuhn trouxe uma nova direção para os estudos de ciência, discutindo o seu papel e o seu desenvolvimento diante agora de um cenário mais amplo e influente – fatores psicossociais e fatores externos, que poderiam guiar e moldar o fazer científico. Contudo, uma observação precisa ser feita aqui. As ideias metacientíficas abordadas sobre o pensamento kuhniano dizem respeito a um ingênuo Thomas Kuhn. Isso é importante de ressaltar visto que nos últimos anos de sua vida, Kuhn dedicou-se a retomar algumas ideias iniciadas lá em *A estrutura*. A professora de Filosofia da Universidade de Oxford, Bojana Mladenović (2024⁴) resgata as últimas ideias de Thomas Kuhn, inclusive um livro (que o autor não chega a concluir antes de falecer, em 1996), cujo título provisório era *The plurality of worlds: an evolutionary theory of scientific development*, no original em Inglês. A obra organizada por Mladenović, intitulada *A incomensurabilidade na ciência: os últimos escritos de Thomas Kuhn*, resgata os

⁴ Publicação original: “*The last writings of Thomas S. Kuhn: incommensurability in science*”, UCP, 2022 (informação disponível em: <https://press.uchicago.edu/ucp/books/author/M/B/au102122935>).

últimos anos de pesquisa do físico e filósofo da ciência. O trabalho expõe o pensamento do autor acerca de suas próprias propostas e como ele buscou resolver alguns problemas deixados em 1962, os quais considerava importantes para romper com a abordagem de *A estrutura*.

Sua obra filosófica pós-*A estrutura* pode ser vista como desenvolvendo-se ao longo de dois períodos relativamente distintos. O primeiro período começa com o posfácio de 1969 à segunda edição de *A estrutura* e termina no início dos anos 1980. Kuhn respondia então a diversas caracterizações errôneas de seu livro com esclarecimentos, explicações e novos argumentos, mas sem revisões dramáticas. Ele argumentava que a incomensurabilidade não implica a impossibilidade de comunicação ou comparação e que a escolha científica não é movida principalmente pelo poder social e político. Ao insistir na natureza comunal da investigação científica, Kuhn ressaltava a importância da educação científica rigorosa e formativa bem como dos valores compartilhados que guiam toda a pesquisa e a avaliação científicas. Ele começou a enfatizar que a prática e o raciocínio científicos não podem ser separados e devem ser compreendidos como produtos de um grupo científico que, mediante um juízo, uma escolha e uma prática competentes, constitui a ciência como investigação racional sobre diversos aspectos do mundo. (Mladenović, 2024, p. 23-24).

Da década de 1980 em diante, Kuhn ingressara em uma fase nova, que Mladenović (2024, p. 24) chama de “a filosofia madura de Kuhn” ou “Kuhn tardio”⁵. Essa separação de fases do pesquisador que Kuhn foi será importante para discutir alguns pontos desta pesquisa. Em situações onde as ideias do Kuhn clássico⁶ não se adequam, as do Kuhn tardio se tornam verificáveis. Apesar da divisão, porém, é importante ressaltar que a abordagem kuhniana aqui apresentada é predominantemente clássica, visto que o modelo proposto se encontra na publicação de *A estrutura*, e o objetivo de trazer à discussão os seus últimos escritos visa apenas o enriquecimento do debate e esclarecimento sobre de qual Thomas Kuhn estamos tratando.

O Kuhn clássico traz uma compreensão de como a ciência se desenvolve e de como os pesquisadores se organizam diante de uma teoria (um paradigma, como denomina⁷). Johnston (1986, p. 29) diz que “o progresso científico é alcançado através da solução de problemas”, que são definidos pelos cientistas que passam a analisá-los a partir do momento em que definem seus critérios e adotam uma teoria vigente. Essa prática é fundamentada em pesquisas

⁵ Esse termo, inclusive, também será usado aqui para referenciar o Kuhn mais maduro.

⁶ Aqui, também estamos atribuindo uma referência ao autor. Para todos os efeitos, qualquer menção a Kuhn será relacionada ao “Kuhn clássico”. E quando houver necessidade de distinguir entre esse e o Kuhn tardio, o termo será utilizado.

⁷ Esse termo, entretanto, é abandonado posteriormente por Kuhn, que cansou de tentar explicar o que queria dizer com *paradigmas*, dando destaque para outros termos, como *matriz disciplinar* e *estrutura lexical*; apesar disso, ele haveria de concordar que o seu termo *paradigma* usado em *A estrutura* conduziu: i) a FC nos passos seguintes; ii) diversas pesquisas que faziam uso do termo para referir-se a teorias; e iii) assumiu dentro do aspecto científico e social, um peso extremamente relevante.

anteriores, considerando o que a ciência já trouxe – isso é importante para entendermos o surgimento da ciência climatológica e sua análise pelo modelo de Kuhn. Para esse autor,

[...] talvez a mais notável característica dos problemas da pesquisa normal [...] é como ela pouco se preocupa em produzir novidades maiores, conceituais ou fenomenais. Algumas vezes [...] tudo, exceto o detalhe mais exótico do resultado, é conhecido antecipadamente [...] o leque de resultados antecipados, e, portanto, assimiláveis, é sempre pequeno comparado com aqueles que a imaginação pode conceber [...] o alvo da ciência normal não são as novidades substantivas [...] os resultados alcançados na pesquisa normal têm significação porque eles contribuem para o escopo e a precisão com os quais o paradigma pode ser aplicado [...] Conquanto seu resultado possa ser antecipado, frequentemente tão em detalhe que o que resta para ser conhecido é desinteressante, o meio para se chegar àquele resultado permanece duvidoso [...] O homem que obtém sucesso aí prova a si mesmo ser um perito na solução de problemas. (Kuhn, 1962, p. 35-36 *apud* Johnston, 1986, p. 31).

De acordo com Kuhn, a pesquisa científica inicialmente não está preocupada com novas descobertas, apenas com o desenvolvimento da teoria principal. Qualquer descoberta que ocorra ao longo da pesquisa se dá de forma natural e gradual à medida que o paradigma se desenvolve. Tais descobertas, no início, podem vir de meras anomalias – impasses que a teoria ainda não conseguiu desvendar, mas que permanecem ali até que se obtenha uma maturidade científica o suficiente que consiga resolvê-la.

Sobre o modelo de Kuhn, podemos discernir os seguintes momentos:

- I. **Pré-ciência:** momento que antecede a pesquisa; é o primeiro estágio de um ciclo pelo qual a prática científica passa. Aqui a comunidade científica delimita o objeto de estudo e o paradigma vigente dentro de algumas possíveis opções.

A pré-ciência nunca poderá ser repetida dentro de um mesmo campo científico, visto que a partir do momento em que surgem novos fatos, e há o desenvolvimento teórico, qualquer outro avanço não irá ter um caráter de pré-análise, e sim de constituição de situações de possível anomalia.

- II. **Ciência normal:** a pesquisa de fato; é aqui que a prática se inicia e o paradigma se desenvolve. Paradigma entendido como uma matriz disciplinar, o que é compartilhado coletivamente pela comunidade científica (conjunto de pesquisadores que trabalham com uma teoria), sendo que para cada paradigma há uma comunidade científica dedicada a estudá-lo.

É a fase cumulativa da ciência e dentro dela estão as visões de mundo, as teorias científicas e todo o arsenal técnico. A ciência normal objetiva o avanço da pesquisa e “a

transição sucessiva de um paradigma para outro, por meio de uma revolução, é o padrão usual de desenvolvimento da ciência amadurecida” (Kuhn, 1998, p. 32).

Popper (1979, p. 65) foi um dos autores que comentaram sobre a ciência normal de Kuhn:

A ciência “normal”, no sentido de Kuhn, existe. É a atividade do profissional não-revolucionário, ou melhor, não muito crítico: do estudioso da ciência que aceita o dogma dominante do dia; que não deseja contestá-lo; e que só aceita uma nova teoria revolucionária quando quase toda a gente está pronta para aceitá-la.

Ele continua dizendo que:

O cientista “normal”, descrito por Kuhn [...] é uma vítima da doutrinação. Aprendeu uma técnica que se pode aplicar sem que seja preciso perguntar a razão pela qual pode ser aplicada [...] Em consequência disso, tornou-se o que pode ser chamado cientista aplicado, em contraposição ao que eu chamaria de cientista puro. Para usarmos a expressão de Kuhn, ele se contenta em resolver “enigmas”. A escolha desse termo parece indicar que Kuhn deseja destacar que não é um problema realmente fundamental o que o cientista “normal” está preparado para enfrentar: é, antes, um problema de rotina, um problema de aplicação do que se aprendeu [...] O êxito do cientista “normal” consiste tão-só em mostrar que a teoria dominante pode ser apropriada e satisfatoriamente aplicada na obtenção de uma solução para o enigma em questão. (Popper, 1979, p. 65).

Tecendo uma crítica quanto à proposta de *A estrutura*, Popper vê essa ideia do Kuhn clássico como algo negativo, já que em sua metateoria, cientistas normais não teriam um fator crítico, além de rejeitar aquelas teorias vistas como problemáticas.

Só posso dizer que vejo um grande perigo nisso e na possibilidade que tem de tornar-se normal [...] Acredito, porém, que Kuhn se equivoca quando sugere que é normal o que ele chama de ciência “normal”. Claro está que eu nem sonharia brigar por causa de um termo. Mas gostaria de sugerir que poucos cientistas lembrados pela história da ciência foram “normais” no sentido de Kuhn, se é que houve algum que o fosse. Em outras palavras, discordo de Kuhn não só no tocante a certos fatos históricos, mas também no tocante ao que é característico da ciência [...] Afirmo que entre o “cientista normal” de Kuhn e o seu “cientista extraordinário” há muitas gradações; e é preciso que haja (Popper, 1979, p. 65).

Contudo, o filósofo simpatizava com Thomas Kuhn, trazendo tais críticas através de bons diálogos. Ele concorda com a importância dada às tipologias kuhnianas sobre ciência e cientistas, mas entende que essa metateoria não seria válida para alguns casos.

III. *Anomalias*: impasses gerados pela própria pesquisa, situações às quais ainda não se tem uma resposta, podendo ser deixadas de lado por um breve momento até a ciência em questão estar suficientemente desenvolvida para, enfim, respondê-las.

Tal etapa, que pode ser vista como uma primeira barreira na pesquisa, ocorre a partir das consequências dela própria; isto é, quando a produção científica avança e surgem questões difíceis ainda para a comunidade científica, essas esporádicas condições com que lida com os fenômenos podem ser vistas como uma circunstância anormal.

A teoria é manipulada para que suas predições sejam trabalhadas diretamente com a experiência, objetivando apresentar uma nova aplicação ou aumentar a precisão de uma já feita. Isso porque há a dificuldade de pontos comuns da teoria com a natureza; a etapa experimental necessita de instrumentos específicos para que se obtenha um resultado mais preciso, e quando a parte teórica possui problemas, para o pensamento kuhniano, esse momento é a fase das anomalias. (Rodrigues, 2021, p. 18-19).

Independentemente da vontade acadêmica, novos fenômenos surgem involuntariamente, à medida em que a pesquisa é desenvolvida. Isso pode ser recorrente, criando uma tendência. As anomalias, de início, são colocadas de lado até o grupo de pesquisadores conseguir entendê-las. A demora em fazê-lo, entretanto, gera impasses e um desgaste paradigmático, o que resulta na etapa que pode ser a mudança de chave em uma pesquisa: a “crise”.

IV. **Crise**: esse estágio da pesquisa pode ser tanto o último quanto o penúltimo para uma ciência normal e surge a partir do momento em que as anomalias são tão desafiadoras que perduram por um longo período, gerando precisamente uma crise na comunidade científica;

O período de crise da ciência normal tem início quando o paradigma no qual esta ciência se funda falha nos seus objetivos paradigmáticos, não respondendo adequadamente às anomalias científicas que se apresentam. Inicialmente a tendência daqueles que realizam a ciência normal é “afrouxar” as regras do paradigmas, a fim de incluir os “contra-exemplos” que começam a ser colocados. Caso o “ajuste” do paradigma seja possível, a ciência prossegue em seu caminho cumulativo; caso contrário, novas teorias conflitantes tendem a aparecer. (Figueiró, 2011, p. 151).

Um campo científico em crise é a falha do paradigma em buscar resolver suas anomalias. A partir do momento em que uma anomalia surge, os pesquisadores veem-se diante de outros caminhos; a crise científica nada mais é do que a incapacidade de decidir qual paradigma escolher – não sendo essa uma incapacidade pessoal, mas metodológica.

V. **Revolução**: da crise pode surgir a revolução, visto que, ou o paradigma supera as anomalias e progride, ou dá lugar para uma nova forma de se pensar e fazer ciência, resultando em uma revolução científica e no início do ciclo mais uma vez; é a perda do “monopólio de explicação científica” (Figueiró, 2011, p. 151).

Figueiró (2011, p. 149) traz que:

Uma das características básicas da teoria kuhniana refere-se ao caráter revolucionário do progresso científico, onde a elaboração de uma nova estrutura teórica se dá a partir da afirmação de um novo paradigma, com o conseqüente abandono de outro, mais antigo. Para Kuhn [...] quando um novo paradigma se impõe, o conjunto de teorias, leis e técnicas de aplicação que o compõe deve parecer, aos membros de uma dada comunidade científica, melhor do que o conjunto de teorias, leis e técnicas do paradigma anterior.

Aqui temos uma reorganização da produção científica, podendo estar sob outras diretrizes ou não, sendo um período de reorganização da prática após a possível instituição de um novo paradigma. Assim, a comunidade científica precisa escolher entre o paradigma antigo e um novo. Até isso ser decidido, a comunidade científica permeia a crise, podendo durar anos. Quando o novo paradigma parece resolver os impasses teóricos e metodológicos, ele ganha adesão da comunidade científica e institui um cenário novo; não melhor, apenas diferente. Com isso, pode-se mentalmente representar o modelo kuhniano como um ciclo que “se completa”, iniciando uma nova etapa de ciência normal.

A pesquisa normal é a busca pelo conhecimento caracterizada por uma busca de estabilidade – a ciência normal não visa novos fenômenos, pois o foco não é a descoberta, mas sim o desenvolvimento daquilo que já foi estabelecido. Qualquer fenômeno que não se adequar ao paradigma é descartado, mas pode voltar a ganhar atenção futuramente com uma pesquisa mais sólida. Os paradigmas para Kuhn são como “modelo ou padrão aceitos”, porque os pesquisadores notaram ser mais bem-sucedidos e viáveis do que outras teorias, naquele momento, para resolver questões pré-definidas. Essa escolha é meramente uma aposta e não é nada garantido que aquele paradigma definido pelos cientistas seja o ideal, nem o que irá se desenvolver mais. Um paradigma validado por eles não significa que o mesmo é mais eficaz, apenas que apresentou uma maior tendência de sucesso no primeiro instante (Kuhn, 1998).

Dentro dessa ideia de limitação, o modelo kuhniano apresenta algo que pode parecer um pouco paradoxal: o paradigma escolhido precisa ser amplo o suficiente para gerar um interesse por parte da comunidade científica em estudá-lo, ao mesmo tempo em que precisa ser reduzido para ter também um foco dentro de determinado objeto específico.

O autor explica o motivo dessa decisão: a escolha do paradigma reduz muito o olhar científico, eliminando diversas áreas e possibilidades, mas há uma confiança de que o escolhido seja o certo, e para alcançar seu sucesso, é necessário restringir o campo para um melhor desenvolvimento da ciência” (Rodrigues, 2021, p. 18).

O funcionamento da ciência normal ocorre baseado no desinteresse por outros fenômenos e conceitos que não aqueles já previstos dentro de um limite bem demarcado – qualquer outra direção que o paradigma siga é considerada como falha. A ciência normal é “o propósito da própria comunidade científica, que objetiva um caminho e tenta não fugir de sua pesquisa” (Rodrigues, 2021, p. 19). Mas o que isso significa? Que aquela comunidade científica não objetiva trazer à luz novos fenômenos que não aqueles da fase de ciência normal. Se isso acontece é porque os pesquisadores deliberam não fazer desvios. Não se trata de uma falha no processo.

O fato de desconsiderar temporariamente alguns novos fenômenos está atrelado ao conceito de “quebra-cabeças” (*puzzle*) apresentado por Kuhn. A prática científica é árdua e constantemente enfrenta desafios que testam a capacidade da comunidade em solucionar de problemas. As peças, portanto, precisam de coesão e de conexão umas com as outras, não perdendo o vínculo com o paradigma principal, já que a ideia é moldá-lo e aperfeiçoá-lo (Kuhn, 1998). Com isso, uma nova direção poderia ser interpretada como um mal funcionamento no ciclo kuhniano, uma peça que não se encaixa no quadro paradigmático principal – uma anomalia. Os problemas aceitos aqui são apenas aqueles já previstos no estágio inicial de determinada ciência, pois são solucionáveis enquanto o paradigma for dominante.

As revoluções, sejam de pequeno ou grande impacto, determinam novos rumos para um subcampo de determinada área, ou mesmo para a comunidade científica inteira que vem adotando algum paradigma. Isso é importante para entendermos o funcionamento das ciências meteorológica e climatológica. Pequenas revoluções na pesquisa meteorológica fizeram surgir novas instrumentalizações e novos trabalhos que tratavam os fenômenos atmosféricos de outras formas. Sobre as descobertas dentro dessas ciências, poderíamos afirmar que alguma delas foi “revolucionária” a ponto de romper com uma tradição de pesquisa? (A resposta a isso daremos no capítulo 4).

Enquanto a pesquisa se desenvolver, o surgimento de impasses metodológicos ou teóricos é algo normal; porém, o seu prolongamento pode resultar na crise paradigmática. Tratando-se da Meteorologia e Climatologia, isso ocorre a partir do momento, por exemplo, em que a análise separatista já não é suficiente para explicar o complexo sistema atmosférico.

Dada a rigidez da ciência normal ante suas teorias e a relação das comunidades científicas, uma nova descoberta deveria, automaticamente, refletir em mais de um campo. Porém, a comunidade científica caracteriza-se muito mais pela sua heterogeneidade e investigações restritas – não é à toa que, com o passar do tempo, a Geografia tenha tido vários paradigmas paralelos com abordagens e propostas

diferentes. Uma nova descoberta pode ser revolucionária para determinado campo, mas não para todos, já que isso envolve o nível de teoria e aplicações que cada área irá desenvolver. (Rodrigues, 2021, p. 21).

O surgimento de novos fenômenos ou fatos está associado a dois fatores: o reconhecimento de sua existência e a definição de sua natureza. A maior característica do modelo kuhniano é o processo científico prever rupturas ao invés de acumulações. Tais rupturas consistem, a longo prazo, em uma sucessão de paradigmas. Para Kuhn, de acordo com Figueiró (2011, p. 149), “o processo no qual se dá o desenvolvimento do conhecimento científico está muito mais relacionado a fatores psicológicos e sociológicos da comunidade científica, do que propriamente a critérios internos de validação do conhecimento”.

Sobre novos paradigmas, eles preservam, em grande escala, o que a teoria anterior possui de mais sólido. Considerando o novo fazer ciência, eles devem ser mais claros que seus antecessores, pois dentro de um determinado estudo, as suas primeiras teorias podem ser mais grosseiras. Após essa fase, a ciência se normaliza, voltando a produzir conhecimento continuamente, até que surjam outras anomalias.

Watkins (1979) contribui para a discussão sobre revolução científica com a ideia de que as revoluções são caracterizadas por um longo processo, não sendo episódios pontuais e repentinos ou mesmo uma divisão, *grosso modo*, entre aqueles que se encontram entre o tradicional e o novo. Os pesquisadores podem deparar-se com várias possibilidades de pesquisa, podendo chegar até a reconsiderar seu objeto central. Watkins (1979) define o termo “*estado multiparadigmático*” para ilustrar tantos caminhos – tal característica, por sinal, é o cerne da discussão lakatosiana.

De acordo com Rios (2021), tratando de variedades do relativismo, essa tendência possui diversas extensões e entendimentos. Relativismo seria um conceito complexo, trabalhado por diferentes campos ao longo dos tempos – Filosofia, Antropologia, Sociologia etc. Entre os tipos, o autor apresenta as ramificações *cultural*, *moral* e *conceitual*, por exemplo. Sobre essa última, ele diz que “o relativismo conceitual dirige-se à ontologia (‘ao que existe’) a partir de paradigmas e estruturas categoriais” (Rios, 2021, p. 39). O indivíduo moldaria o real através de conceitos. Diríamos que o modelo kuhniano se encaixa nessa visão relativista conceitual, pois

O paradigma pode se referir aos esquemas conceituais diversos para a estruturação da visão de mundo fornecida por ele. O paradigma dirige a ciência normal e fornece a ela os fundamentos conceituais mais centrais de uma especialidade. (Rios, 2021, p. 40).

Para Kuhn, a ciência não se trata de acumulação de descobertas. O progresso científico não é determinado pelo acúmulo de teorias, mas sim pela superação de uma pela outra. Seu pensamento aborda um mundo científico em que a **incomensurabilidade** permeia as comunidades científicas. Esse termo é a definição kuhniana clássica para divergências de uma teoria com a outra.

O termo *incomensurabilidade* foi emprestado da antiga matemática grega, na qual ele especificava a relação entre duas quantidades que não possuíam nenhuma medida em comum [...] aplicada metaforicamente à relação entre teorias científicas sucessivas, a *incomensurabilidade* significava que não havia nenhum conjunto de termos nos quais todos os componentes das duas teorias pudessem ser plena e precisamente enunciados. Hoje, 25 anos após o aparecimento de *Palavra e objeto*, de Quine, *intraduzível* é uma palavra melhor do que *incomensurável* para o que Feyerabend e eu tínhamos em mente.” (Kuhn, 2024, p. 116-117, grifos do autor[g.a.]).

Os paradigmas que surgem mudam a visão do mundo ao redor e do próprio cientista. Entretanto, alguns anos depois, o Kuhn tardio irá reexaminar seus conceitos, substituindo, por exemplo incomensurabilidade por “intraduzibilidade”. Para ele,

Qualquer coisa que possa ser dita numa língua pode ser dita em qualquer outra língua, pelo menos se o léxico da língua para a qual se traduz for adequadamente enriquecido. Essa é chamada tese da efabilidade linguística. Se ela estiver correta, então qualquer coisa dita numa língua transportaria consigo seu valor de verdade quando traduzida para outra língua. Caso contrário, um enunciado poderia ser verdadeiro numa língua, mas falso quando traduzido para outra, um tipo de relatividade linguística que insistirei ser inaceitável. Porém, outro tipo de relatividade linguística pode ser aceitável. Um enunciado que seja candidato à verdade ou falsidade numa língua pode, em outra, ser impossível de enunciar como candidato a um valor de verdade [...] Embora muitos dos enunciados que podem ser feitos com o léxico de uma língua também possam ser feitos com o léxico de outra ou com aquele da mesma língua num momento posterior, outros enunciados não podem ser trasladados, mesmo com a ajuda de um léxico enriquecido. O conteúdo desses enunciados pode, não obstante, ser comunicado, mas o que se exige então não é uma tradução e sim o aprendizado da língua. (Kuhn, 2024, p. 118-119).

Oliva (2012) é outro autor que discute o relativismo em Kuhn e ele o faz através de três perspectivas: epistêmica, ontológica e linguística. De forma geral, entende-se o relativismo como a compreensão relativa do real através daquele que observa. O conhecimento é relativo e influenciado pelo ponto de vista de quem o estuda. Essa ideia vai de acordo com o que Kuhn denomina de comunidades científicas e as suas escolhas paradigmáticas – tanto no estágio em que uma teoria surge e um novo caminho científico é traçado, quanto quando não se trata mais de escolha, e sim de uma influência dos fenômenos já testados, refutados ou confirmados. Do momento em que a comunidade científica se depara com impasses metodológicos até a estagnação dos mesmos, o ponto de vista e individualidade daquele que faz ciência pode ser

determinante para o abandono ou continuação do paradigma. Não necessariamente uma descoberta, um novo fato, será revolucionário em mais de uma área científica. E não necessariamente a mesma descoberta, se ocorrida em distintos locais (e até mesmo em períodos diferentes), implicará relação entre as ocorrências. O fator individual é uma parte da equação: o contexto histórico e, claro, a pesquisa que é desenvolvida.

Echeverría (1995) sinaliza algumas definições que são recorrentes e conhecidas por moldar o pensamento kuhniano: as teorias incomensuráveis, advindas de revoluções científicas; a tendência de acharmos que o mundo muda com os paradigmas (mas, na verdade, os paradigmas apenas ajudariam a enxergar o mundo de outra forma); e, nos momentos de revolução, o olhar científico para o mundo transformar-se. Para Echeverría (1995, p. 16), “*Kuhn no es un relativista ontológico (ni un escéptico), sino más bien un relativista epistemológico y, sobre todo, un relativista lingüístico*”, indo ao encontro das três ramificações de Oliva (2012).

A intenção aqui foi a de apenas introduzir uma nova percepção filosófica e mostrar como Kuhn foi decisivo para o período pós-positivista da FC, por contribuir com sua forma de pensar. Porém, “a recepção de *A estrutura* não foi a que Kuhn esperava. De seu ponto de vista, tanto seus críticos como seus pretensos seguidores interpretaram o livro erroneamente” (Mladenović, 2024, p. 22, g.a.). Diferentemente dos autores citados aqui, outros enxergaram em Kuhn um relativista radical, “cujas concepções não são capazes de explicar a mudança científica como devida a boas razões e evidência, mas tão somente como resultado do poder retórico, institucional ou político por parte do lado que acabou por vencer” (Mladenović, 2024, p. 22).

Diante do que foi abordado, entendemos que as concepções kuhnianas clássicas sobre a ciência dizem respeito ao seu caráter revolucionário e metodológico, à eficiência em resolver seus quebra-cabeças e desenvolver uma determinada área do campo científico. O fator subjetivo das ciências humanas e sociais, diferentemente dos cálculos concretos das chamadas ciências exatas, contribui para que uma análise pautada no mesmo modelo teórico tenha diferentes comportamentos.

2.3 A proposta de Lakatos através de uma ciência cumulativa e multiparadigmática

A metodologia lakatosiana caracteriza-se pelo fator das heurísticas positiva e negativa. Dentro de seu modelo, os chamados Programas de Pesquisa Científicos (PPCs) apresentam uma teoria central e essa teoria não pode ser alterada, pois é o núcleo da pesquisa no qual irá se basear. O núcleo, de acordo com Godfrey-Smith (2003, p. 104 *apud* Castro; Zampronio; Perin, 2018, p. 333), “é um conjunto de ideias básicas que são essenciais ao programa de pesquisa”. Ao redor do núcleo, protegendo a teoria vigente, temos o que Lakatos chama de cinturão protetor que é composto por hipóteses auxiliares; tais hipóteses são flexíveis e variam de acordo com aquilo que é observado.

A validação do modelo lakatosiano é um pouco diferente da apresentada anteriormente. Enquanto que, pelo modelo kuhniano, compreendemos a sucessão de um campo científico através dos estágios pelos quais ele passa até resultar em uma revolução ou superação da crise, nos PPCs o processo se confirma através da observação de um regresso ou progresso quanto à resolução de problemas. O Programa “consiste em regras metodológicas; algumas nos dizem quais são os caminhos de pesquisa que devem ser evitados (heurística negativa), outras nos dizem quais são os caminhos que devem ser palmilhados (heurística positiva)” (Lakatos, 1979[1970], p. 162). O modelo lakatosiano apresenta teorias concorrentes e não sucessivas; sua ideia não é a de um ciclo verificável, mas de um programa bem definido de teoria. Entretanto, ambos os modelos possuem a finalidade de apresentar processos pelos quais uma ciência passa.

Para a avaliação de um bem-sucedido PPC ou não, os conceitos de progresso e regresso científicos são inseridos no que tange à resolução de problemas. Qualquer impasse que surja irá interferir apenas no cinturão responsável por envolver o núcleo (a ideia é exatamente algo cobrindo, envolvendo o paradigma, para protegê-lo). O papel heurístico (negativo ou positivo) é o de isolar o núcleo, preservando-o do falsificacionismo e evitando a refutação diante das anomalias que surgem; e o de sugerir argumentos para o desenvolvimento das “variáveis refutáveis”, respectivamente.

O modelo lakatosiano interpreta uma ciência composta por vários programas (diferentemente de Kuhn, que via cada comunidade científica e seus paradigmas como algo único). Assim, ao estudar uma ciência dentro do modelo kuhniano, é possível fazê-lo de forma

geral ou isolada⁸, paradigma por paradigma. Porém, no modelo lakatosiano a verificação ocorre, naturalmente, no âmbito geral daquela ciência, visto que cada uma de suas teorias já é considerada um programa de pesquisa e, como o próprio nome da proposta indica (com o pluralismo da expressão "*Programmes*"), a interpretação metacientífica não é feita de forma singular. Portanto, ao falar dos programas de investigação (com um notável “s”), é preciso entender que a aplicabilidade lakatosiana implica em uma análise comparativa dos programas vigentes de uma ciência, onde cada um defenderá sua teoria principal e buscará aperfeiçoar as hipóteses auxiliares, com o intuito de se destacar da teoria concorrente e alcançar o estágio de progresso lakatosiano. Um episódio interessante, dentro do debate das questões climáticas, será interpretado à luz dessa esfera metateórica.

De acordo com Rodrigues (2021, p. 31),

Diferentemente de Kuhn, Lakatos não concorda com a ideia de um único paradigma guiando a comunidade científica, sendo substituído por outro apenas quando o primeiro não consegue mais sustentar suas próprias teorias. O que o modelo kuhniano denomina de ciência normal, Lakatos interpreta como um programa de pesquisa com monopólio científico, mas segundo ele, esse destaque não ocorre sempre, e nem mesmo dura muito tempo. Com isso, o modelo lakatosiano defende a ideia de uma história da ciência composta não por uma sucessão de paradigmas, mas por um conjunto deles em coexistência.

O livro *Falsificação e metodologia dos programas de investigação científica* (1999[1978]) está dentro das obras nas quais Lakatos aprofunda os conceitos metateóricos dos seus PPCs. Configurando a ciência como um grande “programa de pesquisa”, Lakatos soma a isso o princípio Popperiano que entende o saber científico como hipóteses que tenham mais desenvolvimento empírico do que as formulações anteriores (Lakatos, 1999). Para o autor, a história da ciência é composta pelas investigações competitivas (Castro; Zampronio; Perin, 2018). Os PPCs possuem modelos, sendo “um conjunto de condições iniciais (possivelmente em conjunto com algumas teorias observacionais) que se sabe estar sujeito a ser substituído durante o desenvolvimento ulterior do programa, sabendo-se até, mais ou menos, como” (Lakatos, 1999, p. 59).

Consideramos aqui importante que tais definições acerca de sua metodologia fiquem claras para que, mais tarde, a aplicação se faça entender. Como dito, todo programa de investigação possuirá um “núcleo” sólido; e tal núcleo só terá tamanha rigidez devido às heurísticas – regras que direcionam a pesquisa. A diretriz negativa não tem como função refutar

⁸ Como é o caso do artigo de Figueiró (2011), que é pautado na ideia de aplicabilidade kuhniana em um subcampo do conhecimento científico.

ou alterar a teoria principal, e sim protegê-lo; ela não pode rejeitar a teoria vigente (Castro; Castro; Zampronio; Perin, 2018). Isso quer dizer que o cientista é capaz de decidir se as refutações dentro de sua pesquisa irão falsear o núcleo ou não – mas visto que aqui a preservação dele é o foco, o papel científico fica responsável por expandir o conhecimento empírico corroborado via hipóteses auxiliares. Assim, o princípio da heurística negativa é o de evitar explicações que conflitem com a heurística positiva. Sobre essa, entende-se ser um conjunto de diretrizes que contribuam para o desenvolvimento do programa de investigação, com o intuito de refinar e ajustar aquilo que pode ser refutável (o cinturão protetor). Trata-se do direcionamento correto daquilo que deve ser explorado, tentando-se adequar as anomalias dentro das hipóteses defendidas. Qualquer ressignificação será feita dentro das hipóteses secundárias, para preservar o centro.

É esta cintura protetora de hipóteses auxiliares que tem de suportar o embate dos testes e ser ajustada e reajustada ou até completamente substituída, para defender o núcleo tornado assim mais firme. Um programa de investigação é bem sucedido se tudo isto conduz a uma alteração de problemas progressiva; fracassa, se tudo isto conduz a uma alteração de problemas degenerativa. (Lakatos, 1999, p. 55).

Lakatos (1999, p. 56-57, g.a.) ainda diz que:

Enquanto o “progresso teórico” (no sentido aqui descrito) pode ser imediatamente verificado, o “progresso empírico” não, e num programa de investigação podemos ser frustrados por uma longa série de “refutações”, antes que hipóteses auxiliares engenhosas e felizes transformem uma sequência de derrotas – *retrospectivamente* – numa retumbante história de sucesso, quer pela revisão de alguns “fatos” falsos, quer pela adição de novas hipóteses auxiliares. Nesse caso, podemos dizer que devemos exigir que cada passo de um programa de investigação seja portador, consistentemente, de um aumento do conteúdo: que cada passo constitua uma *alteração de problemática teórica consistentemente progressiva*. Além disso, só necessitamos que, pelo menos de vez em quando, o acréscimo de conteúdo seja retrospectivamente corroborado; o programa como um todo deveria também revelar uma *alteração empírica intermitentemente progressiva*. Não exigimos que cada passo produza *imediatamente* um *facto novo observado*.

No trecho, o autor fala como é importante que tanto o progresso teórico quanto o empírico ocorram, mas sem causar afobação. Precisa-se ter consciência de que o progresso não é imediato, sendo importante, ao menos, voltar às questões que no passado ficaram pendentes, para que depois de um melhor desenvolvimento da pesquisa, elas possam ser sanadas – nota-se aqui que tanto o modelo metateórico de Lakatos quanto o de Kuhn trazem conceitos e estágios de ciência parecidos, pois o ciclo kuhniano também vê como essencial a resolução das anomalias a partir do momento em que a ciência se tornar mais desenvolvida.

Para Lakatos (1999, p. 57), essas as anomalias (ou “contra-exemplos”) não são todas solucionadas, sempre surgindo outra. Através do trecho: “Mas não devia pensar-se que as anomalias ainda não explicadas [...] são selecionadas ao acaso e a cintura protetora construída de modo eclético”, infere-se que, para o filósofo, as anomalias são escolhidas pelos cientistas para que possam ser resolvidas posteriormente. Um programa de pesquisa não assume um contraexemplo qualquer; e, ao considerá-lo, tem-se consciência de que, futuramente, poderá ser esclarecido. Para exemplificar: o debate climático que surge tendo o catalisador antropogênico como motivador ou não da aceleração do aquecimento global, possui ainda dados e instrumentalizações pouco aprimorados (como é o caso da modelagem computacional, que, a depender das condicionantes inseridas, pode ter uma variabilidade de resultados discrepante). Já segundo Kuhn (1998), as anomalias dentro de uma pesquisa surgem espontaneamente ao longo da pesquisa, sem previsão e sem um tempo determinado de duração.

Sobre o progresso ou regresso da pesquisa investigativa, é entendido como progresso um desenvolvimento teórico que antecipe seu desenvolvimento empírico. Já o regresso diz respeito a um avanço empírico maior do que o teórico, ou seja, quando a teoria não possui explicações previstas para um fenômeno (Castro; Zampronio; Perin, 2018).

Lakatos (1999, p. 60, grifo do autor) aponta que:

A heurística positiva é assim, em geral, mais flexível do que a heurística negativa. Além disso, acontece ocasionalmente que, quando um programa de investigação entra numa fase degenerativa, uma pequena revolução ou uma *alteração criativa* na sua heurística positiva o faz de novo avançar. Por consequência, é melhor separar o “núcleo firme” dos princípios metafísicos, mais flexíveis, que expressam a heurística positiva.

Essa citação é para que entendamos que um progresso, por menor que seja, pode ser encarado como um respiro da teoria, um impulso para que ela continue a se desenvolver.

Ainda na mesma obra, Lakatos defende a ideia de que um programa investigativo não pode ser sustentado até o esgotamento heurístico, havendo já a introdução de outro programa paralelo (e rival) antes de tal episódio ocorrer. A pesquisa normal kuhniana é vista por Lakatos (1999, p. 80) como “um programa de investigação que obteve o monopólio”, e esse monopólio ocorre ocasionalmente. Defendendo o pluralismo, sua compreensão do conhecimento é a de que:

A história da ciência tem sido e devia ser uma história de competição entre programas de investigação (ou, se se preferir, “paradigmas”), mas não tem sido e não se deve transformar numa sucessão de períodos de “ciência normal”: quanto mais cedo se inicia a competição, melhor para o progresso. (Lakatos, 1999, p. 80).

Mas se os programas de pesquisa coexistem e se a competição não exclui uma pesquisa, o que faz isso acontecer? A resposta poderá ser aquele programa rival que não só explica melhor as teorias do anterior, como também aumenta o poder heurístico. Lakatos ressalta, entretanto, que uma novidade pode emergir apenas após um extenso período: “um novo programa de investigação acabado de entrar na competição pode começar por explicar ‘fatos velhos’ de uma maneira original, mas pode levar um longo período de tempo antes de ser considerado produtor de fatos ‘genuinamente novos’” (Lakatos, 1999, p. 81-82). O uso do termo “poderá ser” em vez de “será” diz respeito a uma cautelosa verificação do desenvolvimento dos programas; ou seja, nada é feito às pressas e mesmo que uma teoria nova rapidamente pareça mais viável, ela não será efetivada imediatamente.

Se um tal regresso, depois de um esforço persistente, não se produz, a guerra está perdida e a experiência original é considerada, *retrospectivamente*, como tendo sido “crucial”. Mas sobretudo se o programa derrotado é um programa jovem e de desenvolvimento rápido, e se decidirmos dar o suficiente crédito aos seus êxitos “pré-científicos”, as alegadas experiências cruciais dissolvem-se uma após outra na esteira das suas vagas futuras. Mesmo se o programa derrotado for um programa velho, estabelecido e “cansado”, próximo do seu “ponto de saturação natural”, pode continuar a resistir por um longo período de tempo e manter-se firme com inovações engenhosas produtoras de aumento do conteúdo, mesmo se estas não são recompensadas com o sucesso empírico. É muito difícil derrotar um programa de investigação apoiado por cientistas talentosos e imaginativos. (Lakatos, 1999, p. 83-84).

Para Lakatos, a ciência madura é a aquela em que os PPCs não só predizem novos fatos, como também novas hipóteses auxiliares. A heurística positiva é reflexo de uma autonomia da ciência teórica, e assim que um programa de pesquisa se inicia, já há um rumo traçado para a formação do cinturão que o protege (Lakatos, 1999).

Em suas discussões, além de exemplos recorrentes de momentos da Física e Química, Lakatos não hesita em mencionar outros autores, às vezes até para contrapor argumentos. Não só o nome de Thomas Kuhn, mas também o de Paul Feyerabend, surgem ao longo de seus parágrafos. Esse último, em *Analyses of theories and methods of physics and psychology*, de 1970, apresenta duas noções pertinentes: a de *proliferação de visões alternativas* e a de *tenacidade*. Defendendo um pluralismo teórico, também Feyerabend veria possibilidades em uma coexistência de propostas explicativas, mesmo se forem bastante incompatíveis entre si.

Para Lakatos, a primeira noção poderia ser relacionada com sua proposta de programas de pesquisa. Lembremos que, indo contra o argumento kuhniano de que a ciência é caracterizada por sucessões teóricas, ele defende uma ciência marcada por teorias concorrentes

e não necessariamente sucessoras umas das outras. Já o termo *tenacidade* se aplicaria ao pensamento lakatosiano na medida em que ele admite uma dinâmica preservacionista das teorias: a ideia de sustentá-las – e não a de obsessivamente torná-las falsas, à maneira de Popper.

As argumentações dentro da discussão climática, que se encontra atrelada a diferentes agentes, encontram-se cercadas por hipóteses contra e a favor de uma ação antropogênica diante de episódios climáticos impactantes, em que cada teoria busca se preservar e desenvolver cada vez mais as hipóteses que as sustentam. Nesse sentido, entendemos que a *tenacidade* corresponderia à coexistência de programas, admitida pelo modelo de Lakatos.

As figuras a seguir (Figura 1 e Figura 2) permitem, de forma visual, comparar os conceitos constitutivos das metateorias kuhniana e lakatosiana.

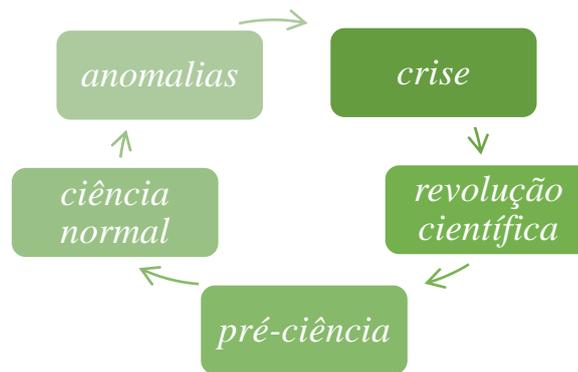


Figura 1 – Conceitos-chave do modelo kuhniano
[organização do autor]

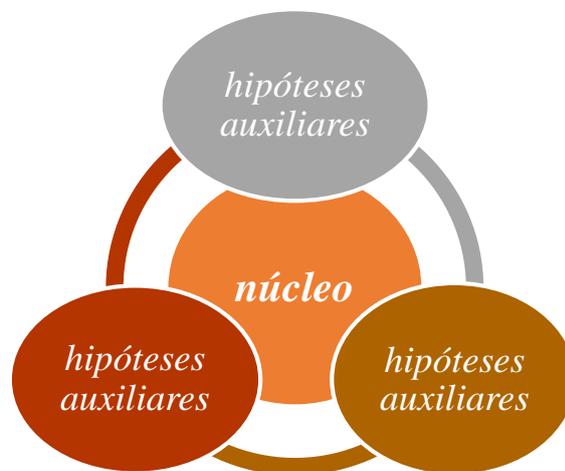


Figura 2 – Conceitos-chave do modelo lakatosiano
[organização do autor]

PARTE II – DIÁLOGO ENTRE OS ESTUDOS DO CLIMA E A VERIFICAÇÃO DOS MODELOS METATEÓRICOS

3. DOS ASPECTOS DA GEOGRAFIA FÍSICA E SEUS CONHECIMENTOS (POUCO EPISTEMOLÓGICOS)

Nesta seção, serão abordadas as ideias que formaram tanto o campo meteorológico quanto o climatológico. Ao longo da discussão, os tópicos conversarão entre si, porque não há como tratar de Meteorologia sem citar a Climatologia e vice-versa, dada a sua interatividade.

A maior parte das publicações trazidas aqui estão delimitadas dentro do campo da climatologia geográfica brasileira, principalmente devido ao fator epistemológico ser menos frequente em publicações estritamente meteorológicas. Mas através delas temos boas elucidacões acerca das ciências atmosféricas e estudos do clima, como um todo. Por exemplo, uma das publicações mais levantes no cenário nacional é *História da climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma geografia do clima* (2004), de João L. Sant’Anna Neto. Trata-se, originalmente, de uma Tese de Livre Docência, do ano de 2001, em que o autor desenvolve uma pesquisa de teor epistemológico. Três anos depois, o material aparece sob a forma de artigo na revista *Cadernos Geográficos*.

Mas para começarmos a falar sobre o vínculo entre aqueles dois campos científicos, cabe antes mencionar o pensamento do geógrafo francês Maximilien Sorre⁹.

Sorre pretendia, em seu *Traité de climatologie biologique et medicale*, dos anos 1930, esclarecer os limites da Climatologia dentro do campo atmosférico, buscando assim uma mais apropriada noção para o conceito de clima. “Os fenômenos que tem como teatro a atmosfera podem ser estudados sob muitos pontos de vista. A condensação do vapor d’água, a chuva, a descarga elétrica, o relâmpago são fenômenos físicos cujo estudo pertence ao ramo da física que se denomina de meteorologia” (Sorre, 2006, p. 89). E o que abarcaria a ciência da Meteorologia? Tanto na teoria clássica, quanto na dinâmica, as respostas para isso são: a

⁹ Os estudos de Sorre trazem um fato muito interessante de ser comentado. Embora sua influência tenha sido significativa para a Climatologia, sua contribuição é totalmente teórica, afastada das realizações empíricas do clima. Todavia, isso não o impediu de discutir a abordagem dinâmica do clima e influenciar toda uma comunidade científica pós-sorreana (Sant’Anna Neto, 2004).

medição dos fenômenos, o estudo das condições físicas e como elas são produzidas, além de uma investigação para entender a relação deles e os fatores condicionantes visando prevêê-los. A “previsão do tempo” que acompanhamos diariamente seria atinente a uma análise de tipo meteorológica (Sorre, 2006).

Já sobre a Climatologia (ou geral ou descritiva), Sorre (2006, p. 89) diz que ela se apresenta:

Quando estudamos as variações geográficas da lâmina de água precipitada na superfície do solo, quando comparamos as diferenças de ritmo de oscilação térmica de uma região para outra, quando caracterizamos a atmosfera de um lugar pela combinação dos meteoros, quando investigamos a relação entre esses fatos e outros fatos geográficos tais como distribuição dos vegetais, animais ou homens.

Um ponto muito interessante é que ambos os campos, apesar das especificidades, possuem convergências. O meteorologista preocupa-se com o estudo dos meteoros existentes e sua “repartição geral”, enquanto o climatologista dedica-se aos elementos atmosféricos junto aos elementos geográficos, porém, sem se desvincular dos resultados da Meteorologia e das leis da física, ao analisar precipitações e altitudes. Para o francês, tais encontros dentro da ciência são necessários, mas quem buscar entendê-los precisa ter consciência de que isso não exclui a dualidade existente entre ambas (Sorre, 2006).

A relação entre as duas ciências trazidas aqui não é em vão. Apesar de fazerem parte do campo dos estudos atmosféricos, e a Climatologia ter surgido da Meteorologia (absorvendo alguns conceitos e técnicas para si e acrescentando o fator geográfico), há detalhes que fazem com que elas não sejam confundidas.

Meteorologistas e climatólogos podem fazer observações com os mesmos instrumentos, sobre os mesmos fenômenos como a temperatura, por exemplo. Eles elaboram séries registradas nos mesmos arquivos. Todavia, a apreciação da justeza e sensibilidade dos aparelhos, a crítica matemática das séries, o estudo das variações tendo em vista a previsão, tudo isso é essencialmente da alçada do meteorologista [...] Aos olhos do climatólogo, a variação termométrica aparece primeiro como um elemento da particularidade climática de um lugar ou de uma região (Sorre, 2006, p. 89).

Mas Sorre (2006, p. 89) faz questão de esclarecer que:

Esta particularidade climática é, por sua vez, apenas um elemento das características geográficas, as quais compreendem, ainda, a forma do terreno, as águas, o mundo vivo. Ele tem constantemente presentes no espírito as relações da interdependência entre esses elementos, relações que não se exprimem absolutamente por fórmulas matemáticas.

Segundo Sorre, a climatologia clássica teve seu período marcado por obras escritas por meteorologistas e, por isso, suas insuficiências eram visíveis. Ainda sobre os processos de cada área, ambas

[...] utilizam o mesmo material científico. Todavia, é necessário colocar algumas reservas. É verdadeiro para o essencial. Porém todas as categorias de observações não proporcionam exatamente a mesma contribuição para ambos. Por exemplo, as observações relativas à alta e à média atmosfera, à formação dos sistemas de nuvens, apresentam um interesse maior em meteorologia. O climatólogo se atém mais à duração, à intensidade da nebulosidade porque esses elementos exercem influência sobre o aspecto do tapete vegetal. (Sorre, 2006, p. 89).

Este ponto será melhor entendido nos tópicos seguintes, mas a concepção de Julius Hann, meteorologista austríaco, a respeito do clima dominou o pensamento climatológico clássico, apesar de, nas palavras de Sorre (2006, p. 90), ser “simples e cômoda”. Este autor aponta dois fatores que geram a argumentação de que tal paradigma é insuficiente: a) os dados são uma média, uma representação equivocada da realidade que leva os elementos climático ao único patamar de médias aritméticas; e b) sua principal característica permeia-se pela estatística e superficialidade, visto que não se busca o desenvolvimento dos fenômenos:

Ora, o ritmo é um dos elementos essenciais do clima. As descrições de Hann escapam frequentemente a esses inconvenientes [...] A [definição] que nós propomos deverá levar em conta o fator tempo (duração). Não é, sem dúvida, perfeita. Contudo, corresponde melhor às nossas concepções (Sorre, 2006, p. 90).

Aqui, começa a haver indícios de uma anomalia, quando a Climatologia da época começa a parecer insuficiente. Ao longo deste capítulo serão trazidas algumas definições sobre o que os autores referenciados entendem por “clima”, “Climatologia” e “Meteorologia”. Por ora, a definição de Sorre (2006, p. 90) inicia tal discussão:

Denominamos clima à série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual. Cada um desses estados caracteriza-se pelas suas propriedades dinâmicas e estáticas da coluna atmosférica, composição química, pressão, tensão dos gases, temperatura, grau de saturação, comportamento quanto aos raios solares, poeiras ou matérias orgânicas em suspensão, estado do campo elétrico, velocidade de deslocamento das moléculas, etc. É o que a linguagem comum designa sob o nome de tempo. A palavra tempo corresponde, portanto, a uma combinação complexa, na qual, conforme o caso, um ou dos elementos que acabamos de enumerar desempenham um papel preponderante. Dizemos que o tempo é quente, seco, chuvoso ou calmo. Porém, a temperatura, a pressão, o estado elétrico, etc., só podem ser isolados por um artifício de análise. A noção de tempo, e por consequência, a noção de clima, são noções sintéticas.

Outra pontuação relevante é:

Consideraremos, enfim, como fatores do clima, as circunstâncias que determinam a existência e regulam a sucessão dos tipos de tempo. Tais são: latitude, altitude, situação relativa às massas oceânicas e continentais, aos centros de ação e aos movimentos gerais da atmosfera, exposição, declividade, etc. (Sorre, 2006, p. 90).

Por essas primeiras linhas, entendemos que o clima é um complexo e que em cada ponto da superfície, e em cada período, as condições atmosféricas são únicas e singulares. Então, mesmo que analisemos o mesmo local, tais condições nunca serão exatamente idênticas, dada a naturalidade com que variam a temperatura, a luminosidade, etc. Porém,

Não podemos [...] nos contentar em selecionar as realidades climáticas sob este aspecto de fluxo perpétuo. O ritmo das estações traz estados higrométricos comparáveis a vários meses de distância. Estes estados se agrupam em torno de formas ou tipos característicos de cada período do ano. Os fatores dos quais depende sua sucessão, oferecem, senão uma estabilidade rigorosa, ao menos uma regularidade relativa. E isso basta para que escapemos à impressão de um escoamento indefinido de formas e para que tomemos consciência da existência do clima local, realidade fundamental da climatologia. (Sorre, 2006, p. 90).

Sorre (2006) traz uma informação importante para a compreensão de um clima específico. Existem estados atmosféricos discrepantes do habitual em determinado ponto; esses extremos se repetem em um considerável intervalo e não há uma regra definida para a sua previsão. Assim, não é possível interpretá-los como parte do clima. A Meteorologia estuda esses episódios extremos com muita cautela. Apenas as situações mais próximas da média é que podem ser consideradas para o clima local. Outra situação extrema (na perspectiva regional) ocorre dentro do fator topográfico. Uma região que apresente muitas variações na topografia, acaba por ser caracterizada pela soma de climas locais (ou estacionais).

Dividindo sua discussão em três partes, Sorre discorre primeiro sobre o clima local (trazido acima), para, em seguida, falar justamente sobre esse clima regional. Como dito anteriormente, um dado ponto da superfície pode trazer um clima muito específico, que não seja possível ser encontrado novamente, idêntico, nem naquele mesmo ponto e nem mesmo em outro ponto, exatamente dentro do mesmo período. Tanto o tempo meteorológico quanto o clima local são singulares; “porém, a ação dos fatores do clima produz uma generalidade suficiente para que tenhamos praticamente o direito de considerar, acima dos climas locais, os climas regionais” (Sorre, 2006, p. 91). Na escala regional, a dinâmica atmosférica e a topografia se dão de forma mais homogênea.

Sorre (2006) entende que um limite climático é necessário para o estudo biogeográfico. Sobre a escala, é possível

[...] falar de climas regionais, ou, se quisermos, de regiões climáticas, e, dessa forma, somos levados a introduzir a ideia de limite climático [...] Essa ideia tem sido frequentemente concebida e utilizada sem espírito de medida. Não se encontra limite climático linear – se é que se encontra – a não ser em casos muito raros, como o de um obstáculo montanhoso normal ao sentido de propagação de influências climáticas. (Sorre, 2006, p. 91).

Uma situação apontada pelo geógrafo e climatologista brasileiro Carlos A. F. Monteiro¹⁰ diz respeito aos limites e transições de zonas estudadas pelo clima (Ribeiro, 2000). Essas fronteiras podem atrapalhar a análise rítmica do local. E sobre essas zonas transicionais, Sorre (2006, p. 91) diz:

Regra geral, há zonas limítrofes, isto é, manchas, onde se fazem e se desfazem combinações de elementos característicos de regiões climáticas em contato [...] combinações fortuitas de fatores podem fazer reaparecer localmente um ou outro clima das vizinhanças em toda sua identidade.

O terceiro ponto diz respeito à microescala. Sorre (2006, p. 91) apresenta o clima da cidade francesa de Clermont-Ferrand como exemplo:

Nem a temperatura, nem os movimentos de ar são os mesmos na Praça de Jaude e nas ruas que para aí se dirigem. Mais ainda, há diferenças de um lado a outro de uma mesma rua. E se nos deslocarmos para o campo? As condições variam conforme consideremos, seja o interior de uma lavoura de trigo, a sombra ou a obscuridade de uma floresta de árvores com muitas folhas ou de um bosque de pinheiros. (Sorre, 2006, p. 91).

Tal noção de clima, de acordo com Sorre, foi pensada pelo alemão Rudolf Geiger¹¹. Sua microclimatologia tratava do clima fino, mais próximo da superfície (Chorley; Barry, 2013). Entre um ponto da cidade e outro, entre uma esquina e uma praça, podem ocorrer variações atmosféricas. E o microclima “não representa o resultado de uma análise crítica dissociada da noção de clima local: é o complemento necessário disso [...] O clima local nem por isso deixa de ser fato fundamental” (Sorre, 2006, p. 91).

Continuando a falar sobre a questão das escalas, Ribeiro (1993) em *As escalas do clima* traça definições que servem como guia para os estudos, dependendo do que esses almejam em seus resultados, pois “a escala é uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno” (Ribeiro, 1993, p. 1). Primeiro, a orientação

¹⁰ O personagem faz isso em *A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil (contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil)*, de 1969.

¹¹ Autor de *Das Klima der Bodennahen Luftschicht*, de 1927. Traduzido para o Português como *Manual de Microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo* (Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961).

têmporo-espacial é importante – sua extensão, quando falamos de espaço, e sua duração, quando falamos de tempo. Segundo, os níveis interativos não são menos relevantes: o macroclimático, o mesoclimático e o microclimático¹² (Ribeiro, 1993).

O clima é regido por um conjunto integrado de fenômenos que se fundem no tempo e no espaço, revelando uma unidade ou tipo passíveis de serem medidos em seu tamanho (extensão) e em seu ritmo (duração). O fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes. Por isso, a sua abstração racional exige um referencial escalar com possibilidades metodológicas, isto é, uma escala taxonômica como parte da própria metodologia da pesquisa climatológica. A cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica, no sentido da coerência entre extensão e duração do fenômeno climático com as técnicas analíticas, desde a obtenção dos dados, passando pelo seu tratamento estatístico-matemático, até a sua apresentação gráfica e cartográfica. (Ribeiro, 1993, p. 1).

Ribeiro (1993) ainda delimita alguns critérios antes de chegar em uma taxonomia climática, como dividir escalas superiores (em nível planetário) e inferiores (em nível de indivíduo). E entende que o impacto das consequências depende da origem. Por exemplo, a dinâmica de processos físicos em grande escala conseqüentemente resulta em alterações na escala inferior, mas o contrário não acontece por ser muito limitador.

Após tais definições, o geógrafo físico parte para a discussão taxonômica dos fenômenos climáticos, através das grandes têmporo-espaciais, quando destaca os climas sazonal, regional, local (e uma variação sua, o topoclima) e o micro. Aqui, não temos pretensão de discorrer sobre todas as classificações, cabendo apenas destacar que nas publicações examinadas os climas sazonal e regional são salientes – e os dois servirão como taxonomia para as argumentações dos capítulos seguintes.

3.1 A dicotomia da geografia física

A geografia física (GF) vem de um período geográfico tradicionalista quando sua pesquisa baseava-se na descrição de paisagens e o meio natural como principal objeto de estudo. Isso muda a partir dos anos de 1960 e 1970, quando os métodos quantitativos e o discurso

¹² Trata-se, respectivamente, da interação entre os componentes de radiação solar e a curvatura do planeta junto aos seus movimentos (macro), da relação em uma escala de 10 a 100 quilômetros, tal qual o clima urbano (meso) e da escala reduzida a menos de 100 metros, uma escala que se preocupa com a interação particular entre sistemas ambientais e fluxos de energia, umidade etc. (Ribeiro, 1993).

crítico afloram no âmbito geográfico – a posição crítica, inclusive, sendo vista como revolucionária por parte dos geógrafos humanos, trazendo uma nova forma de pensar que suprisse melhor a investigação do espaço social, não mais com dados quantitativos, mas com uma percepção qualitativa da realidade). A GF entra no ostracismo devido à posição conquistada pelas pesquisas estatísticas (escola de pensamento quantitativo) e também pelo aspecto sociológico (escola de pensamento crítica). Contudo, a peculiaridade físico-ambiental da disciplina continuaria através de sua capacidade de situar-se próxima das ciências naturais e do foco no quadro físico e suas modificações junto à superfície terrestre; isso, sem dúvidas, salientaria a relevância da GF tempos à frente.

O campo físico-geográfico tem como primazia “o homem como um catalisador para os processos ambientais, como um resultado de tendências, tais como crescimento demográfico, sofisticação tecnológica, urbanização e demanda de recursos” (Johnston, 1986, p. 246). Assim, os princípios da “relação com a Terra” e “ser humano como fator modificador do meio” validaram em outros campos (como o geomorfológico, o biogeográfico e, claro, o climatológico) a ramificação da GF.

Algumas outras definições da Climatologia que podemos apresentar são: ciência resultante dos fenômenos da atmosfera em relação a sua distribuição; campo que analisa as diferenças climáticas e os seus porquês, de acordo com escalas espaciais; e área identificadora de padrões de comportamento atmosférico, possuindo uma interface com as atividades humanas recorrentes e a superfície terrestre. Uma relação próxima à Meteorologia ocorre através da abordagem da série de estados da atmosfera em dado local, com sucessões habituais, sem deixar de lado o interesse pela predominância do estado atmosférico local em um determinado período de tempo – informações sistêmicas e efêmeras são, também, importantes nos estudos climatológicos (Souza; Oliveira, 2017).

Dentro de uma concepção clássica, não que seja a mais aceitável atualmente, os seus aspectos estariam associados à ciência da Física, tendo a Geografia o papel apenas de descrever o meio no qual tais aspectos ocorrem, levando em considerações parâmetros condicionantes – latitude, altitude e topografia. Assim, *grosso modo*, a Meteorologia seria simplesmente o resultado da combinação “Física + Geografia” (Blair; Fite, 1964).

Para ressaltar ainda os pontos de contato entre Climatologia e Meteorologia, cabe mencionar que Dalmedico (2001) examinou esta segunda historicamente. E constatou que a Meteorologia viu cambiar seus objetivos frente a um contexto de notáveis avanços

tecnológicos. Ou seja, o campo teria redefinido práticas tradicionais (da modelagem, por exemplo) em função de “fatores externos” – o que, aliás, além de espelhar situação análoga experimentada por climatologistas, está de acordo com o que o epistemólogo Thomas Kuhn (1998[1962]) deixou claro: o contexto em volta da comunidade científica é uma fonte de surgimento de anomalias, as quais a pesquisa especializada será chamada a enfrentar. O autor, no caso, apresenta a influência da ideia de uma compreensão do mundo sob o olhar matemático, o qual, no pós-guerra, seria preconizado tanto no âmbito da sociedade quanto no das tecnologias. O campo dos estudos meteorológicos foi um dos primeiros a ser impactado pelas técnicas numéricas. E lembremos que, dentro da Geografia, isso equivaleria, contextualmente, ao advento da chamada Geografia Teórica e Quantitativa, sendo um marco na transição do tradicionalismo clássico para a Nova Geografia – corrente de pensamento que passaria a empregar modelos matemáticos-estatísticos para representar a realidade (Johnston, 1986). De fato, nos anos 1950, a Estatística ganhava destaque em muitas áreas da ciência. E entre os pesquisadores em Meteorologia, ela ajudava a atenuar concepções clássicas sobre dinâmica determinística, além de sintonizar-se bem com a modelagem que passava a ser empreendida via computador. Sem dúvida, esse aperfeiçoamento dos estudos foi decisivo para a detecção de novos fenômenos atmosféricos (Dalmedico, 2001).

Em seu *The paradigm of climatology: an essay*, Reid Bryson (1997) apresenta de forma sintética o âmbito da Climatologia e algumas ponderações a respeito dos conceitos de clima. Segundo ele, a Climatologia é “pelo menos um tema de estudo científico, como atesta o fato de ser tantas vezes referida nos currículos, nas revistas científicas e em nome de periódicos” (Bryson, 1997, p. 449, tradução nossa). E é preciso ressaltar que o campo da Climatologia, tal como ela é estudada por geógrafos, abrange conceitos originados na Meteorologia, ainda que elas possuam diferenças entre si.

Outra publicação importante para definir o campo climatológico é *Development and prospects in synoptic climatology* (Yarnal *et al.*, 2001), em que os autores fazem uma análise sobre essa vertente da climatologia: a “sinóptica” (ou geral) – caracterizada por buscar a integração da dinâmica atmosférica simultânea às respostas associadas ao ambiente. E a publicação acaba sendo pertinente para entendermos não somente o grau de desenvolvimento das análises na área, há mais de vinte anos, mas inclusive, a gradativa grande aceitação por parte da comunidade científica. De fato, o avanço no campo sinótico, ocorrido na década de 1990, diz respeito às técnicas de *downscaling*, que pretenderam reduzir a escala empírica, e à

concepção de “Modelos Climáticos Regionais” – os RCM, em Inglês (Yarnal *et al.*, 2001, p. 1923).

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é mencionado também como importante no cenário climatológico, apresentando-se como detentor de um papel instrumental bastante promissor. A Climatologia teria pela frente um futuro desdobrado em várias direções metodológicas:

Uma delas seria o contínuo aperfeiçoamento das abordagens empírico-estatísticas existentes para a climatologia sinótica. Outra envolveria novas técnicas estatísticas empíricas, tal como a análise de redes neurais, que proporcionassem o mapeamento mais preciso possível das relações complexas e não lineares entre a cascata de escalas físicas e os processos, desde a circulação atmosférica em grande escala, até ao ambiente superficial. Finalmente [...] os sistemas de informação geográfica (SIG) seriam um elo crítico entre a atmosfera e a superfície. (Yarnal *et al.*, 2001, p. 1923).

Diferentemente das técnicas da climatologia sinótica empírica, os RCM permitiram que a interação com os sistemas ambientais de superfície pudesse ser feita enquanto a climatologia de um conjunto de sistemas individuais fosse descrita. A modelagem climática dispendeu tempo no aprimoramento das representações; e o fez mediante uso de técnicas de *downscaling*, relacionadas à previsão de climas regionais. Graças a isso, e também ao desenvolvimento de abordagens do tipo *bottom-up* (análises em escala micro, para entender o sistema geral, macro), o campo científico ganhou grande impulso (Yarnal *et al.*, 2001).

A Climatologia surge como conhecimento científico no final do século XIX pautada na Meteorologia, sua ciência-mãe. Ambas, assim, dividem alguns conceitos e metodologias. Por outro lado, além daquilo trazido por Sorre, uma das principais diferenças encontra-se principalmente no espaço de tempo analisado, já que a primeira se dedica às mudanças climáticas macro e de longo período e na identificação de padrões climáticos dentro de uma normal climatológica; enquanto que a segunda busca compreender as mudanças climáticas locais e regionais de curto período e estudar a atmosfera terrestre em seu caráter físico.

Por tempo (weather) nós entendemos o estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo em determinado lugar. Por outro lado, clima é a síntese do tempo num dado lugar durante o período de aproximadamente 30-35 anos. O clima, portanto, refere-se às características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período. O clima abrange um maior número de dados do que as condições médias do tempo numa determinada área. Ele inclui considerações dos desvios em relação às médias (isto é, variabilidade), condições extremas, e as probabilidades de frequência de ocorrência de determinadas condições de tempo. Desta forma, o clima apresenta uma generalização, enquanto o tempo lida com eventos específicos (Ayoade, 1996, p. 2 *apud* Gomes, 2018, p. 17).

3.2 A ciência meteorológica predecessora e o que veio dela

A Meteorologia é o estudo da atmosfera e seus fenômenos visando o registro e medição dos mesmos, cujo objetivo é determinar as condições físicas sob as quais eles foram produzidos. Ela permeia a ciência como sendo responsável pela averiguação de eventos atmosféricos, dividindo-se entre os paradigmas de uma primeira corrente tradicional e uma outra posterior dinâmica. O paradigma tradicional (conhecido também como analítico-separativo) é o estudo dos elementos atmosféricos de forma isolada; elementos atmosféricos tais como: temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica; radiação solar. A corrente de pensamento dinâmica é a análise de todos os elementos que compõem o meio atmosférico, característica essa importante nos estudos de Geografia, visto que é uma ciência que discute interações e não fatores isolados (Ferreira, 2012).

Os autores Richard J. Chorley e Roger G. Barry, ambos professores geógrafos, trazem em *Atmosfera, tempo e clima*, publicado originalmente em 1968, uma ótima introdução aos conceitos atmosféricos, bem como características de ambas as ciências discutidas nesse capítulo. No livro em questão, tratam desde o surgimento dos primeiros instrumentos úteis para a observação atmosférica. As primeiras observações científicas sobre atmosfera acontecem no começo do século XVII, com Galileu e a invenção do termômetro, considerando também a invenção do barômetro, por Torricelli. Cada ato realizado desencadeou outros estudos, outras observações, desenvolvendo cada vez mais o saber científico (Chorley; Barry, 2013; Sant'Anna Neto, 2004).

Além disso,

Pascal usou o barômetro de Torricelli para mostrar que a pressão diminui com a altitude, levando um barômetro até o Puy de Dome na França. Esse feito abriu caminho para Boyle (1660) demonstrar a compressibilidade do ar, propondo sua lei que postula que o volume é inversamente proporcional à pressão. Somente em 1802 Charles fez a descoberta de que o volume do ar também é diretamente proporcional à sua temperatura. Combinando as leis de Boyle e Charles, tem-se a lei do gás ideal, que relaciona a pressão, o volume e a temperatura, uma das relações fundamentais na ciência atmosférica (Chorley; Barry, 2013, p. 2).

Ao longo do tempo, cada vez mais descobertas no campo atmosférico foram feitas, entendendo-se melhor o comportamento do calor na água, na atmosfera, classificando nuvens etc. (Chorley; Barry, 2013).

Já a Climatologia, discutida no tópico seguinte, ramifica-se entre as escolas sintética e dinâmica; a primeira surge como proposta do já mencionado Julius Hann, enquanto que a segunda, como sendo a concepção de Max Sorre e o pensamento da sucessão e ritmo. Pelo fato da ciência climatológica ser o estudo dos fenômenos da atmosfera com contato com a superfície terrestre e sua espacialidade, uma de suas principais características é a associação com a Geografia (seja no âmbito da GH, seja no da GF). Climatologia e Meteorologia possuem divergências metodológicas e de definições (como o conceito de tempo). A Meteorologia é uma ciência voltada para os dados e a principal distinção entre ela e os estudos climatológicos é o aspecto da relação da superfície terrestre e interação do espaço com o tempo atmosférico. Interessante notar que as duas ciências partem originalmente de uma metodologia descritiva e estática para uma (mais aprimorada) dinâmica. A Climatologia, por possuir um forte laço com o conhecimento meteorológico, não teria como desenvolver suas pesquisas de forma mais parecida.

Margarete Cristiane de C. T. Amorim traz em *Métodos e técnicas de pesquisa em climatologia geográfica* (2019) uma revisão metodológica das escolas de pensamento da área; na publicação, ela apresenta os métodos e técnicas das duas vertentes, algo que fora difícil de encontrar no restante da bibliografia consultada. A exposição de suas ideias será apresentada a seguir. De acordo com as ideias de Pédelaborde, trazidas por Zavattini (2000), a ciência meteorológica ramifica-se dentro da dicotomia exposta nos subtópicos seguintes.

3.2.1 A Meteorologia Descritiva

Essa vertente associa-se a uma análise isolada dos elementos da atmosfera. Quando isso ocorre, pode haver uma perda significativa na sua compreensão, visto que os elementos se inserem dentro de um sistema e a sua observação conjunta tende a ser mais esclarecedora. De qualquer forma, tal escola de pensamento influenciou o cenário acadêmico geográfico nacional nos anos 1970 (Zavattini, 2000). Esse paradigma, para Zavattini (2000, p. 29), “desarticula o tempo em elementos que perdem toda a significação concreta ao serem isolados”.

Essa característica tão preponderante na metodologia tradicional da Meteorologia não corresponde aos métodos geográficos que foram tão bem construídos ao longo de sua história, e isso inviabiliza a interação entre ambas. A busca por referências a uma meteorologia descritiva mostrou-se árdua. A discussão no âmbito epistemológico parece não ter penetrado os estudos meteorológicos, ou, se sim, o faz de maneira muito tímida. De qualquer maneira, o

tópico ressalta tal corrente de pensamento como uma linha de pesquisa na Meteorologia, sendo importante para o seu desenvolvimento a partir do momento em que os princípios termodinâmicos da Física foram avaliados em campos aplicados.

Analisando rapidamente esse conhecimento meteorológico através do ciclo kuhniano, entendemos que a Física rumou para determinadas técnicas, medições e experimentos, que permitiram estudos sobre temperatura, pressão e calor. Esses estudos foram cada vez mais aprimorados, sendo aplicados, depois, nas pesquisas sobre atmosfera e clima. É com um caráter descritivo que a “pré-ciência” meteorológica se estabelece – e tudo que surge posteriormente a esse início da prática meteorológica resulta de uma pesquisa extraordinária. De acordo com Rodrigues (2021, p. 34),

O conhecimento científico é muito restrito, e ao adotar um paradigma, este passa a ser prioridade nas pesquisas. Uma única teoria passa a ser estudada e durante esse caminho surgem problemas insolúveis, que a comunidade opta por deixar para averiguar depois, já que essas anomalias não comprometem o paradigma como um todo. Porém, isso dá abertura para a condução de outros paradigmas paralelos. Essa pequena mudança de enfoque é denominada de “pesquisa extraordinária”.

Kuhn (1998) trabalha com esse conceito logo no início da obra, mas voltando a discuti-lo ao longo de toda ela. Ele define que

A ciência normal desorienta-se seguidamente. E quando isto ocorre – isto é, quando os membros da profissão não podem mais esquivar-se das anomalias que subvertem a tradição existente da prática científica – então começam as investigações extraordinárias que finalmente conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência. (Kuhn, 1998, p. 25).

Veremos que os estágios de Kuhn no conhecimento meteorológico muito se assemelham ao comportamento da ciência climatológica, sendo o referido modelo metatórico melhor trabalhado para esse segundo campo.

3.2.2 A Meteorologia Dinâmica

Temos esse paradigma definido por Zavattini (2000, p. 29) com sendo “centrado na compreensão da mecânica geral e da termodinâmica da atmosfera e com a vantagem de ser sintético, visto considerar os estados atmosféricos em bloco, isto é, o tempo e as massas de ar”.

Esse paradigma dinâmico é entendido como o método sintético das massas de ar e tipos de tempo, considerando o tempo como algo essencial diante da realidade atmosférica (Zavattini,

2000). Enquanto os geógrafos franceses viam impasses metodológicos frente à proposta dinâmica, no cenário brasileiro, foi diferente, pois as pesquisas de Monteiro levam o conhecimento geográfico para um novo patamar, utilizando o ritmo como seu fator principal. A proposta de Monteiro serviu significativamente para a escola climatológica geográfica brasileira.

Sant'Anna Neto (2004) aborda brevemente a meteorologia dinâmica ao dizer que esta encontrou aqui, em território nacional, a reverberação por parte de Sampaio Ferraz, meteorologista e climatólogo, que, inclusive, dirigiu a Diretoria Nacional de Meteorologia de 1921 (ano de sua criação) até 1930. Seu livro *Meteorologia brasileira*, de 1934, foi um importante marco no cenário brasileiro das ciências atmosféricas. “Entre 1941 e 1942, já em associação com Ratisbonna, [Adalberto Serra] divulgou seus estudos mais relevantes, quando tratou da dinâmica climática, a partir da definição das massas de ar e do estudo das trajetórias dos sistemas atmosféricos” (Sant'Anna Neto, 2004, p. 84). Sant'Anna Neto (2004) reconhece que a contribuição de Serra foi consideravelmente relevante. Seus estudos ainda incluíram uma análise “da gênese do fenômeno da friagem na bacia amazônica, incorporando novos elementos de análise, de escala global, a partir das cartas sinóticas” (Sant'Anna Neto, 2004, p. 84).

Ao longo de quarenta anos, da década de 1920 até 1960, as ciências da Meteorologia e Geografia, no Brasil, conversavam entre si. A primeira trazendo uma visão mais profunda dos mecanismos da circulação atmosférica; a segunda, análises da fisiologia das paisagens (Sant'Anna Neto, 2004). O geógrafo pode, a partir dos conhecimentos meteorológicos, absorver esse mecanismo climático. A rigidez técnica com dados, porém, torna-se um empecilho.

3.3 A Climatologia e o desenvolvimento do campo atmosférico

O conhecimento climatológico remete aos tempos antigos (assim como outras ciências), quando os pensadores da época possuíam, mesmo que ainda de forma imatura, algum conhecimento sobre fenômenos naturais. Civilizações antigas guiavam-se através do comportamento dos fenômenos naturais em relação à caça, migrações e também rituais. Muitos conhecimentos antigos pautavam-se em crenças religiosas, místicas, atrelando os comportamentos atmosféricos às entidades divinas, sendo algo que se passava oralmente geração após geração (Ely, 2006; Sant'Anna Neto, 2004).

Não nos cabe aqui entrar nos primórdios do conhecimento atmosférico e nos períodos pré-científicos. A discussão trazida inicia-se um pouco mais à frente. Como trazido no tópico 3.2., os cientistas no século XVII buscavam entender melhor o comportamento da natureza, sendo motivados pelo ideal de uma instrumentalização que fosse eficaz para as verificações pretendidas. Apesar da intenção não ser a de trazer um panorama tão extenso temporalmente, como fizeram Sant'Anna Neto (2004) e Ely (2006), é necessário aqui entendermos algumas situações da época que foram importantes para o desenvolvimento dos estudos atmosféricos e sobre clima, principalmente no que diz respeito à instrumentalização e medição.

Depois da construção do primeiro termômetro por Galileu, em 1597, houve uma sucessão de inventos, que passaram a medir, com alguma precisão, a maioria dos fenômenos atmosféricos. A Meteorologia se instrumentaliza e a Climatologia passa a contar com informações mais sólidas para descrever e explicar a distribuição dos climas pelo planeta. (Sant'Anna Neto, 2004, p. 35).

Sobre a época, Deise F. Ely (2006, p. 36) diz que:

Os pensadores se preocupavam, essencialmente, em enaltecer os caminhos da inteligência humana para se chegar à verdade. Nesse movimento de estima da razão humana destaca-se Descartes, que procurou justificar e recompor o posicionamento do homem e de seus interesses com relação à natureza, por meio da consideração de um mundo segmentado em dois sistemas: o do pensamento e o da vida material.

E que o final daquele século XVII

[...] foi marcado pela dedicação de muitos pensadores ao estabelecimento e consolidação da racionalidade, reduzindo a apresentação dos trabalhos especulativos e não se admitindo mais pensar somente em hipóteses teóricas, agora havia que se experimentar e expressar matematicamente a natureza. (Ely, 2006, p. 38).

Algumas décadas depois desse episódio com o primeiro termômetro, surgem as primeiras estações meteorológicas que se tem registro, na Itália. Essas instalações possuíam os mesmos instrumentos para que uma comparação de seus registros pudesse ser feita, registro esse sobre pressão atmosférica, temperatura, ventos etc. Isso permitiu com que uma compreensão mais sistemática e comparativa pudesse ser realizada (Sant'Anna Neto, 2004).

Humboldt, dos mais célebres personagens do pensamento ambiental, viveu em um contexto em que havia um forte interesse, por parte dos países europeus, de explorar o mundo, visando cada vez mais conhecimento acerca dos recursos naturais. O autor foi muito importante nesse episódio, e

Imbuído da sensibilidade e de uma visão conjuntiva do mundo, advindas do movimento romântico, conseguiu estabelecer correlações entre a altitude, a

distribuição das temperaturas e a hidrologia visando a explicação das distintas áreas vegetacionais, seu principal foco de estudo. (Ely, 2006, p. 45-46).

Ely (2006, p. 46) ainda se refere a Humboldt como predecessor de Köppen¹³, ao dizer que:

Em suas expedições [...] obtinha dados dos elementos meteorológicos e calculava suas médias, procedimento que o levou a espacialização global da temperatura através de isolinhas, correlacionando a terminologia quente, temperado e frio [...] A técnica de traçar isolinhas permitiu Humboldt representar e analisar a espacialidade da atmosfera numa correlação com os demais elementos da paisagem (topografia, continentalidade, correntes marítimas, disposição do relevo e características climáticas).

Gomes (2018) é outro autor que discute essa relação entre as ciências atmosféricas. Como explicado anteriormente, os tópicos dialogam uns com os outros, pois a relação é intrínseca. No trecho em destaque, ele traça as raízes climatológicas quando apresenta que:

A Climatologia está baseada na Meteorologia, que, por sua vez, está calcada nos princípios da Física e da Matemática. A meteorologia acaba englobando tanto tempo como clima, enquanto os elementos da meteorologia devem estar necessariamente incorporados na climatologia para torná-la significativa e científica. O tempo e o clima, indissociáveis por completo, podem juntos ser considerados como uma consequência e uma demonstração da ação dos processos complexos na atmosfera, nos oceanos e na terra. (Gomes, 2018, p. 17-18).

Com essa definição, sendo a Climatologia uma ciência ramificada dos conceitos meteorológicos, apresenta em sua esfera dois segmentos: uma corrente de pensamento clássica e outra dinâmica (Amorim, 2019; Zavattini, 2000) Para Cunha e Vecchia (2007), essa última ainda é pouco utilizada nas instituições de ensino, visto que persiste uma dominância dos conteúdos clássicos. Mas o mesmo não pode ser dito quanto à pesquisa científica.

O entendimento dos processos e dos mecanismos atmosféricos, aliado à compreensão dos elementos climáticos de maneira integrada, levando-se em conta a interdependência entre esses elementos, faz com que a climatologia dinâmica, paulatinamente, ganhe maior espaço e, por isso mesmo, percebe-se que a sua utilização já vem produzindo pesquisas importantes. (Cunha; Vecchia, 2007, p. 137).

Sobre os aspectos metodológicos, os meteorologistas trabalham com leis da Física clássica e técnicas matemáticas, enquanto os climatólogos usam instrumentos estatísticos quando tratam do tempo. Assim,

¹³ Vladimir Köppen foi um biólogo russo. Sua contribuição mais conhecida no cenário climatológico é a proposta de classificação climática de 1918, sendo atualizada pelo mesmo até 1936 (informação disponível em: <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>).

O clima é um dos aspectos que expressa a relação entre a sociedade e a organização econômica e social do espaço urbano, já que, por um lado, eventos extremos que estejam ligados à temperatura ou às precipitações fora dos padrões normais repercutem na qualidade de vida da população que habita as grandes cidades [...] Por outro, o espaço físico atua como fator geográfico de modificação das condições iniciais do clima, alterando, assim, as propriedades inerentes aos sistemas atmosféricos atuantes sobre uma dada região. (Cunha; Vecchia, 2007, p. 138).

Para que a delimitação fique clara e a ciência da Climatologia seja separada da Meteorologia, os autores Cunha e Vecchia (2007) apresentam dois conceitos: o de clima e o de tempo. A definição de ambos está associada ao conjunto de elementos e ao registro meteorológico – enquanto a Climatologia dedica-se ao estudo dos elementos atmosféricos em conjunto, a longo prazo, compreendendo sua relação com a superfície terrestre, o tempo é a condição instantânea da atmosfera, a curto prazo.

[...] os atributos ou os elementos climáticos em um determinado local da superfície terrestre, em um dado momento, são: temperatura do ar, pressão atmosférica, tensão do vapor de água, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos, radiação solar global, campo elétrico, corrente elétrica vertical, íons positivos e negativos, nebulosidade, visibilidade horizontal e poeiras. Ressalte-se que, todos eles, atuam de forma conjunta e simultânea, podendo ser considerados como propriedades específicas de cada sistema atmosférico, isto é, da atuação de cada massa de ar. (Cunha; Vecchia, 2007, p. 139).

3.3.1 A Climatologia Clássica

Denominada também de separatista, essa corrente de pensamento trata dos elementos climáticos de forma isolada e independente, e a sua principal característica é também o maior alvo de críticas, visto que essa não conexão entre os elementos prejudica a representação da realidade. Seu comportamento descritivo não permite compreender as origens dos processos que são apresentados. Esse paradigma é o surgimento da Climatologia e marca um primeiro afastamento metodológico identificado. A partir daí as duas ciências seguiriam seus próprios caminhos.

A metodologia adotada pelos estudos climáticos que se apoiam na abordagem clássica se baseia no tratamento e na utilização de apenas alguns atributos que compõem o clima. Back (2001), por exemplo, utiliza dois elementos climáticos, temperatura e precipitação pluvial, na tentativa de identificar possíveis sinais ou evidências de mudanças climáticas [...] [O autor] no entanto, reconhece que a dificuldade no estabelecimento de tendências climáticas está na grande variabilidade natural dos dados meteorológicos. Assim, é importante reconhecer que a utilização de médias pode ocasionar distorções grosseiras e resultar em conclusões equivocadas. (Cunha; Vecchia, 2007, p. 141).

A análise isolada dos fenômenos ganha mais ênfase a partir do momento em que o paradigma faz uso de valores médios. Essa corrente de pensamento clássica busca a descrição dos fenômenos climáticos e, de acordo com Gomes (2018, p. 18), parafraseando Ayoade,

[...] está fundamentalmente preocupada com os padrões de distribuição temporal e espacial dos elementos do tempo, de áreas que vão desde 1 a 2 quilômetros quadrados até áreas imensas, perpassando por toda a extensão territorial do planeta. O método de distribuição é cartográfico, representativo, constituindo-se de mapas de médias ou gráficos que evidenciam variações diurnas e sazonais, bem como diferenças espaciais nos valores dos elementos climáticos, tais como temperatura, pressão, umidade, velocidade, direção dos ventos, quantidade de nuvens, etc.

Nas concepções clássicas de Hann e Köppen, o clima é o estado médio da atmosfera com base em dados estatísticos e trazendo várias séries de observação. Nessa linha, a classificação de climas elaborada por Köppen se insere no pensamento tradicional – além dos climogramas, que são as representações gráficas de um clima local. E essa abordagem tradicional é aquela que aprendemos no ensino escolar.

Amorim (2019) concorda que há uma dificuldade de compreensão integrada da atmosfera. Tal pensamento baseia-se no conceito de clima de Julius Hann, que o enxergava como um conjunto de fenômenos meteorológicos que são responsáveis por caracterizar o estado médio da atmosfera em uma dada porção da Terra (Amorim, 2019). O principal ponto discutido por autores que trazem essa abordagem teórica climatológica é o não dinamismo da atmosfera e seu caráter excessivamente estático. A autora ainda diz que:

Este conceito apresenta duas limitações, que foram apresentadas por Max Sorre [geógrafo que, como vimos antes, contra-argumenta tal percepção através de outro paradigma]. A primeira se refere ao uso das médias. Os valores médios são abstrações e não permitem a compreensão da realidade, podendo deixar uma falsa noção das características dos elementos do clima sobre determinado local (Amorim, 2019, p. 255).

Um exemplo argumentativo são os valores médios apresentados em determinada latitude no continente africano, que impossibilitam a real amplitude térmica diária, o que torna o local um ambiente inóspito para se viver, caso não se esteja adaptado para a região, tanto em vestimentas quanto em climatização (Amorim, 2019). O paradigma tradicional pode, erroneamente, trazer uma impressão “estática” da atmosfera, quando na verdade sabemos que há variações (seja na macro, seja na microescala).

Essa característica estática da climatologia é a *anomalia* que faz surgir a busca por novas respostas mais adequadas ao estudo da atmosfera. Para Max Sorre (comentado por Amorim, 2019, p. 256), a Climatologia

[...] considera a “série de estados da atmosfera”, ou seja, pressupõe a integração entre os elementos que compõem a atmosfera, já que dependendo das combinações entre eles, as sensações para os seres humanos podem ser muito diferentes. Ao considerar a “série” de estados da atmosfera, não esquece os tipos de tempo excepcionais que naturalmente ocorrem nos lugares. (Amorim, 2019, p. 256).

Este paradigma busca uma interação e compreensão geral da atmosfera, considerando o tempo e as massas de ar juntos. De acordo com Amorim (2019, p. 256), interpretando Sorre, “a dinamicidade do clima também está presente, porque ao considerar a ‘sucessão habitual dos tipos de tempo’, pressupõe a existência do ritmo, fundamental para a organização da vida das pessoas”.

Ainda de acordo com a autora, Sorre não teria em seu currículo estudos empíricos sobre a ciência da Climatologia, contribuindo apenas de maneira teórica. Isso é interessante de ser destacado, visto que as ciências do clima constantemente estão envoltas de dados, análises, medições e desenvolvimento de sua instrumentalização. Sorre já nos trazia a perspectiva de que estudos (apenas) teóricos possuem sua validação para estudos quantificáveis. A autora enfatiza que “Sant’Anna Neto (2001), afirmou que coube a ele [Sorre] a criação de um novo paradigma na climatologia, o ritmo, sendo, portanto, o mentor intelectual de uma climatologia geográfica” (Amorim, 2019, p. 256).

A pesquisadora Sartori (2005) traz um ponto crucial na metodologia da pesquisa atmosférica ao dizer que a visão analítico-reducionista não abrange o fator de interconexão e interdependência dos vários fenômenos que dialogam entre si; caso isso fosse considerado, uma mudança paradigmática representaria sim uma revolução na ciência.

Caracristi [autora de “*Geografia e representações gráficas...*”, 2002] [...] considera abusivo o uso de médias na climatologia tradicional, destacando negativamente o fato de essa abordagem trabalhar os elementos climáticos de forma isolada, através de análises geralmente unidimensionais, ressaltando puramente os aspectos quantitativos e descritivos do fenômeno climático, levando a formulações generalistas e a grandes abstrações. (Cunha; Vecchia, 2012, p. 142).

Essa corrente de pensamento e a Geografia clássica possuem semelhanças. Primeiro, ambos os campos científicos tiveram a contribuição de Humboldt (melhor apresentada a

seguir); segundo, o caráter descritivo e a natureza como objeto de estudo são primordiais. Inclusive, essa descrição é criticada por Gomes (2018, p. 18):

A primeira crítica à Climatologia Tradicional refere-se ao fato de ela não ser explicativa, mas sim descritiva. Os mapas de médias dos elementos não dão ideia sobre os processos que originam sua distribuição. A segunda crítica é de que essa abordagem tende a dar a impressão de uma atmosfera estática, enquanto a atmosfera é dinâmica e está em constante turbulência. A terceira crítica é a tendência em negligenciar as interações, isto é, os mecanismos de feedback que operam na atmosfera. Os processos interagem e se afetam mutuamente, e frequentemente os efeitos retornam reagindo para provocar mudanças ou modificações em suas causas. A quarta crítica dos métodos da Climatologia Tradicional volta-se para a classificação climática, sendo que as linhas traçadas nos mapas dão a impressão errônea de mudanças abruptas em tais linhas demarcatórias. Da mesma forma, os climas definidos para as áreas são frequentemente considerados como entidades climáticas separadas e explicadas como tais, usualmente apenas com referência aos fenômenos de superfície. Essa abordagem ignora o fato de que o clima tem uma terceira dimensão (a vertical), e que as características atmosféricas em determinado local só podem ser explicadas de maneira significativa quando consideradas no contexto das atividades da atmosfera como um todo.

Acrescentamos ainda, junto ao trecho acima, os sistemas de *feedback* na atmosfera, algo que para a climatologia separativa, não parece importante. Os *feedbacks* são as respostas que a atmosfera dá e podem ser negativos ou positivos – pois aumentam ou diminuem essa resposta no que toca à forçante (Chorley; Barry, 2013). Na transição de uma corrente para a outra, a climatologia dinâmica tinha o intuito de superar os impasses descritivos,

A ênfase atualmente incide na explicação dos fenômenos atmosféricos, para além de descrevê-los. A atmosfera é dinâmica, não estática, e fazem-se esforços para compreender os processos e interações que ocorrem na atmosfera e na interface atmosfera – superfície da Terra. (Gomes, 2018, p. 19).

A definição de Sorre, dos anos 1950, que “trata o clima como o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera, em determinado lugar, em sua sucessão habitual” (Ferreira, 2012, p. 769), representou uma ruptura no pensamento climatológico; essa definição “admite que os estados atmosféricos variam com o tempo cronológico e, talvez o mais importante, com certo ritmo” (Cunha; Vecchia, 2007, p. 139). A análise rítmica dos tipos de tempo traz consigo uma pesquisa do clima através de um conjunto de elementos formados no tempo; o ritmo de sua sucessão vai depender dos fluxos atmosféricos, determinados pelos centros de pressão – essa é a gênese dos fenômenos climáticos (Cunha; Vecchia, 2007).

3.3.2 A Climatologia Dinâmica

O paradigma dinâmico, contrapondo o anterior, nada mais é do que a perspectiva geral dos fenômenos atmosféricos em conjunto; não os isolando, mas integrando-os de forma indissociável para compreender a realidade.

[...] o ritmo, nos mais diversos sentidos, é movimento, mas na abordagem do clima, traduz-se como dinâmica climática, que se repete em intervalos regulares (estações do ano) ou não (eventos anômalos – disritmias), no conjunto fluente (atmosfera) e sua interação com outras esferas (biosfera, hidrosfera, antroposfera), a que chamamos de holorritmo (totalidade dos ritmos). (Cunha; Vecchia, 2007, p. 142).

Outra característica importante aqui é que marca um episódio de mudança paradigmática é o fator qualitativo substituindo o quantitativo atrelado ao pensamento tradicional. Uma teoria das massas de ar e fenômenos frontogenéticos exigiram outros métodos analíticos (Cunha; Vecchia, 2007). O dinamismo do processo determina um caráter explicativo, não mais considerando médias estatísticas para apresentação de resultados. A Geografia no século XX também passa por uma transição análoga, do tipo análise quantitativa → qualitativa, a partir do momento em que o paradigma crítico surge à favor de uma ciência mais social, voltada para dados mais observáveis, indo contra a metodologia matemático-estatística do paradigma quantitativo. É preciso enfatizar, porém, que ambos os paradigmas (apesar de seus momentos de destaque na história da ciência geográfica) continuaram sendo representados por geógrafos que defendiam ambas as perspectivas. O surgimento de uma não refutou a outra, embora a estrutura da Geografia tenha sido abalada com a adoção de uma nova proposta.

Gomes (2018, p. 19) traz-nos o pensamento de Monteiro (1971) para dizer que esse paradigma busca estudar o ritmo e que esse é o ponto central aqui, interpretando os fenômenos atmosféricos através da análise de ritmo climático – “a sequência, a sucessão de tipos de tempo, ou seja, o encadeamento dos estados atmosféricos sobre determinado local, é que conduz ao ritmo”. Além disso, o estudo das massas de ar comporia os fundamentos da climatologia moderna.

Quando Monteiro (1971) compreende o clima como um ambiente atmosférico composto por uma série de estados atmosféricos na sucessão de tempos, essa definição

[...] leva em conta os fundamentos da climatologia dinâmica, que ganhou força a partir dos trabalhos de Max Sorre, uma vez que clima é visto de uma maneira dinâmica, determinado pela sucessão de eventos atmosféricos, que expressam as suas variações por meio das flutuações dos elementos climáticos que atuam de maneira interdependente. (Cunha; Vecchia, 2007, p. 140).

Ademais, dentro de uma visão geográfica, há de se considerar o fator antropogênico para o estudo do clima, o que contribui para uma singularidade e uma relação sociedade-natureza, integrando fatores e compreendendo várias organizações espaciais. Santos (2002) já enxergava esse papel, entendendo o clima como “constituído de variáveis dependentes ou extensivas, nas quais o homem [...] pode intervir; e independentes, sobre as quais o homem não tem controle” (Cunha; Vecchia, 2007, p. 140). Sua importância dá-se quando assumimos o clima como um regular da vida social e econômica.

Enquanto para Hann, o clima é entendido como conjunto de fenômenos meteorológicos num ponto determinado, para Sorre, ele é o ambiente atmosférico formado por uma série de estados da atmosfera em um determinado lugar (Cunha; Vecchia, 2007). Para Sorre, o estado médio é o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera de um lugar. A concepção de Sorre apresenta-se como mais eficiente, visto que ela considera a sucessão de tempos – ritmo e duração.

Sobre as possibilidades e limitações da visão dinâmica do clima, a primeira anomalia paradigmática da climatologia dinâmica é a dificuldade de seus vários fatores serem incorporados por todos aqueles que se dedicam à pesquisa científica. Ainda seria incipiente o número de estudos que utilizam explicitamente a abordagem; e isso seria visível em várias regiões do Brasil, inclusive no Sudeste – principal centro geográfico das produções acadêmicas. Uma hipótese plausível: haveria dúvidas “quanto à disseminação do paradigma da análise rítmica dos eventos atmosféricos, ou seja, se os conceitos de climatologia dinâmica são de domínio de pesquisadores, estudantes e professores” (Cunha; Vecchia, 2007, p. 143).

Um paradigma pode ser revolucionário para determinada comunidade científica, mas para outra não. Dito isso, dentro da Geografia, temos o exemplo das geografias quantitativa e radical, que não foram adotadas por todos os geógrafos. Alguns optaram por uma abordagem mais humanística, pautada na fenomenologia. Com isso, mais de um paradigma poderiam coexistir, o que se apresenta, dentro do ciclo kuhniano, como uma “crise paradigmática”. Diferentemente da proposta lakatosiana, que já admite que dois paradigmas coexistam, preservando, cada um deles, o seu núcleo separadamente.

Para Cunha e Vecchia (2007, p. 143),

A utilização correta da climatologia dinâmica, para que uma análise coerente dos dados seja feita, nos moldes dessa abordagem, depende de uma série de fatores. A visualização desses encadeamentos atmosféricos depende, basicamente, das respostas locais colhidas nas variações diárias e horárias dos elementos do clima (medições em superfície, por meio de estações e postos meteorológicos), nas cartas sinóticas do

tempo (pressões reduzidas ao nível do mar e, se necessário, as dos principais níveis isobáricos) e nas imagens fornecidas por satélites meteorológicos. Entretanto, o simples acesso a esse banco de dados não é suficiente. Faz-se necessária a correta interpretação dos valores para o real entendimento dos processos.

A partir do momento que se tem uma atribuição dinâmica e um conjunto de informações heterogêneas, Zavattini (2003) entende que a interpretação dos dados e a análise do ritmo de sucessão das massas de ar é um aspecto integralmente geográfico, por mais que estejamos tratando de dados meteorológicos.

Cunha e Vecchia (2007) entendem que o paradigma dinâmico possui um desafio em relação à aquisição dos dados de clima. Monteiro (1971) já abordara tal ideia ao dizer que o ritmo climático é compreendido pela representação constante, diária, dos elementos do clima, representando a circulação atmosférica regional, constituinte do princípio do ritmo. A obtenção de dados diários é difícil, principalmente para a pesquisa brasileira, mas tal obstáculo (anomalia) tende a mudar com a influência do INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, e seus postos de observação para aquisição automática de dados. Para Gomes (2018, p. 18), a “visão do clima como sistema dinâmico e complexo, composto por encadeamentos sucessivos e habituais de tempo, marca a abordagem predominante empregada na climatologia nos tempos atuais. Trata-se da Climatologia Dinâmica”.

[...] a visão dinâmica do clima permite visualizar fenômenos de caráter temporal mais exíguo, como a identificação do ritmo climático expresso pelo regime de chuvas, pelos períodos de elevada secura do ar, ou mesmo pela variação dos valores da pressão barométrica ao longo da penetração de frentes frias, acompanhadas pela alteração da velocidade e da direção predominantes dos ventos (Cunha; Vecchia, 2007, p. 140).

Tratando-se, por exemplo, de pesquisas voltadas para análises pluviométricas, a quantidade de postos em determinados locais pode-se mostrar um empecilho. O estudo de Keller Filho, Assad e Lima (2005), mencionado por Cunha e Vecchia (2007), apresentou uma discrepância nos postos de observação das regiões Centro-Oeste e Sudeste, em que a primeira região apresentou uma baixa quantidade de dados significativa. Ao tratar sobre o clima geral do país, tais divergências podem ser encaradas como um impasse metodológico para a pesquisa.

Monteiro (1971) destaca que somente a análise rítmica detalhada ao nível de “tempo”, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região. (Cunha; Vecchia, 2007, p. 144-145).

Apesar de representar uma mudança paradigmática nos estudos atmosféricos, devido à conexão dos fenômenos e seu caráter interdependente, o pensamento dinâmico traz consigo limitações quanto aos dados meteorológicos obtidos – a melhoria na compreensão dos vários processos que ocorrem na atmosfera pode ser obstaculizada pela dificuldade na interpretação dos poucos dados disponíveis.

Sant’Anna Neto [...] destaca que com o advento da cibernética e das técnicas computacionais, aliado aos conhecimentos introduzidos pelas observações realizadas pelos satélites artificiais, por meio de sensoriamento remoto, pela primeira vez na história houve a possibilidade de se obter uma visão da Terra em escala planetária, como um planeta orgânico [...] Segundo Sant’Anna Neto [...] a Climatologia tem sido, entre as áreas que se enquadram na Geografia Física, a que mais se distanciou da busca da análise conjunta do território, do espaço e da região, em comparação, por exemplo, com os esforços atuais da Geomorfologia, Hidrogeografia e Biogeografia. (Cunha; Vecchia, 2007, p. 145-146).

O texto atribui esse afastamento da Climatologia em relação a uma abordagem mais integrada ao ensino superior de Geografia, considerando a formação dos docentes e a dificuldade de aplicação das metodologias mais recentes. Além disso, considera-se também a árdua tarefa de associar as metodologias climatológicas com os outros campos da GF – “assim, embora não se possa dizer que a Geografia tenha abandonado completamente a climatologia dinâmica, a disciplina tem tratado o conceito de ritmo (e a concepção de totalidade) de maneira tímida” (Cunha; Vecchia, 2007, p. 146). Os autores ainda dizem que:

É preciso ressaltar a importância da abordagem dinâmica do clima, pois ela remete ao conceito de ritmo que tem embutido o entendimento do tempo e do clima, como encadeada sucessão de sistemas atmosféricos (tipos de tempo), de absoluta pertinência e necessidade ao debate sobre as diferenças entre a variabilidade e as mudanças climáticas. Essas questões são, indiscutivelmente, atuais neste momento em que se discutem as emissões de gases estufa, o aquecimento global, o comércio de créditos de carbono e, sobretudo, a diminuição do crescimento econômico dos países emergentes, em função da redução de emissão de gás carbônico, derivada de menor consumo na produção de energia não renovável (Cunha; Vecchia, 2007, p. 146).

Em *A climatologia dinâmica na perspectiva da análise rítmica*, Ribeiro (2000) buscou trazer uma reflexão sobre tal paradigma através do seu:

[...] processo da construção das bases teórica e metodológicas da análise rítmica, proposta por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro e baseada nos preceitos de M. Sorre, o introdutor do conceito revolucionário de clima baseado na sucessão habitual dos tipos de tempo. (Ribeiro, 2000, p. 47).

O paradigma dinâmico fala sobre a variabilidade e a gênese dos fenômenos climáticos ao focalizar a circulação atmosférica, as massas de ar e frentes, entre outros fatores. Ele

privilegia a coesão e a consonância dos elementos. Ribeiro (2000) é mais um autor que assume a importância de Monteiro e a sua escola climatológica geográfica, elaborada através de um extenso período de publicações, resultando no paradigma da análise rítmica – o qual:

[...] encontra fundamento metodológico no conceito de clima formulado por Max Sorre, pois, ao apresentar o termo “ritmo”, Monteiro aponta a importância da sucessão habitual dos tipos de tempo, o que exige um acompanhamento diário ou até mesmo horário das condições atmosféricas no espaço a ser estudado. Trata-se de uma nova estratégia metodológica que encara o clima como sendo um sistema complexo, dinâmico, com enorme número de variáveis, o que desaconselha o uso de modelos em termos de “estados médios” (Ribeiro, 2000, p. 47).

Quando Ribeiro (2000, p. 48) fala que a “abordagem estabelecida por Monteiro se destaca pela adoção da ruptura em relação à tradicional e clássica definição de clima, formulada por Hann” e que as “raízes dessa cisão estão apoiadas nas ideias de Sorre”, o autor está comentando uma mudança paradigmática importante na produção climatológica. Pédelaborde, comentado na publicação, também possui um papel importante com uma proposta paradigmática. Todos aqui são vistos como predecessores nos avanços que se seguiriam dentro da meteorologia sinótica e também na climatologia geográfica, subsequentemente.

A diferença básica da linha de análise de Pédelaborde, em relação à proposta de Monteiro, está no fato de que o primeiro, apesar de incorporar os “tipos de tempo” como elementos básicos da abordagem dinâmica, insiste na consideração dos mesmos em termos de somatórios. Estes, são encarados como meio para se chegar às caracterizações climáticas. Por outro lado, Monteiro enfatiza o *mecanismo sequencial dos tipos de tempo*, destacando-se as peculiares irregularidades, já que estas constituem-se nos pontos fundamentais da abordagem interativa entre o clima e as demais esferas geográficas. (Ribeiro, 2000, p. 48, g.a.).

Essa fala de Ribeiro (2000) é importante para entendermos como dentro de uma mesma comunidade de pesquisa, pode haver divergência e caminhos metodológicos diferentes, que se pautam em mais de uma orientação. As diferenças de método, instrumentalização e objetivos alcançados não podem ser analisadas apenas entre, digamos assim, *comunidade científica 1* (cc1) e *comunidade científica 2* (cc2) enquanto ciências distintas. No caso, se cc1 fosse a Geografia e cc2 a Climatologia, por exemplo, estaríamos falando de duas ciências diferentes que podem até ter itens em comum, mas que possuem caminhos não tão paralelos. A questão aqui é a de que tal situação pode ocorrer dentro da própria ciência geográfica (entre *Paradigma 1* e *Paradigma 2* – P1xP2) e também dentro da Climatologia (entre *paradigma 1* e *paradigma 2* – p1xp2) – o que é justamente destacado quando se comenta a relação entre Pédelaborde e Monteiro.

Monteiro realizou o seu primeiro trabalho no campo climatológico estudando o clima do Centro-Oeste. Mas tal pesquisa pautava-se em uma perspectiva analítico-tradicional de compreensão climática (Ribeiro, 2000).

Na primeira parte, Monteiro analisa a atuação dos principais elementos meteorológicos, destacando a íntima relação entre a temperatura e o relevo da região. Quanto às pressões e ventos, a análise recorre a um estudo da circulação geral atmosférica sul-americana, enfatizando a repercussão da mesma no Centro-Oeste brasileiro. Como resultado, observou-se que a quantidade de chuvas que precipita na região apresenta-se fortemente correlacionada com o relevo, observando-se, ainda, que o comportamento pluviométrico sazonal é tipicamente tropical (verões chuvosos e invernos secos). A classificação do clima do Centro-Oeste é apresentada na segunda parte da obra quando Monteiro utiliza o modelo de classificação proposto por Köppen para demonstrar que os tipos de clima básicos encontrados na região são Aw e Cw. Na terceira parte do trabalho reside o motivo pelo qual a obra pode ser citada como precursora no trato das proposições acerca de uma Climatologia Dinâmica verdadeiramente geográfica. Nela, o autor aborda as relações entre o clima e as demais esferas geográficas, salientando a influência climática sobre o revestimento vegetal, as repercussões sobre as atividades humanas e a importância da fisiografia regional na determinação dos aspectos climáticos. (Ribeiro, 2000, p. 48-49).

Falando um pouco da construção do pensamento de Monteiro, esse importante personagem demonstrou genuína preocupação no quadro de classificações climáticas resultantes de um insuficiente método analítico. De acordo com ele, o ritmo diário e uso de cartas sinóticas eram um passo para o progresso, bem como “correlações com outros fatores do quadro geográfico, aperfeiçoamento da classificação genética dos climas e de um sistema de distinção de climas locais dentro dos quadros regionais, com ênfase na gênese dos mesmos” (Ribeiro, 2000, p. 49). O início do novo rumo paradigmático que Monteiro deixaria para as próximas gerações surge com *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo (Estudo Geográfico em forma de Atlas)*, onde o geógrafo

[...] faz um esquema das feições climáticas individualizadas no território paulista, inserindo-as nas células climáticas regionais que se articulam com as faixas zonais. Na oportunidade, verificou-se que as chuvas no Estado de São Paulo eram de origem predominantemente frontais em todas as estações do ano, principalmente no inverno. (Ribeiro, 2000, p. 50).

Mesmo fazendo parte, a princípio, da discussão de Monteiro, a classificação de Köppen é reconsiderada, quando, em sua obra, o geógrafo brasileiro aponta:

Prendendo-se aos valores médios mensais dos principais elementos, esta classificação não tem o menor significado na diversificação dos climas locais dentro do quadro regional. Conhecendo-se a gênese da circulação e o ritmo de sucessão dos tipos de tempo torna-se inadmissível aceitar que Santos tem o mesmo tipo de clima que Belém do Pará. É sabido que causas diferentes conduzem a resultados semelhantes [...] (Monteiro, 1962 *apud* Ribeiro, 2000, p. 49).

Como dito anteriormente, o paradigma consolida-se através de um grande período de publicações de Monteiro, entre elas a sua Tese de Doutorado, *A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil*. Ao seu final, Monteiro (1969 *apud* Ribeiro, 2000, p. 50) diz:

Temos a impressão de que poderemos concluir que a análise rítmica não deve ser apenas uma necessidade motivada pelo fato de encarar a “sucessão habitual” como a essência geográfica do clima, mas porque ela é uma imposição intrínseca ao dinamismo do comportamento atmosférico.

A mudança de diretriz, de acordo com a fala de Monteiro, é inerente ao desenvolvimento da pesquisa. Para ele, o novo paradigma era uma consequência do dinamismo que a Climatologia precisava ter. Ainda de acordo com ele, ambos os paradigmas não invalidam um ao outro, mas se complementam. Algo que na metateoria kuhniana soa estranho. Dois paradigmas não coexistem. De modo automático (ou em tempo breve) é necessário abdicar de um em prol do outro. Para o geógrafo, essa coexistência é real, natural e funciona. O modelo metateórico que trata sobre isso, defendendo múltiplos paradigmas é o lakatosiano (como já apresentado), que aparenta ser mais propício para as discussões que vimos apresentando. Dito isso, outro trecho que merece ser destacado é quando Ribeiro (2000, p. 50) comenta:

Ainda na tese de doutoramento, Monteiro salienta que a abordagem dinâmica da “análise rítmica” não pretende invalidar ou substituir completamente a abordagem analítica tradicional, de caráter eminentemente estático. As duas técnicas de análise, apesar de assumirem atitudes diferentes em suas projeções temporais e espaciais, se complementam.

Monteiro, de acordo com Ribeiro (2000, p. 51), então, compara as duas ideias e conclui que:

1. “O tratamento estático utiliza-se de longos períodos de observação e mensuração dos fenômenos meteorológicos, enquanto o dinâmico deve preferir a amostragem de individualidades do tempo cronológico, mas que sejam expressões reais”;
2. “Ambas as alternativas estão apoiadas na consideração conjunta do tempo e espaço, premissa básica para a compreensão dos fenômenos naturais numa perspectiva geográfica”;
3. “O tratamento estático propõe explicitar as variações espaciais e está projetado para generalizações. O segundo apresenta natureza dinâmica, visando compreender as variações no tempo através da ênfase nas particularidades genéticas dos fenômenos”;

4. “Enquanto a abordagem tradicional possui grande preocupação com os valores quantitativos e com a exigência de uma base espacial mais ampla, a abordagem dinâmica pode se desenvolver ao longo de eixos capazes de refletir os mecanismos da circulação atmosférica regional, apresentando preocupações com as afinidades conferidas pelo ritmo, que são qualitativas”.

A integração potencial das perspectivas constitui-se em um empecilho metodológico no desenvolvimento da ciência climatológica? A utilização de ambas, em conjunto, parece trazer um caráter complementar que melhora a análise climatológica local. Ribeiro (2000, p. 51) acredita que “o termo ‘tradicional’, ao ser utilizado para identificar a abordagem analítica, confunde-se com antigo e atrasado, gerando inclusive, uma conotação pejorativa para com aqueles que aplicam aquela opção metodológica”.

Assim, entendemos que dentro da comunidade científica (pelo menos a climatológica brasileira), as pesquisas podem seguir rumos paralelos sem que comprometam umas às outras.

O paradigma^[14] da análise rítmica pode ser considerado como uma das poucas contribuições da geografia brasileira no sentido da inovação quanto à forma de entender e fazer a climatologia geográfica. Conforme já mencionado, a inspiração inicial de Monteiro para o seu desenvolvimento apoia-se nos princípios e no conceito de clima enunciados por Sorre e nos pressupostos da climatologia dinâmica, propostos por Pédelaborde. (Ribeiro, 2000, p. 52).

Em sua obra, Pédelaborde interpreta o estado atmosférico sorreano como tipo de tempo, remetendo ao conceito de Albert Baldit, autor que havia apresentado o tempo (meteorológico) como conjunto de valores em dado momento e local, formando o estado atmosférico (Ribeiro, 2000).

Para Ribeiro (2000, p. 54),

Pédelaborde busca a definição do clima de um lugar ou região através da catalogação dos tipos de tempo, procurando abarcar a totalidade dos mesmos, suas frequências durante um longo período e suas gêneses, considerando os sistemas atmosféricos atuantes na área estudada.

¹⁴ O uso do termo “paradigma” aqui por Antonio Giacomini Ribeiro não apresentou indícios de uma influência Kuhniana. A escolha da palavra mais parece ter a ver com o caráter relevante que o termo passara a ter dentro do âmbito científico no geral.

Monteiro entende que é através da sucessão que as combinações de elementos climáticos são vistas juntamente com sua relação com os aspectos geográficos. A sequência está associada ao ritmo e esse é o núcleo da análise rítmica.

A preocupação com o impacto climático na organização espacial, expressa na tese de Monteiro a respeito da Frente Polar Atlântica e as chuvas no Brasil de Sudeste, é o que diferencia a abordagem da análise rítmica do tratamento dinâmico adotado por Pédelaborde. Esta amarração entre o comportamento do clima e as demais esferas geográficas torna-se possível através da análise do tempo em sequência contínua, isto é, através do encadeamento dos estados atmosféricos, definidor do ritmo e não como faz o geógrafo francês, apenas catalogando os tipos de tempo. (Ribeiro, 2000, p. 54).

A influência de Monteiro na produção científica brasileira e no avanço da Climatologia é inegável. José R. Tarifa em *Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista*, de 1973, é mais um autor que compõe a vasta lista de influenciados. Muitos pesquisadores que vieram depois de Monteiro confirmam, na prática, a influência rítmica em seus trabalhos, ou, pelo menos, abordam teoricamente o conceito. De qualquer forma, Monteiro está lá. Sobre Tarifa, ele acredita que Monteiro almejava o sequenciamento de diferentes situações atmosféricas em diferentes tipos de tempo e seu reflexo no ambiente geográfico, e não apenas uma catalogação habitual.

Nesta Dissertação ambicionamos estimular o caro leitor a compreender o aspecto epistemológico como um conteúdo metateórico que agrega valor às pesquisas sobre clima e atmosfera. Mas tal intenção vem juntamente com o receio de que venha à mente uma divisão muito cartesiana, por assim dizer, entre pesquisas empíricas e pesquisas teóricas na produção científica, sendo estas últimas possivelmente entendidas (erroneamente) como sendo metateóricas. Na verdade, uma pesquisa quantitativa, um estudo de caso, podem estar preenchidos de teoria, pois isso não é algo excludente. E tal teoria diz respeito apenas aos conceitos e passos metodológicos incorporados na pesquisa, embora a evolução dos estudos, como um todo, possa ser utilizada para a interpretação de uma ciência. Quando falamos de metateoria, o olhar é unicamente epistemológico e não pode ser confundido com a teoria científica praticada nas discussões de pesquisa normal. Feito esse breve esclarecimento, a pesquisa executada por Monteiro e cujos resultados vieram a público em 1971 sob o título de *Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho*, constituiu um importante episódio na construção da produção científica nesse campo. Era “só” um estudo de caso na região paulista, mas também marcava um avanço no desenvolvimento paradigmático. Na discussão, Monteiro traz toda uma parte conceitual e metodológica. Como comenta Ribeiro (2000, p. 55),

Na oportunidade, o autor introduziu o tema da análise rítmica a partir da constatação das consequências, no espaço geográfico, das irregularidades do ritmo climático, notadamente aquelas associadas à distribuição das chuvas no território paulista, que ocasionam problemas urbanos relacionados às secas – abastecimento de água e racionamento de energia elétrica – ao lado de problemas derivados de intensos períodos chuvosos, provocadores de inundações e calamitosos deslizamentos na Serra do Mar.

É através do estudo no estado de São Paulo que Monteiro compreende a irregularidade do ritmo climático e que ela deveria ser considerada dentro de todo o aspecto complexo da geografia brasileira. O personagem percebera que a explicação para tais irregularidades só poderia se dar entendendo a sucessão dos tipos de tempo (Ribeiro, 2000).

Para Monteiro (1971, p. 9 *apud* Ribeiro, 2000, p. 55),

Apenas a partir da escala diária é possível associar à variação dos elementos do clima os tipos de tempo que se sucedem segundo os mecanismos da circulação regional. Associando-se, nesta escala, a variação de todos os elementos, concomitantemente, a interpretação é sobretudo enriquecida pelo dinamismo que se reveste.

Assim, Monteiro (1971, p. 9 *apud* Ribeiro, 2000, p. 55) conclui que:

O ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo.

Com todo esse aspecto, Monteiro traz para a Climatologia o fator qualitativo no lugar do quantitativo, e essa nova interpretação gera uma melhor correlação com os elementos geográficos. A análise rítmica sendo feita pelo fator tempo, mas apresentando a gênese dos fenômenos climáticos somada à interação regional, oferece a possibilidade de identificação dos mais variados problemas geográficos.

Para uma melhor compreensão do clima, a escala deve ser regional, Monteiro (1971, p. 12 *apud* Ribeiro, 2000, p. 56) aponta então que:

Os mecanismos da circulação atmosférica, partindo de centros de ação ou unidades celulares, individualizam-se em “sistemas” que se definem sob a influência de fatores geográficos continentais e se expressam regionalmente através do ritmo de sucessão dos tipos de tempo. A individualidade regional é assegurada pela maneira na qual os estados do tempo se sucedem ou encadeiam, portanto, uma visão qualitativa. As variações locais dentro de quadro regional são respostas de vários fatores, altitude, relevo, expressos numa individualização ecológica, que se revela por variações quantitativas.

E sobre o conjunto integrado dos elementos,

Na análise rítmica as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente ligadas à gênese ou qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em conta a posição do espaço geográfico em que se define. Com isso queremos advertir que, a possível aplicação destas análises deve ser integrada no espaço regional e que os parâmetros admitidos como válidos para uma região, não poderão ser aceitos, a priori, para uma região diferente (Monteiro, 1971, p. 13 *apud* Ribeiro, 2000, p. 56).

As bases metodológicas, destaca Ribeiro (2000), são importantes na identificação dos tipos de tempo. Estações, cartas sinóticas, imagens de satélite, nos mais variados dias e horas, contribuem para uma melhor análise.

O que está em jogo [...] são os dois elementos fundamentais para a energização dos sistemas atmosféricos geradores dos tipos de tempo: a radiação solar e a circulação secundária. Embora sejam elementos que possuem um grau de interação extremamente complexo, pode-se dizer, teoricamente, que a radiação solar é responsável pelo fluxo vertical de energia, enquanto a circulação secundária contribui para acelerar as trocas de energia por advecção, realizando as trocas laterais nos sistemas considerados. (Ribeiro, 2000, p. 56).

Compondo esse campo rítmico, Ribeiro (2000) ainda destaca as pesquisas de Leandro Ratisbonna e Adalberto Serra¹⁵, e como esse paradigma gerou diversas outras publicações, com destaque para o Laboratório de Climatologia do Instituto de Geografia da USP. Ademais, João Afonso Zavattini é mencionado como um notável comentador da evolução que foi ocorrendo na comunidade brasileira.

Uma análise do desenvolvimento, progresso e perspectiva da climatologia geográfica brasileira sob o enfoque dinâmico, associado ao paradigma da análise rítmica, foi realizado por ZAVATINI (1992 e 1996), quando reconhece a importância teórica e metodológica deste paradigma, mas lamenta a carência de estudos consequentes gerados pela climatologia geográfica nacional no intento da solução de problemas relativos à organização do espaço nacional, na trilha da análise rítmica. (Ribeiro, 2000, p. 58).

Sobre o desenvolvimento paradigmático e os impasses que o pensamento rítmico possui, Ribeiro (2000) comenta que Monteiro reconhece a problemática metodológica existente. Há

[...] dificuldades na utilização do paradigma [...] para a elaboração cartográfica de classificações climáticas [...] [Monteiro] após exaustivo processo manual de tabulação, ordenação e análise de dados sinóticos e de superfície, terminou por propor uma espacialização do clima através de índices de participação dos sistemas atmosféricos. Na oportunidade, os limites entre os principais tipos apresentaram lacunas e faixas transicionais que podem comprometer a aplicabilidade do sistema taxonômico considerado. (Ribeiro, 2000, p. 58).

¹⁵ Ambos meteorologistas, tiveram contribuições consideráveis na prática meteorológica brasileira. Seus trabalhos encontram-se no Serviço de Meteorologia, na Revista Brasileira de Geografia e no Boletim Geográfico – em textos dos anos 1940 e 1950 (Sant’Anna Neto, 2004).

Mas Sant'Anna Neto

[...] propõe a construção de um painel têmporo-espacial que permite a visualização simultânea da distribuição do fenômeno climático no espaço geográfico e sua variação temporal. Embora este seja um caminho promissor, a representação espacial dos elementos da análise rítmica continua apresentando dificuldades que poderão ser equacionadas através de pesquisas que visem novas soluções para o paradigma da análise rítmica. (Ribeiro, 2000, p. 58).

Assim, “considerando-se o ritmo de Sorre e as sínteses dos tipos de tempo de Pédelaborde, Monteiro (1971), concretizou a proposta de análise rítmica para o estudo do clima” (Amorim, 2019, p. 257).

Em termos simplificados, teríamos o seguinte esquema de correspondência:

Meteorologia Tradicional ↔ *Climatologia Separativa* (Hann)

Meteorologia Dinâmica ↔ *Climatologia Sintética* (Sorre)

Em *Teoria e método em climatologia*, de 2012, o autor Jônathas S. Ferreira faz uma discussão acerca da área dos estudos atmosféricos, além da Climatologia Geográfica. A propósito do desenvolvimento paradigmático, o autor comenta que:

A atual abordagem da climatologia está relacionada à Meteorologia Dinâmica e a proposta climática de Max Sorre como pode ser notada no método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo de Pédelaborde [...] e nos estudos desenvolvidos por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro. A grande diferença entre concepções de Pedelaborde e Monteiro refere-se ao paradigma da totalidade expresso em Pedelaborde e o ritmo expresso por Monteiro. (Ferreira, 2012, p. 766).

O paradigma rítmico resultou nas bases metodológicas de climatologia geográfica no Brasil através do método dinâmico. A análise rítmica é a mais adequada para características climáticas tropicais e subtropicais, sendo a chuva o elemento climático mais eficaz para traduzir variações rítmicas em um ano ou de um ano para o outro. A Climatologia Geográfica é dinâmica, mas seu paradigma (o ritmo) não exclui a presença da Climatologia Tradicional.

Aqui, Ferreira (2012) traça um episódio paradigmático importante, ao dizer que as contribuições sorreanas foram fundamentais por introduzirem a noção de “ritmo” e “sucessão” em clima, trazendo o paradigma do ritmo climático. Há ainda as “contribuições de Pedelaborde (1959), de Strahler (1951) e, no meio científico brasileiro, as de Serra (1948), ligadas à Meteorologia, e as do geógrafo Monteiro (1962)” (Ferreira, 2012, p. 769). Dentre as contribuições de Monteiro, está “a sua proposição a respeito da análise rítmica dos tipos de

tempo e sua crítica ao tratamento estatístico convencionalmente dado aos parâmetros climáticos extremos” (Ferreira, 2012, p. 769).

O paradigma da análise rítmica dos tipos de tempo traz consigo um estudo no qual os elementos estão totalmente interligados, reforçando a variabilidade climática. Ferreira (2012) tem uma clara percepção de que um estudo dinâmico como esse precisa de uma atribuição geográfica devido ao seu dinamismo:

A análise do ritmo de sucessão das massas de ar e dos tipos de tempo, portanto, a própria dinâmica atmosférica, possui um caráter eminentemente geográfico, deste modo o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo Monteiro (1971). (Ferreira, 2012, p. 770).

O aspecto dinâmico foi gradualmente permeando os métodos estatísticos, o que gerou uma reformulação daquilo que era tido como um foco analítico tradicional. Esse paradigma não foi totalmente refutado a ponto de entrar no ostracismo (Ely, 2006).

Admitindo-se a dinâmica climática, procura-se desvendar o seu ritmo, sugerindo a recorrência de determinadas situações ou de períodos extremos, os quais afetam diretamente a sociedade. O clima passa a ser compreendido em seu caráter variável e dinâmico, sugerindo a necessidade de análises constantes, já que o mesmo foge de um padrão determinado e interage na implementação das mais variadas atividades da sociedade. Curry (1952) já vinha chamando a atenção para a elaboração de estudos que considerassem o clima como um recurso natural regulador da produção agrícola, privilegiando os processos de interação no nível de interface atmosfera/superfície terrestre e atividades econômicas. (Ely, 2006, p. 62).

3.4 A síntese da Climatologia Geográfica (brasileira)

A Climatologia surge (segundo uma interpretação kuhniana) através de uma ramificação paradigmática e do estabelecimento de uma revolução científica na Meteorologia, objetivando agregar os conhecimentos atmosféricos a um novo olhar diante dos efeitos na superfície terrestre – a pré-ciência climatológica é, contextualmente, meteorológica. Entretanto, no cenário brasileiro, isso acontece de forma inversa, devido aos fatores externos da época e de como a pesquisa atmosférica fora guiada e influenciada pelo que já havia de conhecimento científico consolidado no exterior. De acordo com Sant’Anna Neto (2004, p. 1), no começo do século XIX, “a maioria dos estudos climatológicos versava sobre o papel do clima na saúde e no bem-estar e foram realizados, principalmente, por médicos e sanitaristas”. Isso porque na

época, havia uma preocupação muito grande em relação à higiene, salubridade e qualidade de vida, visto que a família real portuguesa chegava.

Ainda sobre o contexto da época:

A climatologia é anterior à meteorologia [dentro do cenário nacional]. Mesmo considerando que o Observatório do Rio de Janeiro tenha iniciado sua seção de meteorologia, assim como a Marinha através de sua Repartição Central de Meteorologia, na segunda metade do século XIX, praticamente todos os estudos realizados versavam sobre tópicos e análises eminentemente climatológicas. (Sant'Anna Neto, 2004, p. 56).

O autor, construindo um amplo panorama historiográfico da pesquisa atmosférica brasileira, identifica o período entre 1827 e 1889 como o início tanto da climatologia quanto da meteorologia brasileira, e o período de 1889 até 1934¹⁶ como o segundo marco no cenário nacional. Sintoniza-se com a abordagem de Ribeiro (2000), ao fazer referência aos estudos pioneiros que apresentaram dados sobre a circulação atmosférica na América do Sul – um feito importante para o desenvolvimento da meteorologia sinótica vinda das escolas de Bergen e Chicago (Sant'Anna Neto, 2004). Destaca ainda nomes como os de Sampaio Ferraz¹⁷, Belfort de Mattos, Margarinos Torres, Américo e mais alguns pesquisadores que tiveram relevância na produção nacional, principalmente os dois últimos, que também trabalharam com dados da circulação atmosférica sul-americana. Ao longo do texto, são mencionados lugares, órgãos e episódios que Sant'Anna Neto (2004) considerou marcantes para o entendimento da pesquisa nacional.

Numa época em que a Climatologia e a Meteorologia ainda se desenvolviam de forma paralela e, meteorologistas e geógrafos trabalhavam em cooperação, o período de 1920 a 1960 foi dos mais profícuos para as ciências atmosféricas no Brasil. De tal modo, que ao mesmo tempo em que a Geografia fornecia valiosas contribuições em termos da fisiologia das paisagens, de caráter mais regional, os meteorologistas se empenhavam na compreensão dos mecanismos da circulação atmosférica – superior e secundária, possibilitando uma análise de interfície entre os fenômenos atmosféricos e suas relações com a superfície terrestre, em termos de organização do espaço. (Sant'Anna Neto, 2004, p. 85).

Além disso, o Brasil se viu diante de uma produção científica muito influenciada pela prática internacional.

¹⁶ Nessa época, temos o surgimento da Diretoria de Meteorologia da Marinha, das Comissões Geográficas e Geológicas do RJ, SP e MG (que estabeleceram serviços meteorológicos), além de outros órgãos. Em algumas universidades públicas, ainda hoje temos a Geografia vinculada a Institutos de Geociências.

¹⁷ Climatólogo e meteorologista, possuiu um grande papel na construção da Meteorologia no Brasil (tanto sinótica, quanto dinâmica), não só no âmbito acadêmico, como também na composição da Diretoria de Meteorologia, podendo ser considerado como o precursor de tal campo científico aqui (Sant'Anna Neto, 2004).

O desenvolvimento da Meteorologia sinótica e dinâmica no Brasil, configurada basicamente a partir das contribuições de Sampaio Ferraz, Adalberto Serra e Leandro Ratisbonna, pode ser considerado como o marco histórico do próprio desenvolvimento da Climatologia Dinâmica, que acrescida das concepções de clima de Max Sorre, nas décadas de 1940 e 1950, permitiram o surgimento de uma Climatologia eminentemente comprometida com os propósitos da Geografia. (Sant'Anna Neto, 2004, p. 85-86).

Com isso, nossa história é marcada pela ordem inversa dos estudos climatológicos e meteorológicos, como apontado, mas também por uma sequência de influências paradigmáticas que foram acontecendo. Nos anos 1940 e 1950, nomes relevantes como Soares Guimarães, Gilberto Osório de Andrade e Salomão Serebrenick marcam o desenvolvimento da climatologia no Brasil ao mesmo tempo em que o Conselho Nacional de Geografia (IBGE) é criado. Posteriormente, Sant'Anna Neto (2004, p. 8-9) diz que:

A partir dos anos 60, a climatologia brasileira atinge sua maioridade. A necessidade de aprofundamento do estudo de seus elementos constituintes e a diversidade temática exigida pelo grau de desenvolvimento científico e tecnológico acarreta um desdobramento de seu conhecimento em três grandes setores da ciência: Geografia, ciências agrônômicas e Meteorologia.

No artigo já referido antes, Ferreira (2012) objetiva apresentar os pensamentos que influenciaram o campo da climatologia geográfica aqui no Brasil, bem como ilustrar os métodos de pesquisa, mediante uma revisão bibliográfica. “Os estudos em climatologia no Brasil vêm utilizando a análise rítmica como metodologia de pesquisa, porém vem-se utilizando a teoria geossistêmica em pesquisas integradas com outras áreas do conhecimento, dentro da Geografia física” (Ferreira, 2012, p. 766). Trata-se, mais uma vez, da influência das ideias de Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, as quais já haviam sido afetadas pela climatologia dinâmica de Sorre.

Fato confirmado por Zavattini (2000), que buscou trazer em *O paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira* os efeitos da influência de Sorre e de Pédèlaborde dentro dos estudos geográficos brasileiro, principalmente nas pesquisas de Monteiro.

Indubitavelmente, a climatologia constitui a parte da pesquisa geográfica cujos limites permanecem menos seguramente configurados. Para definir a climatologia, parece-nos aconselhável partir da noção e da escala do clima. Para muitos, entretanto, ela não passa de uma meteorologia projetada a médio e a longo prazo em escala zonal ou muito amplamente regional. (GEORGE, 1978, p. 66 *apud* Zavattini, 2000, p. 27).

O autor entende a obra *Introduction à l'étude scientifique du climat* (1970), escrita por Pédèlaborde, como uma grande referência para entender os limites entre as ciências

climatológica e meteorológica, além de também mencionar aquela definição de meteorologia proposta Blair e Fite (1964), e que apresentamos páginas atrás. De acordo com ele, a Climatologia está inserida dentro do polo dicotômico da GF, sendo o estudo das características atmosféricas e sua interação com a superfície terrestre (Zavattini, 2000). Com isso, por mais que sua essência parta da Meteorologia – visto que o ponto em comum é a atmosfera – a ciência do clima fundamenta-se também em outros campos tais quais a geomorfologia, hidrografia e até a geografia humana; isso porque não só os fenômenos naturais como também a urbanização, exercem uma influência no clima, algo que a Geografia não pode desconsiderar.

É conveniente reforçar que o meteorologista, ao estudar os meteoros (condensação do vapor d'água, chuva, geada, neve, granizo, temporais, ciclones, relâmpagos, etc.) está preocupado com o registro e a medição destes fenômenos atmosféricos pois, assim procedendo, poderá determinar as condições físicas sob as quais foram produzidos e, também, as relações que se estabeleceram entre eles e os fatores condicionantes. Além disso, é sempre bom esclarecer que, como os registros e as medições favorecem a definição quantitativa dos meteoros, torna-se grande a sua aplicabilidade na previsão da repetição dos mesmos, tarefa exclusiva do meteorologista e, jamais, do geógrafo. (Zavattini, 2000, p. 27-28).

Quando se trata do papel dos geógrafos, entendendo que há um grande sistema formado por interações e conjuntos de meteoros, está direcionado a ele compreender os diferentes tipos de tempo, as variações temporais e espaciais dos fenômenos (Zavattini, 2000). E isso é o que os difere dos meteorologistas. Enquanto os primeiros buscam compreender a relação dos elementos do clima com o meio (seja natural, urbanizado, nas escalas continental ou regional), os segundos limitam-se à previsão, direcionando seus esforços para aparelhos, análise de séries temporais de dados e variações atmosféricas – os dois grupos “possuem interesses diversos, embora usem dados colhidos em instrumentos idênticos [...] e observem os mesmos fenômenos atmosféricos” (Zavattini, 2000, p. 28).

A Tese *Pensando a climatologia geográfica por meio da filosofia da ciência – clima, complexidade e ciência pós-normal na construção de uma consciência do clima*, de João P. M. Barbosa (2022), faz uma discussão assemelhada à perspectiva que vimos trabalhando aqui. O curioso é que as (poucas) publicações voltadas explicitamente à FC que compõem o cenário bibliográfico desta Dissertação, almejando uma análise epistemológica, possuem pouquíssimo em comum; cada uma traz propostas diferentes, embora todas centradas nesse campo de discussão – e isso, de fato, ressalta o valor epistemológico que os cientistas têm deixado de lado. Bem, um dos objetivos do autor é explorar, com um olhar filosófico, o conhecimento no campo climático, desde sua prática esparsa até estabelecer-se como prática científica (Barbosa, 2022). Com essa discussão, a proposta principal do autor nasce: uma Climatologia Geográfica

Cidadã. Barbosa (2022) busca uma compreensão um pouco diferente da Climatologia Geográfica conhecida, sugerindo uma abordagem nova que vise à conscientização do clima.

A Climatologia Geográfica trataria, de acordo com Barbosa (2022, p. 26), do

[...] registro de dados que giram em torno de elementos do clima. Além dos problemas relacionados às variações das médias climatológicas de temperatura, um outro elemento climático fator de desencadeamento de reverses catastróficos são as precipitações, que, quando concentradas em um curto espaço de tempo e segundo configurações do recorte espacial analisado, causam transtornos imensuráveis a população estabelecida.

3.5 O uso de modelos na ciência do clima: evolução e limites

Explorando sob outra perspectiva a esfera epistemológica, é preciso abrir um pequeno espaço para aquela que é uma peça-chave fundamental quando falamos do desenvolvimento dos estudos sobre o clima: a modelagem computacional.

Os modelos climáticos são ferramentas responsáveis por representar o clima da Terra. Precisa-se compreendê-los dentro de seus limites, visto que nenhuma de suas representações são perfeitas, e essa limitação diz respeito à capacidade analítica e representativa dos climas “matematizados”. Modelos, em geral, podem ser compreendidos em várias escalas (da molecular à planetária). A primeira está relacionada à física quântica e aos fenômenos, por exemplo, do vapor d’água e dióxido de carbono; enquanto a segunda, com a organização de sistemas de tempo, fenômenos tais como ciclones extratropicais, frente frias etc. Há ainda uma terceira escala (entre as duas citadas) que é a intermediária, e pode se relacionar à compreensão de fenômenos como formação de nuvens e alto índice pluviométrico¹⁸.

Os modelos computacionais tiveram um aprimoramento com o tempo. Os primeiros que trataram de representação climática eram conhecidos como Modelos Unidimensionais, Modelos Radiativo-Convectivos ou o já citado RCM. Eles analisavam unidimensionalmente uma porção da superfície terrestre, mas dariam importante fundamento à pesquisa do modelo do meteorologista e climatologista japonês Sykuro Manabe. Em seu artigo (em parceria com Richard Wetherald), intitulado *Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution*

¹⁸ Informações disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=6twW6HVzVrk>. (“O Que Você Faria se Soubesse o Que Eu Sei?” é um canal do YouTube criado pelo físico Alexandre Araújo Costa, atuante na área de ciências atmosféricas, na qual fez seu Doutorado. Costa é Professor Titular da Universidade Estadual do Ceará. O seu projeto científico resultou em um *blog* e página nas redes sociais, e no site em questão o professor reúne diversas *lives* e aulas sobre questões climáticas, aquecimento global, clima etc.).

of relative humidity, de 1967, apresenta três situações paramétricas: constante solar, umidade relativa e concentração de CO₂ – em cenários tanto de resfriamento quanto de aquecimento (Manabe; Wetherald, 1967).

Outro modelo relevante para o período de desenvolvimentos seminais tem a ver com as pesquisas do físico americano James Hansen, pioneiro nas metodologias que seriam adotadas pelo IPCC, o *International Panel on Climate Change*. Elas incluíam a observação dos fenômenos, considerando agora a atuação do oceano. No artigo que publicou com colegas na prestigiosa revista *Science* (*Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide*, em 1981), o autor tratou de discutir um modelo oceânico mais complexo, mostrando as alterações que aconteciam não só à superfície, mas também abaixo dela. No fim, o modelo parecia se ajustar melhor às mudanças de temperatura observadas (Hansen *et al.*, 1981).

Naturalmente, com o tempo os modelos foram sendo sofisticados com a incorporação de mais variáveis ou parâmetros fenomênicos – oceanos, vulcões, ciclos solares. Mas nos anos 1980 já se tinha uma relativa aproximação com os resultados sugeridos por modelos mais atuais. De fato, na década de oitenta, os modelos climáticos começaram a considerar o sistema oceano-atmosfera, trazendo mais detalhamento para as previsões, visto a influência que os mares exercem na superfície (Marengo, 2007). Contudo, era preciso considerar que, atravessando provavelmente cada modelo desenhado e testado, havia um fator humano tão presente quanto difícil de mensurar.

A Figura 3 ilustra uma leitura sobre a evolução de modelos climáticos, segundo a incorporação de mais componentes.

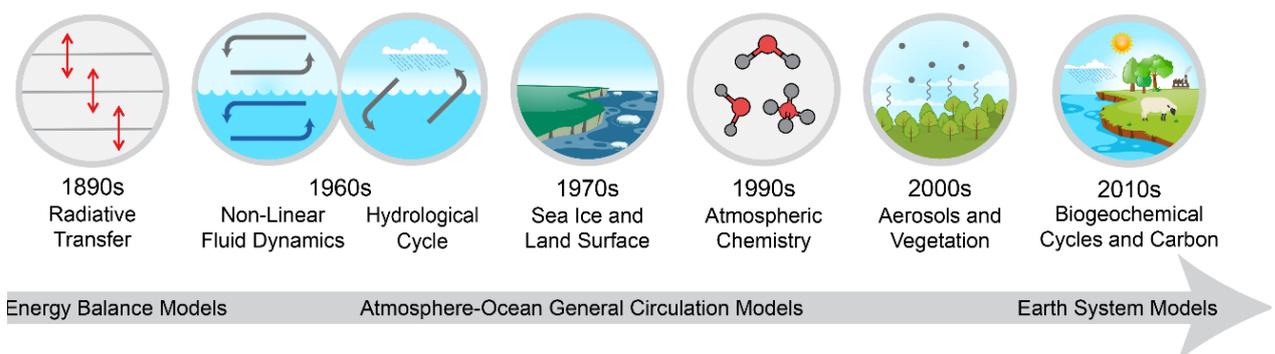


Figura 3 – *Timeline* da modelagem climática
[fonte: <https://science2017.globalchange.gov/chapter/4/>]

Manabe e Wetherald (1967), por exemplo, não chegaram a dar ênfase no papel do CO₂, apesar de este ter sido um fator saliente no século XX – especialmente por seu aumento na

atmosfera. Com a atenção desperta ao fator, algumas especulações preditivas passaram a conjecturar cenários (de pessimistas a otimistas): a continuidade do uso acelerado de combustíveis fósseis; um crescimento mais lento desse uso, com o abandono gradativo até os anos 2000; a total eliminação até 2020; e o uso de combustíveis fósseis mantido constante, isto é, sem aumento comprometedor, desde os anos 1980.

As variações de temperatura projetadas (tendo os anos 1950 como referência) nos cenários mais otimistas eram na casa de 1 e 1,5°C – não muito distante do que aconteceu de fato, e possivelmente devido ao CO₂. Hansen, por exemplo, alertou para a magnitude (acima da variabilidade natural) dos fenômenos El Niño e La Niña a partir do século XXI – no que, aparentemente, o pesquisador provou estar certo. Por outro lado, seu modelo, que esperava que o clima permanecesse dentro de uma faixa de temperatura, não se confirmou – mas provavelmente devido ao aumento da concentração de CO₂ fora do esperado. Na verdade, por mais que fossem simples, os modelos tanto de Manabe quanto de Hansen estavam suficientemente corretos no que diz respeito às mudanças de temperatura ocorridas – o primeiro prevendo aquecimento de 0,5°C e 0,8°C (tendo sido observados 0,54°C e 0,72°C); enquanto o segundo, um aquecimento de 0,13°C a 0,17°C por década (tendo ocorrido 0,17°C)¹⁹.

Depois surgem os Modelos de Circulação Global (MCG), que já são tridimensionais e caracterizados por aspectos dinâmicos e físicos mais complexos. A dinâmica é o transporte de matéria e energia entre as colunas verticais da representação. A física é o processo que ocorre dentro de cada uma dessas colunas (formação de nuvens, trocas de energia). O modelo unidimensional fazia uso de colunas verticais para entender o clima isolado, analisando os fenômenos apenas verticalmente; o tridimensional passa a compreender uma grade composta por várias colunas e como elas se relacionam. Os modelos tridimensionais permitem, então, mais variações; não mais um comportamento contínuo. As flutuações são mais parecidas com a realidade, e sua resolução veio sendo aprimorada a cada novo relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Dos anos 1960 até a década de 2010, a evolução dos modelos testemunha a consideração da interatividade atmosfera-superfície e a incorporação de outros elementos – como os oceanos, o gelo marinho, aerossóis, vegetação e ciclo de carbono. A complexidade do estudo do clima faz com que esses modelos precisem ser acoplados, ou seja, diversos modelos computacionais e suas simulações específicas precisam interagir: modelos que trabalham com a circulação geral da atmosfera, modelos que trabalham

¹⁹ Informações disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=6twW6HVzVrk>.

com a circulação geral do oceano, aqueles que focalizam especificamente as capas de gelo, entre outros casos. Essa interação, teoricamente, torna a compreensão de cada fenômeno e evento climático futuro mais precisa – no final, um conjunto de simulações (*ensembles*) que possuem a capacidade de fornecer uma maior previsibilidade climática²⁰.

A Figura 4 é uma iconografia simplificada dos MCGs.

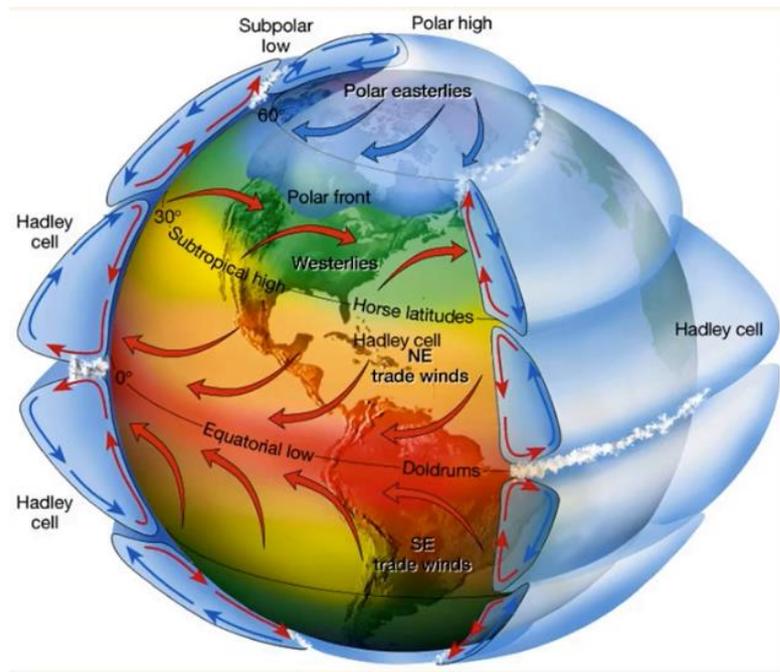


Figura 4 – Um modelo de circulação global
[fonte: <https://www.metlink.org/resource/global-atmospheric-circulation/>]

Os modelos globais não necessitam de modelos regionais (isto é, indo da micro à macroescala), mas os modelos regionais devem estar integrados nos modelos globais, visto que qualquer fenômeno natural que entre na coluna regional analisada precisa vir “de fora” dela – portanto, em algum momento, inserida dentro de um modelo global (justificando-se a técnica *top-down*). Por outro lado, a modelagem regional, por tratar apenas de uma parcela da superfície, diferentemente da global, possui uma resolução melhor, cumprindo assim as expectativas de exatidão. Mas e se a prática da modelagem climática crescesse tanto a ponto de, no final, cada comunidade científica simulasse um (“seu”) cenário? Como as informações desses resultados seriam absorvidas? Bem, é assim que adveio uma nova etapa nas modelagens: a heterogeneidade do processo cede espaço à homogeneidade com os cientistas passando a trabalhar em conjunto, o que pareceu conferir mais relevância para as pesquisas. Luiz C. Molion

²⁰ Informações disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=6twW6HVzVrk>.

(1991) argumenta que os modelos são falhos, pois haveria a documentação de casos em que, tendo sido projetado um aumento de temperatura, acabou acontecendo o contrário.

Um estudo de Stanley Grotch (1989) comparou quatro modelos matemáticos, segundo os quais haveria um aumento de temperatura latitudinal no inverno do hemisfério norte, devido à duplicação de CO₂. O resultado das simulações indicou que esse aumento seria maior em regiões polares e menor nas regiões equatoriais. No Ártico, por exemplo, a estimativa foi de um aumento de entre 8° e 15°C no inverno, porém, revelou-se que a temperatura caiu em vez de subir. Talvez dentro de uma análise microespacial, as variações de temperatura possam ser mais divergentes, fazendo com que a percepção do fenômeno acabe parecendo conflitar com o projetado. Porém, é preciso entender que alguns estudos climatológicos ressaltam a importância de considerar a “constância”, pois dentro de um determinado período (geralmente um ano), a temperatura local oscila muito e pode realmente indicar, inclusive, tendência à diminuição. Daí o risco de engano sempre presente. No contexto geral do clima e da normal climatológica da região, ao analisar a média de temperatura, pode-se chegar à “conclusão” de que dentro das várias observações (para mais ou para menos) a temperatura média alterou-se.

Molion (1991) aponta algumas imprecisões dentro da modelagem da época (final do século XX). Por exemplo, a incapacidade de simular características fortes do clima, como a temperatura média global e a diferença de temperatura entre os polos e o equador – além de forçar/ajustar alguns processos físicos não adequadamente, o que tenderia a reproduzir dados. Bastante categórico, o autor argumenta contra a execução dos modelos, dizendo que os estudos pretendendo cobrir um período de 100 anos, apresentam dados errôneos sobre temperatura; dados não condizentes com o efeito estufa.

Outra problemática nas simulações seria a representação de nuvens. Como Molion (1991, p. 157-158) pontua:

Nuvens, seus tipos, formas, constituição e distribuição, tanto em altura como no plano horizontal significam outro processo físico mal simulado nos modelos. Nos modelos, o aquecimento global tende a aumentar principalmente as nuvens estratiformes na alta troposfera. Ora, nuvens altas, mais tênues e constituídas em parte por cristais de gelo, tendem a aquecer o Planeta, pois permitem a passagem de radiação solar mas absorvem a radiação infravermelha térmica que escaparia para o espaço exterior, ou seja, intensificam o efeito estufa, enquanto nuvens baixas, mais espessas, tendem a esfriá-lo, pois refletem mais radiação solar de volta ao espaço exterior (aumentam o albedo planetário). Portanto, se os modelos gerarem mais nuvens altas, estas tenderiam a realimentar (feedback) positivamente o sistema, exagerando no aquecimento.

Qualquer alteração no comportamento das nuvens, por mais simples que seja, podem gerar modelos catastróficos. O estudo de Mitchell, Senior e Ingram (1989), por exemplo, logrou refutar a simulação do Serviço Meteorológico Inglês, que havia previsto um aumento de 5°C na temperatura (devido ao presumido dobro de CO₂ na atmosfera), mas fazendo “ajustes” na propriedade ótica das nuvens estratiformes. No final, o aumento foi de 2°C.

Ainda sobre as limitações do processo de modelagem, há obstáculos em relação à representação do ciclo hidrológico, das nuvens e da quantidade de CO₂. Esta última necessita ser transiente, com o aumento do gás sendo simulado de forma gradual, e não duplicado já no começo, como se costuma fazer. Apesar da evolução dos modelos (indo das análises unidimensionais para as tridimensionais com a modelagem global) ter sido positiva – afinal, puderam ser acoplados os dados oceanográficos e sobre erupções vulcânicas –, Molion (1991, p. 161) diz que

Os modelos acoplados de oceano-atmosfera devem urgentemente ser aprimorados para que simulem melhor a dinâmica dos oceanos, o papel dos oceanos no armazenamento de calor e a interação oceano-atmosfera, pois os oceanos constituem 71% da superfície terrestre e são um dos fatores fundamentais no controle do clima.

Citando estudos que dão apoio a sua linha crítica, Molion (1991) diz que ao mesmo tempo em que há argumentos válidos para o aquecimento global, também há para o resfriamento – em que o planeta estaria rumando para uma nova era glacial. Invernos mais rigorosos na América do Norte e fortes geadas nos estados americanos da Carolina do Norte e Carolina do Sul, dentro de um curto espaço de tempo (se comparado aos últimos 50 anos), seriam alguns indícios dessa hipótese.

Gomes (2018) compartilha algumas ideias de Molion (2008a; 2008b; 2008c) e também de Teodoro e Amorim (2008) ao apresentar uma situação passada: a Terra já presenciou períodos mais quentes e onde hoje encontra-se gelo, antes eram terras verdejantes. No período de 800 a 1200 D.C., o povo nórdico chegou às regiões do Canadá e denominou como Groelândia a ilha que hoje conhecemos por seu caráter de gelo; entretanto, na época, não era assim, já que o nome foi dado fazendo alusão ao verde do local. São mais argumentações para incrementar o debate científico e tornar a análise epistemológica (principalmente, lakatosiana) muito mais interessante. Ainda assim, não podemos discordar que as mudanças descritas por Dalmedico (2001) configuraram-se como alterações que compuseram uma revolução científica dentro da própria metodologia meteorológica, acompanhada de fatores externos. Esse episódio foi um passo além para o conhecimento atmosférico.

4. DA APLICABILIDADE METACIENTÍFICA: A ABORDAGEM PRÁTICA EM UM SEGUNDO PLANO

O capítulo em questão propõe uma convergência entre os estudos atmosféricos e de clima com o conhecimento epistemológico. Nos encontraremos no clímax da discussão, quando os dois autores centrais (representando a metateoria) forem um de encontro ao outro, e a história até aqui contada rumará ao seu fim.

A pluralidade de perspectivas que surge pós-positivismo mostra um cenário no qual a Filosofia da Ciência pretendia ampliar seu campo analítico. Como já discutido anteriormente, no capítulo 2, a Filosofia e a Ciência possuem uma relação dialética, em que ambas podem influenciar no comportamento e desenvolvimento uma da outra.

Os modelos metacientíficos estão relacionados com a ideia do que é ciência ou ao menos o que ela deveria ser. A sua aplicabilidade varia de acordo com a ciência estudada, podendo-se citar tanto a transitoriedade no campo da Geografia, quanto no de outras áreas, como Física, Astronomia e Química – uma diversidade, enfim, de resultados em se tratando de ciências naturais e humanas. Embora sejam pensados para discutir o método científico como um todo e a Ciência no geral, não é possível que esses modelos tenham o mesmo nível de verificação em todos os campos científicos que se tenha conhecimento. Porque cada um deles, provavelmente, possuirá algum elemento peculiar ou diferenciado. As próprias publicações originais sobre metateoria já são tendenciosas ao retratarem veementes episódios da Física e Química. A análise metateórica até consegue ser validada com os exemplos escolhidos, entretanto, para uma ciência estranha às leis de Newton, aos episódios quânticos e à mudança paradigmática do pensamento geocêntrico para o heliocêntrico, os resultados se igualariam?

Todas as abordagens desta Dissertação culminam no fator epistemológico. Todavia, a intenção não é menosprezar o processo empírico, mas sim conferir à epistemologia a mesma relevância que possui a produção corrente do conhecimento – deixando, por um breve momento, o empírico em segundo plano. “Trabalhos desta natureza, ou seja, quando a ciência busca analisar o seu próprio movimento a partir de dentro, são fundamentais para desenvolver um processo de ‘compreensão interna’ da ciência sobre seus procedimentos e resultados” (Figueiró, 2011, p. 147).

A ciência analisa o seu próprio movimento – uma compreensão interna. As revoluções paradigmáticas, por exemplo, podem ser vislumbradas diferentemente nos setores internos de um dado campo científico. Elas, por isso, poderão ser “pequenas revoluções” se considerarmos que ocorrem dentro de uma comunidade de pesquisa que segue um ciclo evolutivo mais estável.

Diante dessa ideia de revoluções menores, gostaríamos de discutir brevemente o conceito no que tange às ciências aqui expostas. Como já abordado, a Meteorologia resulta de outras ciências tais como a Física e Matemática (Cunha; Vecchia, 2007; Figueiró, 2011; Chorley; Barry, 2013). A ciência física possui uma longínqua história e um de seus episódios (revolucionários) trouxe uma das principais bases da Meteorologia: os princípios da termodinâmica.

Esses preceitos propiciaram o esclarecimento dos mecanismos internos da atmosfera, aprimorando o entendimento da estrutura dos campos de pressão, dos processos de condensação e, principalmente, sobre a movimentação dos ciclones e anticiclones que permitiram a elaboração das primeiras cartas sinóticas visando a previsão do tempo. Esse arsenal de conhecimento, advindos da Física, promoveu o salto quantitativo que a física da atmosfera ostentava para se especializar e fundamentar a Meteorologia, enquanto que permaneciam, por outro lado, as descrições qualitativas e estatísticas das características meteorológicas e o estabelecimento de correlações com a superfície terrestre como caracterizadoras dos climas dos lugares, voltados para a classificação climática, especialização denominada de Climatologia. (Ely, 2006, p. 51).

Gugé (2018), inclusive, traz uma proposta de Meteorologia como ponte para ensinar termodinâmica no âmbito escolar no Ensino Fundamental. Os conceitos de *temperatura*, *calor* e *pressão* relacionam-se com, por exemplo, brisas marítimas, tornados, massas de ar etc. Assim, um desenvolvimento dentro de uma ciência *A* pode impactar e influenciar diretamente a técnica e os princípios da ciência *B*. Entretanto, sendo *B* a Meteorologia e *A* a Física, esse impacto não é recíproco. Desenvolvimentos na pesquisa meteorológica em relação à coleta de dados, análises, técnicas para inferir condições atmosféricas podem não gerar o mesmo impacto revolucionário na Física, não afetando, realmente, além do seu próprio núcleo de estudo.

Trazendo Gomes (2018) mais uma vez para a discussão, suas ideias articuladas às de Kuhn conferem uma visão epistemológica sobre as ciências abordadas. Que a Meteorologia é compreendida como ciência da atmosfera, e o estudo de seus estados físico, químico e dinâmico interagindo com a superfície, isso nós já sabemos. Que a Climatologia é o estudo da interação dos fenômenos naturais com o meio, e componente importante dentro de estudos geográficos, isso também já sabemos. O importante agora é saber como essas caracterizações ganham sentido epistemologicamente.

4.1 O comportamento do ciclo kuhniano dentro da Climatologia e suas limitações

Um importante estudo sobre o cenário climatológico relacionando-se a uma análise epistemológica foi feito por Figueiró (2011)²¹. O autor procurou discutir as chamadas “comunidades científicas” de Kuhn em torno de paradigmas definidos dentro do recorte temporal de 1939 a 1988, e no cenário de produção climatológica brasileira. Figueiró (2011) concentrou-se em 58 artigos da *Revista Brasileira de Geografia*, visando identificar dentro desse campo aquilo que o Kuhn clássico denomina “comunidades científicas”. E por que a menção a esse trabalho é pertinente? É que a relação de artigos mostrou uma “lenta mudança paradigmática na área da Climatologia Geográfica”, sem propriamente uma identificação revolucionária dentro daquele período (Figueiró, 2011, p. 146). Ademais, o autor queria avaliar a possibilidade de aplicar o modelo kuhniano em setores internos a uma disciplina científica, mostrando se tanto na escala macro, quanto na micro, a leitura epistemológica se manteria válida – ou, ainda, se o modelo poderia ser útil para descrever a relação entre distintas escolas de pensamento.

O modelo lakatosiano não poderia se encaixar de forma coerente apenas em uma perspectiva macro ao analisar o cenário onde há várias teorias menores formando diferentes programas de pesquisa, dando estrutura para o objetivo geral de uma determinada ciência. Trazendo para a interpretação dos estudos do clima, ao falar sobre programas de pesquisa, estaríamos nos referindo aos pensamentos tradicional e dinâmico. Recorrendo à Geografia mais uma vez, o modelo de Kuhn nos permite entender os passos da ciência (isto é, pesquisas normais, crises, revoluções) dentro de uma ótica geral, por exemplo, mas também dentro de uma ótica individual, paradigma por paradigma. Imagine uma situação na qual a prática geográfica é investigada: o geógrafo que se debruçar sobre tal ciência poderá discutir tanto a evolução da Geografia, quanto uma corrente geográfica isolada. Com o paradigma teórico-quantitativo, por exemplo, poderíamos abordar desde o seu surgimento, desvinculando-se do período clássico (período de pré-ciência, antecedendo a fase em que o geógrafo busca novos métodos), até culminar naquele período dos anos 1960 que fora entendido por alguns cientistas da área como a “revolução quantitativa” da Geografia (Johnston, 1986). Ou, ainda, nos aproximando mais dos estudos climáticos, a evolução da modelagem computacional que

²¹ No texto *Discutindo a mudança paradigmática de Thomas Kuhn: uma análise introdutória a partir da produção científica em climatologia geográfica publicada na revista brasileira de Geografia*.

permitiu que projeções cada vez mais sofisticadas fossem feitas visando a representação dos elementos naturais. Afinal, o avanço de modelos regionais para modelos globais permitiu uma variedade considerável de probabilidades, desta vez podendo trabalhar vários elementos ao mesmo tempo dentro de um sistema, o que possibilitava uma discussão mais elaborada no que diz respeito à dinâmica atmosférica. Esses episódios “micro” podem ser interpretados à luz da metateoria kuhniana, mas também podem ser encarados como momentos fundamentais para o “avanço geral” da Geografia e Climatologia, respectivamente (e aí a aplicabilidade da proposta de Kuhn teria outro comportamento).

Dito isso, na perspectiva pluralística de Lakatos, não há como falar de Geografia, Climatologia, no geral, sem falar das especificidades de cada um de seus programas de investigação e, por consequência, sua comparação, vista a pluralidade indicada. Por isso que uma grande ciência, na metodologia lakatosiana, não pode ser interpretada sem aprofundar cada núcleo duro e cinturão protetor de suas teorias ramificadas. A discussão da modelagem na ótica lakatosiana vai ser composta pela apresentação dos dois modelos (regional e global) e como tais propostas defendem suas instrumentalizações e lidam com seus contraexemplos, ao mesmo tempo em que buscam avançar diante de uma prática concorrente.

Retornando ao estudo de Figueiró (2011, p. 148), o autor começa a notar alguns problemas na metateoria: “a matriz teórica esboçada por Kuhn [...] não garante uma explicação completa para o movimento científico no campo da Climatologia Geográfica”. Seria um verdadeiro desafio projetar o modelo kuhniano sobre o caso especial. Tenta-se estabelecer uma relação entre o desenvolvimento de climatologia geográfica brasileira e o modelo – por exemplo: a ideia de um agrupamento de cientistas (com seus trabalhos) em comunidades que partilham do mesmo paradigma. Aqui, um dos conceitos kuhnianos parece evidente.

Lembrando que a intenção do autor era a de identificar conceitos kuhnianos dentro da produção da climatologia geográfica no Brasil (os de comunidade, revolução e anomalias, por exemplo).

As ideias de Gregory [autor de *A natureza da geografia física*] [...] levaram-nos à sistematização de duas grandes “comunidades científicas” para a área de climatologia (posteriormente, se procurará demonstrar que a rigidez das comunidades científicas, fiéis a um paradigma “dominante”, conforme a proposição de Kuhn, não pode ser plenamente visualizada no caso brasileiro). De um lado, aqueles pesquisadores envolvidos com uma climatologia descritiva, em que o clima passa a ser entendido como o conjunto dos elementos que caracterizam o estado médio da atmosfera. Apoiado em fórmulas estatísticas e matemáticas, o paradigma que sustenta esta linha de pesquisa propõe a identificação da distribuição geográfica dos elementos climáticos e sua variação no decorrer do ano [...] De outro lado encontramos aqueles pesquisadores envolvidos com uma climatologia dinâmica. Para esse grupo o

paradigma está assentado em uma “explicação genética” do clima, ou seja, em uma análise dinâmica da circulação geral da atmosfera, a partir da análise da sequência encadeada de tipos de tempo. (Figueiró, 2011, p. 153).

A pretensão de Figueiró (2011), em seu estudo de caso epistemológico centrado na área da Climatologia, era a de verificar a hipótese de comunidades científicas em torno de um paradigma e se seria possível demarcar um episódio exato de revolução científica. Contudo, o autor limitou-se no artigo a delinear apenas a possível existência de um episódio revolucionário na climatologia brasileira, sem “buscar a identificação das ‘anomalias’ das prováveis comunidades, ou o surgimento dos momentos de crise de cada um dos paradigmas” (Figueiró, 2011, p. 155). No fim, a pesquisa na climatologia geográfica brasileira apresentou diversas incompatibilidades com os ideais kuhnianos.

Ao longo dos quarenta e nove anos de publicação analisados (1939 a 1988), foram identificados 58 artigos publicados na sub-área da Climatologia Geográfica. Cada um destes artigos foi classificado dentro do paradigma da climatologia descritiva ou da climatologia dinâmica, segundo a forma de tratamento dos dados (definição de estados médios ou análise de dinâmica atmosférica), a referência explícita ao paradigma com o qual se vincula e/ou os autores com os quais o artigo dialoga (no caso de aparecerem como referência os autores que são reconhecidamente identificados com um ou outro paradigma). (Figueiró, 2011, p. 155).

Sua conclusão foi a de que a revisão dos artigos da revista escolhida não permitiu identificar uma revolução científica entre um paradigma a outro, notando uma coexistência paradigmática dentro de um mesmo período – e, curiosamente, às vezes envolvendo um mesmo autor ou uma mesma pesquisa (Figueiró, 2011). O artigo chega aos seguintes resultados, dentro do recorte temporal de 49 anos: 1) a Climatologia Descritiva foi identificada em 64 trabalhos; 2) a Climatologia Dinâmica foi identificada em 17; e 3) 9 trabalhos não apresentaram uma definição específica – o que é interessante dentro do conceito abordado aqui: como é possível uma publicação científica não apresentar traços identificáveis de um paradigma ou de outro? Estaríamos diante de um limbo paradigmático, sem a definição clara de uma tendência? As publicações, distribuídas ao longo daquelas quase cinco décadas, apontaram haver, em alguns períodos, relativa prevalência de um ou outro paradigma – por isso mesmo, não se apresenta com nitidez a predominância efetiva de algum deles.

Na década de 70, quando a climatologia dinâmica parecia finalmente ter conquistado a hegemonia no meio científico brasileiro, Brandão (1977) publica um artigo utilizando a metodologia de Thornthwaite, a qual havia representado um dos pilares de sustentação da climatologia descritiva na década de 50. Nesta mesma linha também aparece o trabalho de Nimer (1977). (Figueiró, 2011, p. 157).

No mais, Figueiró (Figueiró, 2011, p. 159, g.a.) afirma que:

A teoria sociológica de Kuhn não pode, para o caso da climatologia brasileira, ser aplicada *in totum*, sob pena de mascarar o entendimento de como efetivamente evolui a produção científica em uma determinada área do conhecimento.

A análise de Figueiró (2011) termina com a conclusão de que não há uma homogeneidade, nem mesmo nos próprios trabalhos dos autores analisados, sempre havendo sutis inclinações para ambos os paradigmas. “Certamente existe algo que corresponde à ciência normal de Kuhn, mas é um estado de coisas muito mais fluido do que Kuhn gostaria que acreditássemos” (KNELLER, 1980, p. 69 *apud* Figueiró, 2011, p. 157). Extraíndo esse trecho de *A ciência como atividade humana* (1980), de Kneller, Figueiró (2011) encerra sua discussão.

Desconstruindo o ciclo kuhniano clássico, é possível entender que dentro da GF (setorizada em Climatologia Geográfica) tal proposta metateórica não funciona corretamente.

O caso apresentado é muito interessante, pois traz um pouco da intenção à qual esta Dissertação se propunha desde o início. A diferença, no entanto, salientamos, é a amplitude da aplicabilidade metacientífica, pois enquanto Figueiró (2011) dedica-se a um recorte de tempo e espaço na Climatologia Geográfica (e buscando apenas alguns conceitos de Kuhn) aqui, o ciclo kuhniano como um todo é analisado para a Climatologia. Dito isso, seguiremos, passo a passo, cada uma de suas etapas.

Como mencionado anteriormente, a origem da Climatologia encontra-se nos princípios meteorológicos. A pré-ciência climatológica, portanto, é a transição de uma para a outra e esse início de pesquisa normal é caracterizado pelas definições sobre em que a Climatologia focará. Relembrando as ideias de Kuhn para a pré-ciência, sabemos que é aquele momento no qual uma determinada comunidade científica delimita qual é o seu objeto de estudo e suas teorias. Um novo campo científico surge, e geralmente isso ocorre através da sucessão de uma prática já existente²². Esclarecido isso, a abordagem paradigmática da Climatologia inicia-se com os

²² Em certo sentido, o primeiro paradigma geográfico no período tradicional foi o *determinismo*. Pela interpretação Kuhniana, podemos dizer que ele foi a pré-ciência geográfica, quando os cientistas identificaram um objeto de estudo (o ser humano e sua relação com a natureza) e uma teoria (que as ações humanas são moldadas pelo meio natural). Essa escola de pensamento tinha como parte dela um princípio de adaptação, ideias já discutidas anteriormente no campo biológico. Assim, a pré-ciência da Geografia (teoria nova) é precedido por um campo científico já estabelecido (teoria de origem). A partir daí toda e qualquer evolução do pensamento geográfico (e com isso, nos referimos ao *possibilismo* e as correntes de pensamento da Geografia Moderna), comporia as outras etapas (de *anomalias*, *crises* e, na visão de alguns, também *revoluções*) (Rodrigues, 2021). Johnston (1986, p. 60, g.a.) destaca: “as origens desse *determinismo ambiental* estão no trabalho de Charles Darwin, cujo livro fundamental, *A Origem das Espécies* (publicado primeiramente em 1859), influenciou muitos cientistas [...] As

ensinamentos de Julius Hann e a sua interpretação de que o clima é entendido como os fenômenos meteorológicos dispostos juntos em determinado local²³. Hann estabelece o que viria a ser a Climatologia Separativa (*paradigma 1*, climatológico).

A preocupação com o estabelecimento de um estudo coeso e com um maior rigor metodológico para os estudos climáticos fez com que Hann elaborasse o primeiro manual de climatologia: “*Handbuch der klimatologie*”, abordando didaticamente as bases gerais da climatologia e a descrição dos climas regionais. Mas, sua maior contribuição foi de cunho teórico, apresentando as primeiras definições para os termos clima e tempo. (Ely, 2006, p. 48).

Tempo, para Hann, seria uma fração da sucessão dos fenômenos meteorológicos, enquanto clima seria o agrupamento desses conjuntos, dando característica para a condição média de um determinado local (Ely, 2006). O pesquisador também fora uma influência para a classificação climática elaborada por Köppen, visto que seu “conceito de tempo entendido como um segmento dos fenômenos atmosféricos manifestados por um período cronológico, como parte constituinte dos climas das localidades subsidiou a ideia de tipos de tempo formadores dos climas proposta [pelo alemão]” (Ely, 2006, p. 48).

As ideias de ambos se direcionaram para o desenvolvimento da prática climatológica em nível científico, e pautada nos princípios positivistas, já que

[...] preconizavam a observação dos elementos climáticos, posteriormente transpostos para a linguagem matemática (dados) visando o estabelecimento das leis gerais de sua regulamentação, universalizando o conhecimento dos mecanismos de funcionamento desses fatos, tornando-os coisas passíveis de mapeamento e classificação. (Ely, 2006, p. 49).

ideias de seleção natural e de adaptação formavam a base das afirmações concernentes ao determinismo ambiental”.

²³ Não nos atentaremos aqui ao romantismo humboldtiano. A filosofia do idealismo alemão surge na Filosofia Moderna e “desenvolve o conceito de criatividade do sujeito, de síntese *a priori*, de autonomia do espírito, para uma forma de monismo imanentista, em que, toda a realidade se resolve nos limites da experiência, e esta é totalmente produzida pelo espírito” (PADOVANI; CASTAGNOLA, 1993, p. 399 *apud* Sant’Anna Neto, 2004, p. 40). Paralelo a isso, surge no cenário das artes o movimento do romantismo, sendo uma de suas principais características o resgate ao sentimento alemão e a “oposição à razão científica [...] cerceadora dos sentidos” (Ely, 2006, p. 44). É o homem em sua totalidade, sendo a soma não só da cientificidade, como também da poesia e religião (Ely, 2006). “O movimento romântico exaltava a consciência humana (seu Eu anterior) interligada com as entranhas da natureza, o que lhe permitia estabelecer conexões íntimas com a mesma” (Ely, 2006, p. 44). Nomes como Goethe, Herder e Schelling, são influenciados pelo movimento e o configuram. E esse último influencia significativamente aquele que viria a ser um dos maiores pensadores da Geografia Clássica: Alexander von Humboldt. Suas obras sugerem influências científicas, mas também filosóficas e literárias, e é onde o romantismo entra. De acordo com Sant’Anna Neto (2004, p. 45), “os estudos do clima [no Brasil] foram fortemente influenciados pela corrente filosófica do idealismo romântico alemão, baseado numa visão unitária, holística e integrativa do clima com os demais domínios da paisagem natural”. Ainda de acordo com este autor, a influência do paradigma humboldtiano compartilhava com uma visão determinística do clima o lugar de corrente de pensamento no conhecimento atmosférico.

Para Sorre, porém, as ideias de Hann lhe pareciam simplórias, e com essa insatisfação conceitual, o autor elabora a definição de clima como sendo um ambiente constituído de séries atmosféricas em sucessão. Sorre estabelece a Climatologia Sintética (chamaremos aqui de *paradigma 2*). Apresentando as falhas do *paradigma 1*, Sorre buscou estabelecer um novo pensamento no campo. As anomalias kuhnianas no *paradigma 1* começam a ser identificadas quando a representação média dos elementos não parece sustentar-se. A solução, conseqüentemente, foram novas técnicas e uma outra abordagem.

Essa distinção teórico-metodológica [entre Climatologia e Meteorologia] resultava da própria divisão intelectual do trabalho que vinha se especializando e se fragmentando em disciplinas variadas que procuravam estabelecer seus próprios métodos de análise, individualizando os fenômenos, pois era concebido que o conhecimento científico de credibilidade era aquele que dividia, classificava e correlacionava o que havia separado, simplificando a complexidade da realidade e se esquivando das discussões sobre as contradições sociais desse enredo. (Ely, 2006, p. 51).

Pode-se dizer que não demorou muito para que o *paradigma 2* sorreano se firmasse. Dito isso, a fase das crises kuhnianas se estabelece rapidamente. Os dois paradigmas passaram a coexistir, mas nos estudos aqui analisados, não pareceu-nos que o *paradigma 2* era um incômodo para o *paradigma 1*; é como se ambos continuassem respaldados com respectivas frentes de pesquisa, tendo consciência das críticas um do outro, mas sem deixar a pesquisa frear²⁴. Isso fragiliza o modelo do Kuhn clássico e a sua jovem ideia de incomensurabilidade. Ainda assim, a Climatologia estava se comportando de tal maneira.

A pré-ciência de uma pesquisa só ocorre uma única vez. Até porque, dentro do ciclo de Kuhn, esse pré-estágio é o pontapé que vai iniciar toda a pesquisa em diante. É quando a comunidade científica define suas metodologias, hipóteses etc. É quando o jogo começa, digamos assim. Então, é óbvio que não faz sentido começar duas vezes. O “recomeço” admissível pelo modelo vem por meio de uma revolução científica. Aí sim, após um grande giro de pensamento, teríamos a volta completa do ciclo kuhniano, iniciando um novo paradigma vigente, afirmado pela adesão significativa da comunidade científica. Portanto, a pré-ciência climatológica é aquela de Hann e nenhuma outra. Diante, então, do avanço da pesquisa e da busca por resolver as anomalias, ou ao menos lidar com elas de maneira justa, o conhecimento científico vai se acumulando²⁵.

²⁴ A incomensurabilidade kuhniana aqui não parece tão grave quanto foi, por exemplo, entre o pensamento teórico e o pensamento crítico inseridos na Geografia do pós-guerra.

²⁵ Essa frase não deve ser entendida como contraditória em relação aos princípios de Kuhn de uma ciência não cumulativa. Quando falamos de acúmulo aqui, estamos nos referindo à pesquisa normal, ao desenvolvimento

Estabelecidas as teorias climatológicas concorrentes, temos então identificado o cenário de crises. Na produção brasileira, o paradigma de Sorre resulta numa nova proposta ramificada, a análise rítmica de Monteiro. Tal corrente vincula-se ao que denominamos de Climatologia Geográfica (Ely, 2006), aquela vista no tópico 3.4.

No volume I de sua coletânea *Panorama da Geografia* (1953), Emmanuel De Martonne²⁶ discute essas ideias, defendendo um tempo meteorológico

[...] como algo concreto, absoluto, perceptível, que expõe suas engrenagens movendo-se ordenadamente sensibilizando o observador e, a partir de então, reconhece-se seu movimento linear, compassado e cíclico, identificando os períodos de retorno das situações que caracterizam os tipos de tempo que, em sua correlação com a superfície terrestre, produz os tipos climáticos dos lugares. (Ely, 2006, p. 50).

E essa relação é a base da Climatologia.

O geógrafo Pédelaborde em um trabalho publicado em 1959 apresenta influências do clima sorreano. No estudo em questão,

[...] criticou as análises geográficas que desmembravam os elementos meteorológicos visando as descrições e classificações dos tipos climáticos [...] defendeu que a Climatologia possuía fortes vínculos com os objetivos da Geografia, pois a primeira dedicava-se ao estudo da distribuição espacial das características atmosféricas conectadas àquelas da superfície terrestre e que esse campo de estudos retira subsídios da Meteorologia para o entendimento da camada gasosa da Terra. No entanto, as inovações das análises meteorológicas de caráter dinâmico ainda não tinham sido absorvidas pela Climatologia; então ele se propôs a sistematizar os passos metodológicos que levassem à sua incorporação. (Ely, 2006, p. 55-56).

Esse trecho, apesar de trazer mudanças metodológicas e uma vontade de melhorar os estudos da atmosfera, não pode ser interpretado como uma anomalia kuhniana bruta. Isso porque para Kuhn, a anomalia surge de questões ainda não passíveis de solução, quando a pesquisa normal se encontra num impasse (Kuhn, 1998). Entretanto, aqui, não foi tão radical assim. A Meteorologia ainda seguia com suas técnicas, e o que ocorreu foi apenas uma nova proposta, visto que os métodos dessa ciência não faziam jus à análise climatológica que viria associar-se ao estudo geográfico. Alguns episódios dos conhecimentos atmosféricos possuem

natural que ocorre em qualquer campo da ciência. O acúmulo proibido é aquele onde duas teorias opostas buscam ocupar o mesmo lugar dentro das atenções de uma comunidade científica. É uma questão de semântica, apenas.

²⁶ Nas palavras de Sant'Anna Neto (2004, p. 86), “foi um dos pioneiros a se preocupar com uma definição geográfica do clima, em sua primeira versão do *Traité du Géographie Pshysique*”, publicado originalmente em 1909 [...] Mesmo assumindo as definições de tempo e clima de Julius Hann – estado médio da atmosfera – afirmava que, em certos casos, os estudos dos tipos de tempo poderiam trazer algumas vantagens para a análise geográfica, pois esses estudos, realizados durante certos períodos, evidenciaram a presença de realidades concretas”. A sua noção geográfica para o clima é vista como o início do que viria a ser desenvolvido posteriormente.

exatamente esse caráter de inovação apenas. Os métodos podem sim parecer insuficientes à medida que a pesquisa se desenvolve e exige-se mais em relação aos fenômenos da natureza. Mas não é algo excludente.

O novo enfoque dado aos estudos climáticos rompeu com o simples cálculo das médias dos elementos do tempo, valorizando as permanências e recorrências dos tipos de tempo sintetizados da análise sinótica produzida através do acompanhamento do desencadeamento dos campos barométricos sobre os lugares, permitindo à Climatologia investigar a gênese dos complexos climáticos e não mais a sua mera descrição. (Ely, 2006, p. 56).

Diante de todas as publicações examinadas para a conferência dessa proposta epistemológica, notou-se uma predominância do discurso dinâmico em Climatologia. O que nos leva a crer que o cenário climatológico hoje ainda enxerga no ritmo um importante ponto para as investigações.

Essa conclusão permeia também o trabalho de Ely (2006, p. 62-63) no trecho:

Verifica-se que a consideração da dinâmica climática ampliou as possibilidades de aplicação dos estudos climatológicos, anteriormente voltados quase que unicamente para a proposição de classificações climáticas. Monteiro (1991) ressalta que tais estudos apresentam um potencial a ser explorado com a agregação das novas tecnologias de mapeamento da atmosfera e da superfície terrestre aliadas aos modelos artificiais das estruturas fractais, sendo timidamente aplicadas aos estudos climatológicos. Atualmente, a maioria desses estudos encontra-se pautada no tripé ritmo climático – ação antrópica – impacto ambiental, através do qual buscam-se as relações de causa e efeito do clima na superfície terrestre sob uma perspectiva orgânica, sistêmica e biológica no sentido de preservação das condições atmosféricas e climáticas que garantam a sobrevivência humana.

O artigo de Figueiró (2011) foi elaborado mais de dez anos atrás, trazendo um recorte temporal mais antigo ainda. Seria interessante, por isso, observar tal estudo sendo atualizado – de modo a que fôssemos percebendo a contínua chancela (ou não) do que o autor alegou. Mas, conjecturemos: e se Figueiró tivesse desenvolvido o mesmo estilo de artigo, mas com o foco epistemológico na proposta de Lakatos? Sua conclusão seria a mesma?

4.2 A pluralidade lakatosiana como alternativa

A proposta dos Programas de Pesquisa Científicos de Lakatos se mostra como uma alternativa quando falamos de metateoria aplicada. Mas essa alternativa, queremos dizer, não é no sentido de ser “a melhor solução”. Alternativa, então, mais no sentido de “um outro

caminho” – o qual se difere, consideravelmente, em relação ao modelo de Kuhn quando observamos seu poder descritivo.

Antes de tudo, estabeleçamos a escala de análise. Com a ciência normal kuhniana, a interpretação pode ser corroborada nos paradigmas individualmente (mesmo que acabemos tendo que falar de outros, o foco sempre será um paradigma e seu desenvolvimento diante dos estágios do ciclo). O modelo lakatosiano, porém, já em seu nome, caracteriza-se pela pluralidade (programa“s” de pesquisa). O que o autor propõe é que não existe singularidade numa ciência e que diferentes pensamentos podem coexistir. Cada um buscando resolver seus próprios contra-exemplos, refutar hipóteses que tentam falsear o núcleo e validar as hipóteses guias. Então, falar dos PPCs sem falar da ciência na qual eles estão inseridos, parece-nos estranho. Logo, na pluralidade lakatosiana, a Climatologia (ciência) possui as suas teorias coexistentes (os programas de pesquisa).

O estudo de caso de Figueiró (2011) pode levar-nos a indagar uma questão referente ao fator epistemológico: será que pesquisadores como o geógrafo em questão, que buscaram incitar uma análise epistemológica, só podem buscar tal identidade se tiverem uma convicção preliminar? O autor procurou em um recorte espaço-temporal analisar as publicações no âmbito da Climatologia Geográfica que tivessem influências dos paradigmas climatológicos (isto é, o descritivo e o dinâmico). Porém, em alguns estudos, não foi possível identificar nenhuma das tendências. E sem ser possível avaliar a influência paradigmática de um estudo, como isso afetaria a aplicabilidade metateórica? O pesquisador, assim, só poderia concluir que a metateoria não seria passível de análise naqueles referidos estudos; mas, de todo modo, precisaria ao menos começar a investigação para concluir tal impossibilidade de análise.

Fazendo uso, então, apenas das publicações com um viés climatológico definido, temos a seguinte situação: dentro do período observado, as correntes de pensamento se alternavam. As influências oscilavam, ora as publicações tendendo para uma climatologia descritiva, ora tendendo para uma climatologia dinâmica. Para Lakatos, isso não é um problema. O importante no olhar lakatosiano é a preservação da teoria. É trabalhar bem com as heurísticas para ajustar hipóteses e, assim, preservar a teoria principal e tudo aquilo que se almeje com o paradigma. Sobre o fator progressivo e regressivo, diante não só do estudo de Figueiró (2011), mas de todas as publicações aqui analisadas, observou-se que a perspectiva dinâmica foi se desenvolvendo cada vez mais. As pesquisas não possuem um cunho epistemológico, muito menos uma interpretação lakatosiana da Climatologia, então não há como dizer que o estágio regressivo foi detectado pelos próprios autores. Entretanto, aparentemente, vendo que os estudos se pautavam

mais no ritmo e mencionavam a perspectiva descritiva e as ideias de Hann apenas como estágios a superar (a fim de alcançar-se a análise rítmica), é possível dizer que esta prática tradicional foi perdendo lugar nas pesquisas científicas.

Quando uma prática científica vê a necessidade de se desenvolver, uma nova proposta surge com seus próprios núcleos firmes e hipóteses auxiliares. A transição da Meteorologia para a Climatologia marca uma situação em que os conhecimentos atmosféricos passam a ter uma utilização muito além da técnica e medição. Não necessariamente os métodos científicos regredem. E mesmo com o estabelecimento da Climatologia, isso não condicionou a Meteorologia ao fracasso. As suas intenções eram diferentes, e a pesquisa meteorológica continuou a se desenvolver com sua análise técnica e olhar rígido perante à atmosfera. A Climatologia só trouxe outra interpretação e uma combinação desse conhecimento com outros fatores. Segundo Barbosa (2022, p. 138), “o pluralismo teórico-paradigmático que envolve a Climatologia como ciência, em constante transformação ao longo do século XX, é resultado das discussões a respeito dos conceitos fundamentais que formam a base de sua ‘cientificidade’”. Não é possível dizer que a ciência meteorológica regrediu a ponto de ser substituída por outra; apenas abriu espaço para uma nova prática ramificada.

4.3 Os princípios kuhnianos de não acúmulo da ciência *versus* a constante refutação de hipóteses nos programas de pesquisa

Esse tópico traz uma conclusão preliminar; uma espécie de encerramento para o que estivemos abordando ao longo desta segunda parte.

Vimos que a abordagem epistemológica resulta numa compreensão importante para o estudo científico. Entender suas correntes de pensamento, seu aperfeiçoamento e como os processos ocorrem ao longo de pesquisas é um caminho crucial para além dos estudos empírico-instrumentais. É próprio da Filosofia da Ciência contemporânea oferecer vários modelos metateóricos que se mostram úteis para uma dada compreensão sobre como a ciência funciona. Alguns deles focarão detalhes que outros não. E esse caráter pluralístico estabelece também um confronto entre os caminhos metateóricos, pois a própria FC prevê abandonos e adesões aos sistemas epistemológicos.

Kuhn não adere a um processo cumulativo, em que diversos pensamentos conflitantes encontram harmonia. A ciência não é a busca pela verdade, mas a sucessão de pesquisas em estado “normal”. Por sua vez, Lakatos enxerga a ciência dentro de uma dinâmica de mudanças e reformulações. Mas, apesar dos modelos interpretarem o comportamento científico de modo diferente, eles ainda assim possuem semelhanças: as anomalias de Kuhn são os contra-exemplos de Lakatos (que, aliás, não deixa de usar o termo *anomalia*); a teoria principal do núcleo-duro lakatosiano são os paradigmas da pesquisa normal kuhniana; o progresso e regresso dos programas de pesquisa correspondem à duração e ao estabelecimento de uma crise, até ser resolvida ou não ser mais suportável. No final, o objetivo é o mesmo: enriquecer o conhecimento que temos acerca da Ciência.

Retomando o que fora abordado na seção 2.2., a organizadora Mladenović (2024) traz um Thomas Kuhn interessado em revisitar seus conceitos e ainda buscar redefini-los. Quando o mesmo procura romper com a *incomensurabilidade* a favor da *intraduzibilidade*, recorre à linguística para exemplificar o que está falando. Os métodos, as ideias, podem ter nomes diferentes, e a traduzibilidade deles de uma ciência para a outra exprime, para o Kuhn tardio, uma sugestão muito melhor do que algo ser incomensurável (Mladenović, 2024). Quando algumas questões não podem ser reutilizadas, não podem ser transportadas de uma pesquisa para a outra, então, para Kuhn, tornam-se algo impossível de se traduzir cientificamente falando.

PARTE III – DIVERGÊNCIAS NA CIÊNCIA, QUESTÕES CLIMÁTICAS E SUA ABORDAGEM COMO CENTRO DO CONFLITO

5. CONTROVÉRSIA: ABORDAGENS EM FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Uma nova situação será discutida a seguir. A princípio, poderá soar desconexa com toda a discussão que fora feita anteriormente (envolvendo a leitura epistemológica do campo de estudos de clima), entretanto, este capítulo será um interlúdio e a transição para um episódio que marca consideravelmente o campo das discussões climáticas – o que, como é de se imaginar, está totalmente vinculado às ciências expostas nessa discussão.

A concepção clássica de ciência entende que um método bem demarcado garantiria para as investigações um ótimo espaço suprido de procedimentos que as manteriam a salvo de uma psicologia especulativa. Essa ideia fez com que se pensasse que o campo científico não estaria envolvido em grandes disputas, visto que embates, nesse raciocínio, seriam facilmente resolvidos. Entretanto, superou-se esse estilo de compreensão que é estrito a sistemas epistemológicos racionalistas, e hoje os epistemólogos já sabem que as dinâmicas de controvérsia são inerentes ao processo de produção do conhecimento científico (Brante; Elzinga, 1990). Assim, os chamados filósofos da ciência, avaliando tal processo, perceberam que os fatores não relacionados à ordem lógica possuem relevância: questões socioculturais e econômicas, por exemplo, que devem ser consideradas quando a busca é por entender os detalhes envolvidos na ciência em determinados episódios da história (Raicik; Peduzzi; Angotti, 2018).

Mas se a produção científica não está blindada (envolvida apenas pelos princípios que regem os seus próprios processos metodológicos), isso poderia levar a crer que seus protocolos “internos” perdem a relevância? Não é errado dizer que uma epistemologia mais flexível traz a visão de que a atividade científica tem uma forte característica social e, justamente por isso, ela não é indissociável das discussões que permeiam a sociedade, onde os aspectos culturais e políticos tendem a se cruzar (Abram, 2005). Entretanto, é importante ressaltar o cuidado que se deve ter em separar as polêmicas que possam acabar inflamando debates públicos não-científicos das querelas que, impulsionadas pela sociedade, despertam na comunidade científica um processamento propriamente “interno”, devido ao fato de demandar instrumentos

especialistas (Frazer, 2023). Assim, o ponto de origem de uma controvérsia que irá se disseminar nos meios científicos pode estar “fora” da comunidade – e se caso os pesquisadores absorvem tal situação, é pelo fato de estarem inseridos enraizadamente na sociedade. Um ponto negativo, entretanto, é interpretar que essa inserção social necessitaria incluir outras áreas que não a científica. O problema seria interpretar esse enraizamento social como motivo para incluir outras falas que não apenas as dos cientistas para lidar profissionalmente com as controvérsias (Ramos; Silva, 2007).

Dentro desta pesquisa, assumimos a postura de que disputas envolvendo diferentes cientistas podem não ser de origem exclusivamente técnica, vindas dos esquemas lógico-abstratos desenvolvidos no mundo da ciência (uma situação que para o olhar leigo poderia soar como algo muito “hermético”). Entende-se aqui que há questões que são resultado de ideias ou valores advindos do meio sociocultural – questões de natureza axiológica; logo, não estritamente atreladas ao mundo da ciência (Cupani, 2021). Mas para a finalidade desta pesquisa, optou-se por focar o ponto de vista “interno”, com a ciência lidando com tais problemas.

A discussão, portanto, não envolverá debates do tipo cientistas *versus* agentes não especialistas, ou até mesmo atores científicos *versus* movimentos anticência. O cientista será entendido aqui como um ser inserido socialmente, para o qual os debates político-ideológicos existentes e possuem, sim, relevância; mas sendo lidados de uma maneira particular: eles originam questões provocativas que se lançam “para dentro” da esfera de especialidade da comunidade científica. E são resolvidas aí dentro, segundo a cultura intelectual da comunidade.

A discussão é fundamentada em leituras epistemológicas de outros trabalhos que buscaram discutir um ponto importante: o de que há nas ações dos cientistas tanto valores cognitivos, quanto não-cognitivos, mas que a função desempenhada por eles não afeta integralmente (e nem poderia) todas as etapas de pesquisa científica (Kuhn, 1998; Laudan, 1984; Longino, 1996; Lacey, 2003).

E os dois principais filósofos da ciência tratados aqui retornam nesta última parte. Tanto Lakatos quanto Kuhn tiveram um papel decisivo na definição de uma FC mais “externalista”. Nesse sentido, suas ideias se apresentam como oportunas para avaliar outros aspectos associados às questões climáticas, que não apenas os fatores “internalistas” vistos até aqui – no caso, o desenvolvimento de vários estilos de processamento metodológico que redundaram em paradigmas ou programas de pesquisa distintos.

Começemos por Kuhn (o pensamento lakatosiano será retomado mais à frente). Temos um princípio crucial no pensamento kuhniano: a relevância dos condicionamentos psicossociais inseridos em uma metateoria sobre as tomadas de decisão das comunidades científicas. De acordo com Raicik e Angotti (2019), uma contribuição kuhniana valorosa está no desenvolvimento da ideia de que em disputas interparadigmáticas podem não ocorrer as condições (engendradas pela epistemologia do positivismo) de classificá-las por meio de parâmetros empíricos e lógicos. Em outras palavras, a disputa poderá encontrar-se calcada em estratégias retóricas subjetivas de cada grupo científico – e isso dificulta a comunicação, mesmo que os pesquisadores encontrem-se fazendo parte de uma mesma comunidade científica. A questão aqui levantada é a de que o pensamento kuhniano serviu para demonstrar-nos que discórdias entre pesquisadores surgem no desenvolvimento da pesquisa científica e que tais divergências podem ter relação com cada parâmetro-chave constitutivo das teorias ou das técnicas. O rompimento com a prática da FC tradicional está no fato de que, embora importantes para ela, esses parâmetros pareciam não ser variáveis: toda a comunidade científica os avaliaria através do mesmo critério (lógico).

O conceito de “controvérsia” possui um significado especial dentro da teoria da ciência: momentos de controvérsia seriam aqueles difíceis de contornar rapidamente. Episódios marcados, então, pelo reconhecimento de que há dilemas dentro da comunidade científica. Mas isso não significa que essa demarcação aconteça apenas pela rivalidade de dois pesquisadores que eventualmente discordem em algo; isso não é o suficiente para estabelecer uma situação controvertida. Dentro de um campo científico, e em determinado estágio de seu desenvolvimento, mais pessoas precisam notar a existência do dilema. Sobre isso, o filósofo irlandês Ernan McMullin (1987, p. 52, t.n.) aponta que:

Para que um desacordo seja considerado “controvérsia” [...] deve parecer à comunidade que vale a pena levá-la a sério. O desafio de alguém considerado (com ou sem razão) excêntrico ou incompetente não é suficiente para criar controvérsia. Mesmo quando o desafio vem de um Einstein, dependerá se a comunidade considera que a resposta vale a pena. A comunidade pode, é claro, estar enganada neste julgamento. Mas se não parecer necessária nenhuma defesa da posição “ortodoxa” contra a desafiante, não ocorrerá nenhuma controvérsia real.

Sendo assim, o dilema precisa atender alguns critérios: necessita tocar um ponto relevante dentro do desenvolvimento da pesquisa; ser identificável através de registros desse conflito (podendo se dar através de publicações ou debates públicos – e aqui veremos isso ser feito); e, por último, precisa persistir por um determinado tempo que seja considerável. Consequentemente, se há publicações e uma parcela considerável da comunidade científica

tendo consciência desse dilema, ambos os argumentos em conflito precisam contar com uma quantidade relevante de pesquisadores a eles aderidos, não devendo haver um desequilíbrio forte. Para o filósofo da ciência grego Aristides Baltas (2000, p. 44, t.n.),

[...] diante de um problema ou quebra-cabeça que resiste à resolução com os meios disponíveis, aqueles que conduzem a investigação têm que recorrer a alguma estratégia de sua própria concepção para lidar com a situação. Em algumas ocasiões, a diferentes cientistas pode parecer que vale a pena prosseguir diferentes estratégias.

Um episódio de controvérsia ocorreria a partir do momento em que um aspecto é reconhecido como importante para explicações, sem ainda ser abraçado pelos parâmetros teóricos e técnicos naquele momento. Com isso, parecerá aos cientistas que creditam uma importante função para esse aspecto, que tal acontecimento estará principiando um momento de ruptura na pesquisa científica. Mas isso, porém, dependerá, de uma avaliação clara *a posteriori*, visto que os cientistas envolvidos poderão, naquele momento, superestimar o impacto da anomalia em suas rotinas.

6. DAS DISCUSSÕES CLIMÁTICAS: O CENÁRIO CIENTÍFICO EM CONFLITO COM A VISÃO MUDIÁTICA

Com efeito, teóricos da ciência já perceberam que o tema das mudanças climáticas é um prato cheio para a discussão epistemológica em torno do desacordo entre peritos. O filósofo norte-americano Peter Machamer, notabilizado por suas pesquisas a respeito da explicação científica sobre mecanismos, em um capítulo em que traça a história da filosofia da ciência, comenta o fato de que variantes mais contemporâneas da FC estariam descobrindo tópicos que, por tangenciarem problemas bastante atuais, seriam entusiasmantes para um exame filosófico. Dentre eles, por exemplo, os códigos de ética que, na prática, terminam condicionando o trabalho dos diversos especialistas em seus respectivos campos. E Machamer (2002) frisa, precisamente, a questão dos valores que costumam estar entremeados nas pesquisas científicas – valores estes constatáveis de modo explícito ou implícito.

Um dos novos campos mais interessantes e importantes em que os filósofos da ciência que lidam com valores estão envolvidos tem a ver com questões relativas à forma como a ciência é usada para basear decisões regulamentares, por exemplo relativas ao [...] aquecimento global. (Machamer, 2002, p. 12, t.n.).

A geóloga e historiadora da ciência Naomi Oreskes, da Universidade de Harvard, intrigada com o fato de que, apesar de alegações de evidência, políticos, empresários e parte da mídia norte-americana seguiam aventando a hipótese de que elas seriam produto de uma ciência climática pouco confiável, decidiu examinar uma longa série de publicações da comunidade de climatologistas. Oreskes (2004) avaliou mais de novecentos artigos e pôde detectar que cerca de três quartos deles tinham em comum uma posição bastante próxima ao consenso; endossando, explícita ou implicitamente, a tese do impacto antropogênico no clima. A pesquisadora concluiu que o argumento negacionista tinha raízes no desconforto quanto à necessária adoção de medidas mais fortes para conter as emissões de gases de efeito estufa – o que teria desagradado certos setores produtivos. Não eram, portanto, reações objetivas a uma suposta falta de consistência dos estudos dos cientistas do clima – mesmo porque é pouco provável que os cétricos estivessem considerando em seus julgamentos uma eventual transgressão das normas institucionais da ciência, já que possivelmente eles até as desconheciam. Ou seriam eles sabedores de que a processualística científica envolve, naturalmente, uma dinâmica de críticas e revisões? (Oreskes, 2004).

A comunidade de especialistas já havia reunido dados sólidos, atestando estarem em curso alterações no clima induzidas pelo homem. Ou seja, não se estaria mais em um estágio de informações precárias ou indiretas; o diagnóstico era simplesmente certo. Sociedades de meteorologistas e geofísicos, além da célebre *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), chancelavam os resultados de estudos como contundentes. Ainda assim, manifestações negacionistas insistiam em que tais relatórios mascaravam desacordos substanciais dentro da própria comunidade, a qual estaria dividida quanto à base antropogênica das transformações ambientais (Oreskes, 2004). Vemos aqui, então, um caso em que, aparentemente, não se justificaria falar em desacordo intracomunidade, posto que a visão de crise de consenso residiria mais nos discursos “fora da ciência” (entre políticos, empresários e jornalistas, segundo a pesquisa da historiadora).

Em uma linha otimista, o Professor da Universidade da Islândia, Finnuer Dellsén, ponderou que, na verdade, o problema da divergência entre especialistas, ao invés de suscitar a desconfiança do leigo para com as credenciais do perito (uma reação psicológica que verificamos ser tentadora entre grupos sociais atualmente), pode ser uma excelente ocasião para fortalecer a confiabilidade dos protocolos científicos. O pesquisador entende que é o caso demonstrar que os especialistas operam com boas justificativas quando se exprimem acerca de teorias de consenso. E é importante que se faça compreender que isso é absolutamente normal: os especialistas frequentemente discordam entre si. Não há por que duvidar que os cientistas sempre procurarão fazer inferências plausíveis, buscando atingir o que entenderão ser a melhor ou mais robusta explicação (Dellsén, 2018).

[...] os cientistas do clima discordam sobre se estamos atualmente vivendo uma “pausa” no aquecimento global induzido pelo CO₂ e, em caso afirmativo, o que explica isso. Este desacordo é frequentemente citado pelos chamados “céticos do clima” como uma razão para desconfiar da ciência climática em geral. Em particular, este desacordo é invocado como uma razão para ser cético em relação à teoria quase unanimemente aceita de que a influência humana é uma causa significativa que contribui para o aumento das temperaturas globais médias a partir de meados do século XX. (Dellsén, 2018, p. 142-143, t.n.).

Temas como os de ordem socioambiental, uma vez que afetam muitos aspectos da cotidianidade das pessoas, não ficam privados às instâncias técnico-científicas que tendem a trata-los desde um ponto de vista profissional. Acontece que, diante de uma relativa disputa de alegações, o grande público poderá associar sua impressão de insegurança explicativa a uma situação mais extrema de perda de crédito por parte da ciência – aumentando, assim, as chances de desconfiança popular quanto ao real poder resolutivo das instituições e seus peritos. Eles

merecem mesmo o aval que lhes é concedido? A instalação de uma atmosfera de discórdia poderá ser indevidamente dramatizada pelo fato de que o público leigo, de hábito, não acessará corretamente o conjunto de dados técnicos que darão suporte às alegações. E, por não dominar as linguagens especialistas, correrá o risco de interpretar caricaturalmente as informações reunidas ou de fazer inferências que extrapolam o que os dados autorizam afirmar.

Uma sequela preocupante de se interpretar as disputas como, digamos, “algo mais grave” do que um simples processo tradicional de negociação entre pares é a de que se pense que outros pontos já acordados pela comunidade – e em torno dos quais o nível de consenso é significativo – deveriam também ser postos sob suspeita. Como Dellsén (2018) expõe, o testemunho, por exemplo, de nem tão severos desacordos quanto ao caráter antropogênico das alterações climáticas pode ser um gatilho para a perda de confiança do público no campo científico como um todo. Ou seja, o imaginário popular não terá feito o discernimento devido entre “o que é” o processo funcional da atividade científica (feita de percalços, discussões etc.) e o que “parece ser” uma disfunção sistêmica ou até mesmo uma desmoralização (a ciência, no fundo, seria só um jogo cujos vencedores são os mais persuasivos).

Demonstra a estreita relação entre praticantes de ciência e o contexto sociocultural mais amplo (portanto, numa antítese da imagem de que eles, como especialistas, estariam imunes a problemas “mundanos” ou as discussões “vulgares”) o fato de que eles próprios podem vir a integrar coletivos de pensamento não exatamente caracterizados pela institucionalidade científica. Ou seja, mais além dos cientistas constituírem comunidades de experts – o que, por si só, já demarca a evidente dimensão societária da prática científica –, em função de posicionamentos que eles poderão assumir (atrelados a valores não epistêmicos, tais como ética e política) outras expressões comunitárias se constituirão, indicando que esses especialistas não estão impedidos de expressar algum tipo de militância ou causa sociopolítica. Esse é um ponto complexo, mas, por isso mesmo, se apresenta como um assunto estimulante para tratar sob o ponto de vista da epistemologia. Vejamos por que.

Por um lado, podemos afirmar que, estando definido o aquecimento global como um fenômeno reconhecível entre os cientistas ambientais, a comunidade de experts tenderá a oferecer hipóteses sobre sua origem e conjecturas sobre tendências futuras; ambas devidamente articuladas com dados registrados por instrumentos e/ou com modelos teóricos concebidos como representativos. Dissensos não serão motivo para surpresa e eles poderão ocorrer em função, por exemplo, de alguma disparidade entre as bases de dados ou mesmo entre os equipamentos, em sua programação para capturar e ler informações. Por outro lado, quando,

em virtude do tema ter reflexo potencial na vida das pessoas e na organização das instituições, ele extrapola o âmbito conceitual e técnico (a ponto de se encontrar submetido à arena do debate público), os mesmos indivíduos que, profissionalmente, têm competência e habilidade para levar o dissenso dentro das regras do jogo científico – caso em que as teses, ainda que antagônicas, são sustentadas por certo teor de evidência – poderão se alistar em coletivos bastante movidos por convicções extra-científicas, isto é, tendentes a estar mais associados a visões ideológicas carregas de passionalidade. Bem, neste segundo caso, os envolvidos, apesar de possuírem credenciais acadêmicas, não estão impedidos de também empunharem uma bandeira, apaixonadamente. A questão toda é se devemos vê-los nesse grande debate aberto como interlocutores que permaneceriam se expressando na qualidade de “cientistas”; ou se não seria o caso de passar a trata-los como “cidadão comuns” que, democraticamente, decidiram assumir uma postura – postura que, é claro, não precisa estar totalmente atrelada a um “juízo científico”.

A complexidade em questão impõe, portanto, um critério objetivo de discernimento. Qual seja: há um tipo de disputa que é inerente à dinâmica da ciência; e essa disputa entre especialistas não deve ser confundida com outros tipos de discórdia, em cujo contingente de participantes até poderemos, eventualmente, encontrar cientistas.

6.1 Mudanças climáticas: o debate público

Por decorrência, provavelmente, de que os estudos, além de chancelados por agências de vínculos diversos com esferas político-administrativas, vieram acompanhados de “sugestões” de mitigação ou “aconselhamentos” a gestores, o assunto das mudanças climáticas despertou distintas atenções com suas respectivas posturas reativas. Enquanto alguns setores falam em “emergência climática”, advogando a ideia de que os compromissos sejam firmados entre as nações desenvolvidas (Jakob *et al.*, 2015), outros interpretam as advertências como “alarmistas” e talvez com a deliberada intenção de causar pânico (Carter, 2007). Trata-se do envolvimento de jornalistas, corporações empresariais, agências ambientalistas, instituições de marketing empresarial, políticos; os quais, movidos por propósitos distintos, poderão colaborar (inconsciente ou deliberadamente) à elaboração ou retransmissão de declarações em tom, digamos, pouco parcimonioso. E serão afirmações categóricas, à esquerda e à direita do espectro de ideologias (Demeritt, 2001; Schaller; Carius, 2019).

Avaliando o lado de quem trabalha com a tese do alarmismo, é possível identificar algumas modalidades de argumento. Por exemplo, o de que estaria em pauta a demonização do dióxido de carbono. Nesse sentido, determinados pesquisadores e agências estariam levando o público a pensar que o CO₂ – gás fundamental para a vegetação do planeta – seria, essencialmente, um “poluente” (Alexander, 2012). Outro argumento salienta que nossa percepção de catástrofe seria, na verdade, enganosa. A impressão de que os impactos têm sido mais frequentes ou intensos se explicaria por fatos simples, como a acelerada multiplicação de estruturas físicas construídas e o desenvolvimento de tecnologias de comunicação (Alexander, 2023). Logo, fenômenos tais como furacões e tornados manteriam uma recorrência em ritmo natural, e a percepção de que eles estariam “mais potentes” é condicionada pela maior oferta de infraestruturas às forças de destruição – no caso, os chamados fenômenos climáticos extremos. Por essa razão, e contra intuitivamente, a civilização contemporânea até poderia ser vista mais como frágil do que resiliente, diante da ação dessas forças. E, bem mais que no passado, todo efeito agora seria muito oneroso e potencialmente devastador. Trata-se aqui, então, de uma linha argumentativa que aposta no fundamento psicológico das observações – ou seja, o problema estaria não na natureza em si, mas no condicionamento perceptivo dos observadores.

Mirando o debate público, recentemente, o magazine português “*Contracultura: Elogio da Dissidência*” (2023) publicou matéria sobre uma Declaração assinada por cientistas, em que eles subscrevem a tese de que a emergência climática seria um mito. Na matéria, a revista parece celebrar o fato de que “um Prêmio Nobel” (portanto, alguém que possuiria toda legitimidade para se pronunciar) assinara a referida Declaração. De fato, John Clauser, Nobel de Física de 2022, se expressou comentando sobre algumas questões que são mesmo relevantes para o entendimento da situação em um panorama mais amplo: a ciência poderia estar sendo corrompida e alimentando a popularização de narrativas pouco precisas sobre as alterações climáticas. O problema é que, para Clauser, essa má comunicação do fenômeno estaria comprometendo a economia mundial e o bem-estar de milhões de pessoas. “A ciência do clima mal orientada transformou-se numa pseudociência jornalística de grande impacto” (Clauser *apud* *Contracultura*, 2023). Possivelmente, Clauser se refira mais ao fato de que aqueles diferentes atores mencionados acima, não sendo profundos conhecedores dos estudos técnicos, fiquem muito vulneráveis a jogar um papel que mescla superficialidade e sensacionalismo – no que ele tem razão. Por outro lado, há de se ressaltar que Clauser não é precisamente um especialista em ciência atmosférica – sua premiação com um Nobel se deveu a suas pesquisas em mecânica quântica (Schirber, 2022). E aqui surge um ponto muito instigante para discutir

epistemologia: deve gozar de credibilidade toda argumentação formulada por um cientista, até mesmo quando o assunto em questão não pertence ao seu campo específico de especialização? Ou seja, a credencial “ser cientista”, mais do que condição necessária, é condição suficiente para que a comunidade incorpore automaticamente as alegações de quem a possua?

A discussão é interessante porque, por um lado, pareceria justo responder que “não”, uma vez que aceitar como válidas as impressões de um(a) cientista, mesmo não estando em pauta um tema de sua especialidade, apenas porque ele(a) tem formação científica soa elitista e até mesmo antidemocrático. Por outro lado, é razoável supor que, sendo essa pessoa um(a) profissional comprometido(a) com os protocolos racionais comuns a toda pesquisa científica, não teríamos por que dizer que suas impressões não guardariam qualquer vinculação lógica com tais protocolos – compartilhados, afinal, entre cientistas de diversas áreas. Portanto, esse permaneceria sendo um tema aberto; logo, bastante rico para tratar nos termos da FC.

Para melhor exemplificar isso, mencionamos aqui o caso da física teórica austríaca Sabine Hossenfelder, que é bastante ativa em redes sociais, onde faz divulgação científica e comenta, em linguagem simples, temas associados à matemática e à cosmologia. Recentemente (27 set. 2023), ela, que também não é especialista em física da atmosfera, tendo sido provocada por um de seus seguidores no *Twitter* (@skdh), que achou por bem lembrar que ela não é uma “*climate scientist*”, se expressou desta maneira:

[...] a cobertura científica popular das alterações climáticas é extremamente fraca na comunicação dos princípios básicos. Como funciona o sistema climático, como sabemos que as alterações climáticas são provocadas pelo homem, quais são as observações, como as fazemos, como as analisamos etc. [...] acredito (e podem me chamar de ingênua, mas acredito mesmo assim) que muitas pessoas que acabam por negar que as alterações climáticas são provocadas pelo homem simplesmente não compreendem a ciência. E como alguém que tentou entender isso a partir do que encontrei online, não posso culpá-las. Foram necessários vários livros didáticos e um punhado de pacientes cientistas do clima para que eu entendesse o básico, e tenho um doutorado em física [...] então, pelo menos sei o que é um espectro de corpo negro e outras coisas. Em comparação com a ciência climática, a mecânica quântica é uma brincadeira de criança. [...] não totalmente alheia à primeira, a cobertura científica popular da ciência climática muitas vezes minimiza as incertezas. O problema é que as incertezas são muitas vezes substanciais. Você encontrará isso reconhecido na literatura científica. Não tanto na imprensa. É possível que alguns de nós tenhamos sorte e as coisas não fiquem tão ruins quanto o esperado. Também é muito possível que a situação piore consideravelmente [e] mais rapidamente do que as projeções do IPCC fazem suspeitar. (E, de fato, se você observar as tendências recentes, bem, dê uma olhada você mesmo). [...] os aspectos juntos levantam a infeliz impressão de que a mídia está tentando esconder algo, o que é combustível para aqueles que são céticos em relação às informações que já estão sendo apresentadas. Conclusão: pessoalmente, penso que precisamos de uma cobertura mais apolítica da ciência climática. (@skdh, 27 set. 2023, t.n.).

Bem, Hossenfelder deixa claro em seu *tweet* vários pontos bastantes pertinentes para uma exploração epistemológica. Dentre eles, nos parece que o principal tem a ver com um aspecto que já havíamos assinalado: quando se ignora o modo como, tradicionalmente, o conhecimento é produzido, negociado e conservado em comunidades científicas, é praticamente impossível evitar a atribuição de significados pessimistas a situações que pareçam impensáveis ou inesperadas. E acrescenta-se aqui o fato de que fenômenos socioambientais, por envolverem processos de interação complexa, fatalmente só podem ser descritos dentro de margens probabilísticas – detalhe que, internamente, aumenta as chances de discordância entre pesquisas, e que, externamente, constitui informação que passa despercebida do grande público.

Voltando à Declaração mencionada há pouco, ela foi uma iniciativa de uma Fundação chamada “*Climate Intelligence*”. Criada em 2019 por um geofísico, Guus Berkhout, a “CLINTEL” se apresenta como uma instituição “independente”, avaliando os modelos e relatórios sobre mudanças climáticas. Em seu site oficial (<https://clintel.org/>) acessa-se um grande número de “*posts*” e “*interviews*” com cientistas que, sem exceção, discordam dos relatórios do IPCC (Lewis, 2023). O interessante é que as manifestações da Fundação podem ser consideradas bastante prudentes a princípio – como se lê nessa passagem transcrita na já mencionada revista *Contracultura*:

A ciência do clima deve ser menos política, enquanto as políticas climáticas devem ser mais científicas. Os cientistas deveriam abordar abertamente as incertezas e os exageros nas suas previsões do aquecimento global, enquanto os políticos deveriam contabilizar desapaixonadamente os custos reais e os benefícios imaginados das suas medidas políticas. (Climate Intelligence Foundation *apud* *Contracultura*, 2023, t. n.).

Vemos uma preconização comum nas colocações da Fundação e da física austríaca: que a “política”, para o bem de uma análise mais cautelosa, se retire dos âmbitos da produção e da comunicação das informações científicas. Entretanto, precisamos considerar que a ideia de política presente aqui é aquela que, sem compromisso de lealdade com o mundo do trabalho científico, pode realmente fazer com que imperem interesses e inclinações na hora de interpretar as informações. Mas esse será também o caso quando forem os trabalhadores da ciência os que possuam alguma afinidade política?

Essa questão será abordada a seguir, quando apresentarmos duas teses antagônicas sustentadas por reconhecidos estudiosos do clima no Brasil (os pesquisadores Carlos Nobre e Luiz Molion – que, conquanto não sejam “geógrafos” propriamente, assumiremos aqui como

sendo notáveis representantes da comunidade nacional que investiga a dinâmica da atmosfera em interação com a sociedade).

Primeiramente, porém, façamos um balanço dos estudos em ampla escala.

6.2 A diversidade de posicionamentos sobre mudanças climáticas

O embate entre a visão (normalmente “pessimista”) em torno das atividades antropogênicas no meio natural e a visão (“naturalista”) de um aquecimento global decorrente de mecanismos próprios da dinâmica atmosférica, está instalada hoje no campo da Climatologia – um dos setores especializado da GF.

A pesquisa sobre clima, já em uma dimensão de notoriedade pública, tem como marco a criação do Painel da ONU, na década de 1980 – podendo ser considerada uma mudança paradigmática na discussão ambiental. Desde um ponto de vista kuhniano, o IPCC poderia denotar uma resposta institucional às anomalias com que a pesquisa climática vinha se deparando. “Anomalias” que talvez traduzissem o fato dos modelos não estarem contemplando fatores como a exploração desenfreada dos recursos naturais e a negligência em relação aos efeitos sofridos pelo planeta. A metateoria kuhniana, contudo, não teria condições ainda de localizar uma “revolução” científica, e exatamente porque a “crise” climática também significa a ausência de uma total adesão ao que vem relatando o Painel.

Segundo Leite (2015, p. 643), “a climatologia está no centro de um dos debates mais polarizados da atualidade, apresentado como confronto entre os defensores da existência de um aquecimento global antropogênico e aqueles que rejeitam sua existência”. E a peça-chave dessa discussão é o Painel, por ser tanto um órgão científico, quanto político: ele busca contribuir para o conhecimento sobre clima e mudanças climáticas, congregando pesquisas da comunidade científica de várias partes do mundo.

Desde a sua fundação, seis relatórios foram divulgados (1990, 1995, 2001, 2007, 2014 e 2022), sendo resultado da colaboração entre três frentes de estudos especiais – sobre a base física; sobre o impacto, a adaptação e a vulnerabilidade; e sobre a mitigação da mudança climática:

O debate surge aí mesclado com a discussão política sobre as respostas adequadas ao aquecimento global. Mas, rechaçados nesse terreno, os negacionistas transpõem o

debate para a mídia, onde mobilizam a pseudociência para deslegitimar as conclusões das disciplinas científicas ligadas ao entendimento do clima [...] A climatologia revela-se, então, um campo exemplar para o estudo da inserção histórico-social do conhecimento científico e das tensões e trajetórias conflitivas no seu interior, dos dilemas éticos que coloca e das possibilidades universalistas do conhecimento científico na era da tecnociência. (Leite, 2015, p. 643).

O que parecia ser apenas um assunto científico – a discussão ponderada sobre se a sociedade catalisa o aquecimento global, ou se este é um fenômeno estritamente natural – ultrapassou o âmbito acadêmico, mesclando-se a um viés político que deseja pautar o debate público: quais devem ser as atitudes da sociedade diante do acontecimento? No entanto, é preciso discernir com cuidado os grupos que se mobilizam nesse debate, ou que pretendem arbitra-lo:

[...] importante distinguir o que são posições e controvérsias científicas [...] e o que são disputas políticas e ideológicas apresentadas como científicas mesmo sem respaldo dos cientistas da área, com a mobilização da pseudociência para deslegitimar as conclusões das disciplinas envolvidas no tema. (Leite, 2015, p. 643-644).

Desde os anos 1950, a cada década, a suposição geral de um impacto em larga escala causado pela sociedade vai se constituindo e fortalecendo. E isso concomitantemente à aceitação das teorias do geofísico e climatologista sérvio Milutin Milankovic²⁷ acerca das oscilações da órbita do planeta, que seriam responsáveis pelas eras glaciais – comprovadas, afinal, pelos estudos da paleoclimatologia. O termo propriamente “aquecimento global” (ou *global warming*) é usado pela primeira vez pelo geofísico americano Wallace Broecker (1975), e avalizado depois pelo Relatório Charney sobre as relações entre o clima e o dióxido de carbono (Leite, 2015). Dentre os episódios de revisão de alegações, estaria o do já citado Reid Bryson, que defendera antes uma explicação distinta: a de que o planeta resfriaria com a emissão de aerossóis na atmosfera. Entretanto, o pesquisador viria a admitir que, na verdade, o planeta estava rumando a um aquecimento²⁸. Leite (2015, p. 654) diz que:

²⁷ A teoria foi proposta em 1930, mas comprovada apenas após a morte do geofísico. Na questão, a hipótese de que a quantidade de radiação solar emitida ao planeta variava dependendo de seus ciclos orbitais foi aceita. Tais variações da teoria orbital seriam as responsáveis pelos períodos glaciais e interglaciais. Nas palavras de Oliveira *et al.* (2017, p. 155), “a variação da radiação solar incidente na atmosfera terrestre ocorre não somente devido às variações das atividades solares, mas também devido às mudanças orbitais da Terra, as quais determinam influências de curto e longo prazo no clima, cuja magnitude é de ordem bastante superior às causadas pelas variações das emissões solares”. Os seus parâmetros dizem respeito ao eixo de inclinação da Terra e à distância dessa com o Sol (a órbita ora elíptica, ora circular comporta-se dentro de ciclos de 100.000 anos).

²⁸ Com duas teorias diametralmente opostas, esse é o único consenso entre elas. A partir daí, porém, cada teoria irá defender duas origens diferentes para o mesmo evento. **Evento:** aquecimento global. **Origem a)** ações humanas que agravam os efeitos. **Origem b)** ações naturais, decorrentes de uma dinâmica exclusivamente das interações

O aquecimento global antropogênico se tornou, não em função de uma revolução científica, mas por um lento acúmulo de evidências decorrentes de novos métodos, instrumentos e pesquisas, desenvolvidos depois dos anos 1950, o paradigma hegemônico na comunidade dos cientistas do clima, a referência da ciência física a partir da qual a ciência comum no campo do clima passava a ser feita.

Desde uma mirada epistemológica, quando esse mesmo autor diz que “a produção de evidências que confirmavam isso [a causa antropogênica] era cada vez mais compartilhada por pesquisadores de distintos países” (Leite, 2015, p. 654), trata-se de uma corroboração da ideia kuhniana de que constatações podem ocorrer simultânea e independentemente em vários lugares. Os pesquisadores apenas precisam considerar as evidências já confirmadas antes. Sendo comum às várias pesquisas o contexto histórico-social, e sendo admitidos por todas elas os procedimentos gerais de resolução, isso pode suscitar descobertas simultâneas, mutuamente confirmadoras.

O IPCC, hoje, é um importante e consolidado órgão governamental de discussão sobre mudanças climáticas, mas o seu surgimento vem de uma série de acontecimentos desde a década 1970. Leite (2015) traça uma linha do tempo esclarecedora (do primeiro marco até a criação do Painel): (i) realização da Primeira Conferência Climática Mundial (em Genebra, no ano de 1979), resultando em um Programa Climático Global, promotor de diversos debates; (ii) realização de vários seminários organizados por três instituições (a WMO, Organização Meteorológica Mundial, o PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio-Ambiente, e a ICSU, União Internacional dos Conselhos Científicos – nos anos de 1980, 1983 e 1985 –, sendo que no terceiro encontro decretou-se o consenso da causa antropogênica por trás da emissão de gases de efeito estufa (GEE), bem como a concordância de que os governos mundiais deveriam tomar providências a respeito do problema); (iii) criação, em 1986, do Comitê Consultivo sobre os Gases de Efeito Estufa (o AGGG), o qual, no ano seguinte, organizou dois seminários enfatizando as iniciativas ou compromissos assumidos pelos governos internacionais; e (iv) ocorrência da Conferência de Toronto, em 1988, promovida pela WMO e agências governamentais estadunidenses, cujo resultado veio a ser, precisamente, a proposta de criação do IPCC.

O caráter híbrido (político e científico) desse Painel Governamental resultou do contexto geral das discussões que foram acontecendo. A frente científica é configurada pela comunidade de experts, que há muito já protagonizava as discussões sobre o tema; a frente política

dos fenômenos da natureza que alternadamente equilibram a Terra entre períodos mais quentes e períodos mais frios, sem dependerem (para ocorrer) da presença da espécie humana.

caracteriza-se pela presumida preocupação dos governos de que os cientistas possuam autonomia diante das questões – que envolvem, além do aquecimento, problemas agrícolas, de energia etc. Nessa lógica pactuada, o Painel passa a divulgar, de tempos em tempos, relatórios sobre a situação atual das mudanças climáticas – seu estado e as consequências projetadas, e dividindo-se nas três frentes de trabalho citadas antes.

Com a presidência do meteorologista sueco Bert Bolin, entre 1988 e 1997, os relatórios e pesquisas foram se robustecendo e a relevância internacional do IPCC aumentou; haja vista a adesão de cada vez mais pesquisadores, e de várias nacionalidades. “O aumento da visibilidade da climatologia, ajudou a ampliar as pesquisas na área, os recursos disponíveis, o prestígio e reconhecimento social dos cientistas envolvidos” (Leite, 2015, p. 657).

Mas centrando atenção no paradigma do aquecimento global antropogênico, ele foi confirmado internamente ao Painel. Aqueles que se opuseram ao projeto internacional e/ou criticaram os dados relatados, passaram a denunciar o paradigma “do lado de fora”, mas levando o debate para a mídia. Nesse sentido, pode-se supor que o holofote sobre o tema acabou sendo propiciado também pelas reações à iniciativa do IPCC; não apenas por sua própria atuação. Isso quer dizer que, para além da multiplicação das pesquisas, os “limites” da ciência do clima foram explorados igualmente. E, de certo modo, os pioneiros em propor evidências a favor do paradigma antropogênico acabaram tornando-se, involuntariamente, representantes de algo que pareceu ser “hegemônico”. Isto é, a atenção midiática conquistada pelos críticos (dentre os quais, provavelmente, alguns tinham posturas diretamente negacionistas) colaborou à imagem simplificada de dois lados (Santini; Barros, 2022).

A comunidade científica do clima, por consequência, passa a ser uma parte da ciência que se encontra no centro dos cenários político e midiático internacionais, visto que o IPCC, devido ao seu papel e relevância, direciona-a para isso. E a atenção jornalística volta-se para os avanços, os impasses, as discussões – enfim, tudo o que uma comunidade científica, naturalmente, enfrenta em seu processo de funcionamento. O seu foco principal é desenvolver e discutir o paradigma vigente do aquecimento global, mas também alertar e mobilizar atitudes dentro da sociedade, que promovam a limitação das emissões de GEE. A ciência possui uma tradição, um compromisso com normas que a moldam; entretanto, essa estrutura organizada pode ser afetada por posições políticas que tendem a direcionar esforços e pesquisas para um viés específico.

Como mencionado antes, a extensa pesquisa de Naomi Oreskes (2004) apontou uma unanimidade em torno do paradigma antropogênico, analisando centenas de publicações científicas. Nove anos depois, John Cook e colaboradores (2013) refazem a análise (agora com mais de onze mil artigos) e concluem que apenas 1,9% das publicações apontavam contrariedade ao paradigma. Isso, então, indicaria que o impasse está superado. E que o debate (normal, científico) deveria focalizar agora a qualidade e a contundência dos dados de evidência. Contudo, a oposição negacionista pauta-se apenas na discordância, e aparentemente, no objetivo de retardar a discussão e o avanço das pesquisas sobre mudanças climáticas.

Leite (2015) ainda comenta como alguns episódios da discussão climática, envolvendo veículos e pessoas conservadoras, indicaram um ataque às pesquisas climatológicas, aos relatórios do IPCC e aos seus autores. Mas isso fez com que o Painel adotasse uma posição muito sólida e transparente em relação aos dados divulgados, a fim de resistir às críticas veiculadas pela mídia. Um estudo realizado de 2007 a 2009 pelo Instituto Reuters, em parceria com a Universidade de Oxford, mostrou que o cenário científico e político anglo-saxão talvez seja bastante particular em relação a outras partes do mundo. E o motivo pode ser a forte presença da produção de gás e carvão. Esse estudo

[...] acompanhou a cobertura das controvérsias sobre o aquecimento global em pelo menos dois jornais de seis países: Estados Unidos, Inglaterra, Brasil, França, Índia e China [...] o chamado ceticismo e o negacionismo quanto à existência do aquecimento global antropogênico são fenômenos essencialmente anglo-saxões, onde ecoam grupos de pressão patrocinados por indústrias solidamente instaladas no poder e respaldadas por partidos políticos conservadores. (Leite, 2015, p. 664).

Essas ações reativas podem ser estratégias pseudocientíficas que possuem o objetivo de inviabilizar o discurso científico, e provocar apenas reações para que o debate perdure e a verificação de fatos não aconteça. Um caso emblemático registrado envolveu a indústria do cigarro, que teve de enfrentar oposições médico-sanitárias ao tabagismo. Pesquisas apontavam alta correlação com o câncer de pulmão. Mas medidas restritivas significava diminuir o lucro da indústria; logo, uma estratégia de descredibilização dos cientistas foi posta em marcha (Marshall, 1987).

A ciência, tendo que lidar com ataques públicos e falta de financiamentos, necessita de uma comunicação com a sociedade da forma mais transparente possível. Mas é discutível se as corporações possuem interesse em ter instituições científicas fortes. A comunidade de cientistas do clima, em especial, parece enfrentar mais adversários públicos que “rivais” (digamos assim) internos. Pois dentro da academia o conflito faz parte da dinâmica intelectual. Qualquer novo

evento meteorológico traz à tona a questão dos fatores causais preponderantes. São, mais uma vez, as “mudanças climáticas”? A prática científica climatológica atual baseia-se em análises matemáticas e teorizações de contexto condicionados (de curto a longo período) – o que dificulta a compreensão precisamente empírica dos fenômenos, dado que a magnitude dos dados computados pode denotar eventos apenas episódicos. O impasse da ciência do clima reside, por isso, em ponderar as conclusões. Discernir o que é individual do que é generalizável. Porém, até que ponto é prático romper com a tradição da abordagem probabilístico-estatística, a fim de favorecer o suposto esclarecimento de manifestações climáticas em escala mais local? (Gramelsberger; Feichter, 2011). Isso não significaria o risco de obscurecer a visão do panorama, negligenciando a compreensão de um mecanismo global que está em marcha?

Explorando a complexidade do tema, em *Mudanças climáticas globais: controvérsias, participação brasileira e desafios à ciência*, Francisco Mendonça (2021), célebre pesquisador brasileiro alinhado com o campo da Climatologia Geográfica, comenta as distintas visões que configuram o cenário de divergências: catastrofistas, céticas (ou negacionistas) e críticas. Entre elas haveria um diferente entendimento sobre o quanto as ações humanas (manifestas na industrialização e no desmatamento, por exemplo) respondem pelas mudanças climáticas. Por exemplo, aqueles que adotam uma posição cética enfatizam que as emissões de GEE são, na verdade, favoráveis à vida no planeta; e acreditam que as mudanças climáticas

[...] são comandadas por fluxos de energia da interação entre a Terra, o Sol e o espaço sideral [...] [e que] a história natural é prodiga em mostrar que as mudanças da Natureza e, portanto, dos climas, são processos naturais e dependentes de forças externas e internas do planeta Terra. (Mendonça, 2021, p. 14).

Mas o autor é um dos que entende ser catastrofista o estilo de pensamento predominante. Justificado por uma série de episódios no século XX, e que culminariam na criação do IPCC, esse paradigma foi o que mais se firmou no debate internacional, argumentando que “o futuro será cada vez mais marcado por catástrofes naturais, empobrecimento da biodiversidade, dificuldades à vida humana e à sociedade” (Mendonça, 2021, p. 15). Relativamente enquadrados nessa visão pessimista, os relatórios do Painel apontariam sensíveis alterações ambientais: processo de aquecimento não uniforme (com prováveis variabilidades regionais, interanuais e decenais), intensificação da diferença pluviométrica já hoje existente entre as regiões do planeta e mudança na circulação oceânica devido ao acúmulo de calor nas águas (superficiais e subsuperficiais) – gerando, com isso, uma maior ocorrência de tempestades (IPCC, 2014).

Por sua vez, uma versão mais veemente do ceticismo se confunde com um olhar negacionista; e critica duramente a base metodológica dos modelos, a interpretação dos dados matemático-estatísticos e a postura denunciadora do IPCC. Para o negacionismo mais extremo, o Painel seria politicamente tendencioso, se valendo do discurso das mudanças climáticas para dar continuidade a processos de dominação e exploração político-econômica em escala internacional.

É importante observar que quando olhamos para a argumentação dos céticos vemos que estes estão mais empenhados em apontar incertezas no que diz respeito à influência humana no clima global do que em argumentar em favor de uma teoria competitiva. Além disso, céticos estão em geral mais engajados com o grande público do que com a comunidade de especialistas. Em sua versão mais hostil, céticos simplesmente se detêm a atacar o consenso científico [...] insinuando que existe uma conspiração política pró aquecimento global. (Junges; Massoni, 2018, p. 481).

E ao lado das visões (que podem ser partilhadas, inclusive, dentro da comunidade científica), há o espectro político e o papel dos países diante dos cenários socioeconômicos. O clima, com o tempo, teria deixado de ser um fenômeno natural, componente energético das paisagens, passando a figurar como um tema ecológico-político. Uma das razões é que, para além da esfera dos interesses intelectuais de explicação dos fenômenos, as mudanças climáticas ganham relevância por apontarem também uma possível intensificação de conflitos.

Condições climáticas que se afastam de situações medianas ou habituais sempre apresentaram desafios aos grupos humanos. Com o avançar da técnica e da tecnologia esta relação tendeu a arrefecer-se, mas revelou ao mesmo tempo uma cada vez maior segregação socioespacial eivada de injustiça social para a maioria das populações humanas. (Mendonça, 2021, p. 5).

O autor sustenta a ideia de que há uma relação entre as condições socioeconômicas da população e os efeitos a que ela poderá ser submetida em virtude das alterações e desequilíbrios ambientais – ainda que estes se deem em escalas locais. Segundo Mendonça (2021), instituições especializadas e pesquisas associadas ao IPCC concordam no prognóstico de um cenário climático futuro em que três fatores tenderão a se agravar: 1º) aumento da temperatura média (de 1,5°C a 4,5°C), quando uma das consequências estimadas é o derretimento das capas de gelo do Ártico, no verão; 2º) maior discrepância entre regiões úmidas e secas, acentuando-se a pluviosidade e a estiagem em distintos locais; e 3º) aumento de desastres naturais, tais como tempestades e furacões. Contudo, o autor é reticente quanto ao discurso imperativo das mudanças climáticas.

Alinhando-se ao que entende ser uma visão “crítica”, Mendonça (2021) pensa que os prognósticos devem ser questionados em sua confiabilidade; sobretudo, em virtude da interação complexa entre tempo (tanto meteorológico, quanto cronológico) e espaço (geográfico). É que a ciência talvez ainda não tenha ferramentas para construir cenários que, a rigor, transitam entre temporalidades diferentes; por isso, haveria “questionamentos em aberto” (pequenas falhas dos modelos). Assim, a postura que o autor parece recomendar é a de um “incessante questionamento da realidade como condição ao avanço do conhecimento científico” (Mendonça, 2021, p. 12- 13).

Bem, esse gênero de posicionamento exprime uma epistemologia de tipo kuhniana, dada a noção (possivelmente inconsciente) de que anomalias, falhas explicativas fazem parte do ritmo evolutivo da ciência. Segundo Kuhn (1998), mudanças de direção são comuns no desenvolvimento da ciência normal; e tais mudanças podem se dever a impasses não resolvidos de imediato – sendo estes tanto experimentais, quanto teóricos. Em princípio, os obstáculos poderão ser solucionados com o tempo, sobretudo se o campo científico for suficientemente maduro; entretanto, caso isso não aconteça, e os questionamentos abertos perdurem, a comunidade tenderá a experimentar uma crise (Kuhn, 1998).

Já pela interpretação lakatosiana, poderíamos ressignificar essa ideia e dizer que tais teorias (ou melhor, programas de pesquisa), serão apontadas como progressivas ou regressivas. Sendo assim, a ideia de ciência madura aqui está equivalente a um desenvolvimento positivo do programa. A abordagem crítica trazida por Mendonça alerta sobre os impasses na modelagem quanto aos cenários climáticos projetados. Se a abordagem catastrofista não souber lidar com isso (seja sustentando sua argumentação através de mais evidências, seja desenvolvendo melhor os modelos), ela caminhará para um estágio regressivo de pesquisa. E apesar de ser tolerante a uma condição de coexistência de programas, Lakatos possivelmente interpretaria isso como o fim de ciclo de um dos programas.

Alguns fenômenos que dizem respeito a um aquecimento global já seriam observáveis, como o derretimento de geleiras e o aumento no nível do mar – sendo que um dos catalisadores desse aquecimento pode ser o avanço da urbanização. Ilustrando uma postura balanceada (não cética, mas nem por isso catastrofista) José Marengo, do INPE, esclarece que os modelos na área são representações da Terra (ou de suas parcelas) que objetivam apresentar cenários de mudanças dos fenômenos climáticos, mas cada modelo traz junto de si uma porcentagem de

erro (Marengo, 2007)²⁹. De fato, nas últimas décadas o planeta presenciou enchentes, ondas de calor, furacões etc. Mas seria questionável se tais ocorrências (que chamam a atenção por sua eventual magnitude) corresponderiam satisfatoriamente ao tipo de mudança climática sugerido pelos modelos globais do IPCC. Ou seja, elas também poderiam ser atribuídas à variabilidade natural do clima; e não exclusivamente às alterações no uso da terra (por desmatamento e urbanização) ou ao aumento da concentração de aerossóis e de GEE na atmosfera – fatores estes que podem mesmo fazer pensar em uma perturbação humana do ritmo natural.

Marengo (2007) enfatiza a existência de um processo natural no planeta, que se caracteriza pela alternância de resfriamento e aquecimento. Além do mais, o efeito estufa deriva, originalmente, de processos geológicos que resultaram em grandes quantidades de gases seus formadores. Por outro lado,

[...] a atividade industrial está afetando o clima terrestre na sua variação natural, o que sugere que a atividade humana é um fator determinante no aquecimento. Desde 1750, nos primórdios da Revolução Industrial, a concentração atmosférica de carbono – o gás que impede que o calor do Sol se dissipe nas camadas mais altas da atmosfera e se perca no espaço – aumentou 31%, e mais da metade desse crescimento ocorreu de cinquenta anos para cá. (Marengo, 2007, p. 55-56).

De fato, pesquisas com foco na temperatura dos últimos mil anos apresentam uma ponderação de que o aumento desse fenômeno não seja apenas “natural”, especialmente considerando as incertezas inerentes aos registros paleoclimáticos. Com amostras de gelo da Antártica, observou-se que as emissões de carbono são maiores hoje do que em períodos precedentes (de 400 mil a 20 milhões de anos), tendo a temperatura aumentado significativamente no século passado – e continuando a aumentar no tempo presente. A propósito, o “IPCC-TAR”, um relatório do IPCC focado na influência do ser humano no clima, saído em 2001, mostrava que as variações ocorridas dificilmente seriam ocasionadas apenas pela variabilidade interna; ou seja, era de se duvidar de uma “capacidade do clima de produzir variações de considerável magnitude em longo prazo sem forçamentos externos” (Marengo, 2007, p. 26). “Avaliações baseadas em princípios físicos indicam que o forçamento natural não

²⁹ O (não) posicionamento de Marengo acerca das argumentações que giram em torno do aquecimento global remete à pesquisa elaborada por Adriano Figueiró em 2011. No caso, o geógrafo concentrou-se em uma análise espaço-temporal de pesquisas climatológicas na esperança de identificar as influências paradigmáticas em cada uma delas. Mas o resultado, entretanto, não foi satisfatório: uma das conclusões, além do fato dos paradigmas se alternarem nos holotes acadêmicos, foi a de que em algumas publicações, não foi sequer possível identificar a diretriz paradigmática do autor. Ou seja, ele não teve como apontar para qual paradigma aqueles autores tendiam. E essa não adoção de paradigmas parece se manifestar aqui também com Marengo (2007) – por mais que seu texto exponha a discussão, com argumentações, teorias e dados.

pode isoladamente explicar a mudança observada do clima na estrutura vertical da temperatura na atmosfera” (Marengo, 2007, p. 26).

O autor enfatiza a natureza teórica das abordagens, mas, na realidade, toda projeção, até que possa ser comprovada (décadas depois, digamos), invariavelmente opera com o fator teórico. Marengo (2007) sintetiza vários modelos de desmatamento amazônico desde os anos 1980, cujas projeções sugeriam aquecimento e baixo índice pluviométrico na região. Essas simulações eram do tipo *super ensemble*, já que acoplavam diversos modelos e parâmetros iniciais diferentes, traçando um maior espaço possível de previsões. A respeito das consequências dos acontecimentos climáticos há pesquisas sobre o impacto na biodiversidade e, por efeito, nas cadeias alimentares em mar e terra; mas elas não são expressivas quantitativamente para o cenário brasileiro. Mais fartos são os estudos sobre extinção de algumas espécies (ou a não adaptação de outras) para o hemisfério Norte e setores da América tropical, diante das novas realidades simuladas (Marengo, 2007).

Através dos três autores mencionados nas últimas páginas – Marengo (2007), Leite (2015) e Mendonça (2021) – quisemos traçar um panorama não só geral, mas nacional, sobre o entendimento do que significam as variações climáticas e os impactos que elas podem ter. Verificam-se matizes ou tendências distintas e até divergentes. O intrigante é que essas posições todas costumam ser concebidas no meio acadêmico-científico; e consideravelmente bem defendidas, a partir de dados relevantes e argumentações coerentes. Definir a posição “mais correta” ou o “meio termo” entre elas não é tarefa simples.

A fim de frisar com mais detalhes os pontos que indicam, a nosso juízo, a manifestação de uma “disputa interna à comunidade” (ressaltando-se, então, a natural ocorrência de controvérsias e desacordos), procuraremos a seguir demonstrá-la mediante o posicionamento de dois autores reconhecidos na cena dos estudos do clima. Além disso, mostraremos como os PPCs lakatosianos são propícios para interpretar o contexto de debates. Se com a metateoria kuhniana não chega a ser possível explicarmos, a contento, por que não teria ainda ocorrido um movimento revolucionário, com a abordagem de Lakatos constatamos que o embate de visões, além de normal, é enriquecedor para a dinâmica da comunidade de especialistas.

6.2.1 Tese I: Saliência aos fatores “antropogênicos” do aquecimento global

Na visão antropogênica discutem-se as contribuições humanas no agravamento das emissões de gases do efeito estufa (GEE), bem como os resultados de modelagens computacionais que simulam cenários. O pesquisador Carlos Afonso Nobre, Doutor em Meteorologia pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (o MIT) e, por vários anos, Chefe do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (o CPTEC-INPE) ganhou visibilidade na mídia por seu envolvimento com estudos que dão base àquela visão.

Em *Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país* (2001), o autor comenta que os modelos gerados por computador indicavam aquecimento de 4° a 6°C até o final do século, em algumas partes do país (destaque para a Amazônia). Os estudos ainda eram incertos, contudo, quanto às mudanças na precipitação pluviométrica e a frequência dos extremos climáticos (de severas secas a tempestades com inundações). Estas alterações seriam ainda apenas conjecturas de impacto (seja em ecossistemas, seja em atividades agrícolas), condicionadas às escalas interanual e interdecadal. De todo modo, no caso da Amazônia, dizia-se:

[...] se houver redução de precipitações induzidas pelas mudanças climáticas globais, estas se somam às reduções previstas como resposta ao desmatamento, aumentando sobremaneira a susceptibilidade dos ecossistemas amazônicos ao fogo e causando a redução das espécies menos tolerantes à seca. (Nobre, 2001, p. 254-255).

O discurso do autor, em tom de gravidade, era o de que qualquer ação para solucionar a quantidade de emissões de GEE só ocorreria quando a situação se agravasse e algum evento drástico atingisse principalmente os países desenvolvidos (Nobre, 2001). E fala sobre os cenários de mudanças climáticas para o Brasil, apresentando dois pontos: (1°) considerada a atual emissão de GEE resultante das ações humanas, as mudanças climáticas serão iminentes no próximo século; (2°) haverá uma intensificação no aumento de temperatura, nos padrões de chuva, secas, inundações, geadas etc.

Pesquisas à época “aponta[va]m para uma intensificação da variabilidade climática associada a eventos El Niño/La Niña em função do aumento do efeito estufa” (Nobre, 2001, p. 240). O pequeno aumento na temperatura do ar ao longo do século XX se relacionaria com as interações dos oceanos tropicais com a atmosfera, sendo os fenômenos El Niño (aquecimento anormal) e La Niña (resfriamento anormal) no Oceano Pacífico Equatorial o melhor exemplo. Naquele contexto, o IPCC concluíra um estudo sobre cenários de emissões (ano 2000). Baseado

em onze simulações com modelos climáticos globais (modelos que cobriam o período de 1870 a 2100), o estudo projetava cenários socioeconômicos preocupantes se não ocorresse a diminuição das emissões (Nobre, 2001).

A região amazônica é bastante ressaltada no artigo. Ela seria impactada tanto pelo desmatamento quanto pela queda de precipitações resultantes das mudanças que vinham ocorrendo – podendo até ocorrer uma “savanização” em partes da região; ou seja, predominariam espécies de savanas nas bordas sul, leste e norte da Amazônia (espécies justamente mais tolerantes a prolongadas estações secas. Mas para o autor, esse cenário provável de savana, apesar do impacto em algumas espécies, poderia soar “positivo”: para a agricultura tradicional e a pecuária extensiva, por exemplo, uma região tropical úmida, de solos pouco férteis, figura como obstáculo (Nobre, 2001).

Uma fala de Barbosa (2022, p. 31) se associa com as ideias de Nobre, Reid e Veiga (2012) sobre a Amazônia e essa possível savanização, quando o autor fala que se:

A queima de biomassa florestal pode se alterar, os incêndios podem aumentar em frequência e extensão. Esses incêndios, além de causarem perdas florestais e afetarem a saúde humana, poderão representar um importante catalisador nas acelerações da migração e mudanças dos ecossistemas.

Simulações que projetavam um cenário de substituição da floresta amazônica por pastagem indicavam um aumento de 1° a 2°C na temperatura. E reunindo esse dado aos de desmatamento, haveria mais chances de incêndios devido à seca e à alta temperatura. Um ponto interessante é que

[...] para a Amazônia os aumentos projetados de temperatura atuariam como feedback positivo e aumentariam a susceptibilidade dos ecossistemas amazônicos às mudanças climáticas globais devido ao aumento do efeito estufa e regionais devido ao desmatamento. Entretanto, a incerteza sobre como serão as alterações dos regimes de precipitação impede que se avalie se o feedback climático será positivo ou negativo com relação a este parâmetro climático. (Nobre, 2001, p. 255).

As temperaturas projetadas no cenário brasileiro (indo de 1° a 6°C) levariam a um aumento de evaporação, pois quanto maior a temperatura, maior o índice de vapor d’água. Isso resultaria, por exemplo, em menor concentração de água no solo, havendo inviabilidade da atividade agrícola que já é baixa em regiões semiáridas. Mesmo um aumento de 3°C já resultaria nesse cenário negativo. O autor enfatizava ainda haver um estigma no Brasil em torno da pauta das mudanças climáticas, em vista de outros problemas que consumiam (e seguem afligindo) a população – tais como uma série de melhorias que envolvem o combate à pobreza. Daí a

sociedade da época não possuir conhecimentos (nem interesse) sobre a pauta ambiental, mesmo que eles pudessem esclarecer impactos que sua região já vinha sofrendo. O problema é que “são justamente os países em desenvolvimento aqueles mais vulneráveis às mudanças climáticas e ambientais de modo geral e dentro do país serão as populações mais pobres as mais atingidas” (Nobre, 2001, p. 256).

Cerca de uma década anos depois, Carlos Nobre, Julia Reid e Ana Paula S. Veiga (2012) publicam um documento em que é apresentada a fundamentação científica das mudanças climáticas. Considerando ali a ciência como um conhecimento flexível, contínuo, sem verdades absolutas, objetivam responder por que a temperatura estaria aumentando e até onde iria a responsabilidade humana na aparente alteração de processos naturais.

O clima varia naturalmente em todas as escalas temporais e espaciais. Isso pode ser percebido no acompanhamento da variação climática da Terra nos últimos 800 mil anos [...] comprovada a partir do registro deixado pelas bolhas de ar aprisionadas nas geleiras da Antártica. (Nobre; Reid; Veiga, 2012, p. 8).

Nos últimos 400 mil anos, houve quatro ciclos glaciais e interglaciais. Atualmente, encontramos-nos em um pico interglacial em que a temperatura está cerca de 5° C mais alta em relação ao último – cerca de 20 mil anos atrás. Esse processo é natural, porém, o texto sugere que nas últimas décadas algo está acontecendo para contribuir a um aumento de temperatura de quase 0,2°C a cada dez anos. Ou seja, o ritmo estaria irregular se comparado aos ciclos naturais glacial-interglacial (Nobre; Reid; Veiga, 2012).

O sistema Terra (atmosfera–superfície continental–criosfera–oceano) está em um estado de energia mais alto. Haveria que se considerar que “oitenta por cento desse acréscimo de energia [...] vai para o oceano” (Nobre; Reid; Veiga, 2012, p. 11); e que o aumento de CO₂ na atmosfera (um fato consensual) não se deve exclusivamente a processos naturais, como as erupções vulcânicas. Atividades industriais provavelmente têm peso na equação do problema. Isso porque se sabe que o CO₂ dos vulcões reflete radiação – o que apontaria para o inverso de um aquecimento. Logo, é preciso “observar o conjunto”, porque enquanto há forças dinâmicas atuando para o resfriamento da atmosfera, há outras que operam no sentido oposto, do aquecimento – e a resultante observada (foco a merecer a atenção dos pesquisadores) é uma temperatura final em acréscimo (Nobre; Reid; Veiga, 2012).

O vapor d’água acaba sendo também um gás importantíssimo no aquecimento global, mas de forma indireta. Quando a temperatura aumenta, a atmosfera retém mais vapor d’água. A temperatura aumenta porque estamos aumentando a emissão de dióxido de carbono, ozônio troposférico, óxido nitroso, metano etc. E a atmosfera retém mais

vapor d'água, o que origina o efeito estufa adicional. Então, quando tomamos esse cenário no qual dobramos o CO₂, 40% daquele aumento de temperatura – vamos supor 1,5°C ou 2°C – são de vapor d'água que atingiu a atmosfera por causa do aumento original de CO₂. O processo de captura de CO₂ pelas plantas através da fotossíntese e a transformação do CO₂ em biomassa tem um papel importante na mitigação dos impactos causados pelas concentrações crescentes de CO₂ na atmosfera. No entanto, as plantas capturam CO₂ até certo limite. (Nobre; Reid; Veiga, 2012, p. 23).

Contraopondo um pouco a crítica que Molion (1991) fizera aos modelos, os autores, embora entendam que estes incluem incertezas, afirmam que se trata de uma fonte de projeções que, até o momento, é a melhor ferramenta de explicação disponível. E na ausência de outros meios, a hipótese que eles colaboram a verificar deve ser mantida como plausível diante das circunstâncias. Ou seja, os aspectos ou situações eventualmente não cobertas pelo modelo teórico poderiam, em uma linguagem kuhniana, ser consideradas meras anomalias.

Já pela ótica lakatosiana, tal posicionamento de Nobre e colegas (todos argumentando a favor de um catalisador antropogênico) comporia o primeiro programa de pesquisa científico em questões climáticas aqui discutido: o chamaremos de *Tese I* – para a qual o núcleo duro do PPC seria constituído da teoria do ser humano como principal impactante nas mudanças climáticas. Mas se tal núcleo é composto pela teoria de causa antropogênica, quais seriam suas hipóteses auxiliares, ou seja, seu cinturão protetor? Os dados coletados a respeito da correlação entre atividades humanas e agravamento dos fenômenos climáticos.

Pesquisas que revelam o fator antropogênico como causa podem ser interpretados à luz das hipóteses auxiliares – elas rumariam para a preservação da teoria principal. E preservar a teoria principal é buscar eliminar anomalias através da “heurística positiva”; aquela que ajusta as hipóteses secundárias. No caso da *Tese I*, a heurística positiva precisava combater as argumentações midiáticas e políticas que iam contra o núcleo. Quando a comunidade científica mantém dinâmica cooperativa, reunindo, cada vez mais, dados consistentes a respeito de uma teoria, isso resulta na preservação da teoria central, que não pode ser alterada. Mas ainda há a heurística negativa. Como ela se comportaria aqui? Ao verem uma reação negativa por parte dos outros agentes (sociedade, mídia etc.), que buscam deslegitimar os dados empíricos, os pesquisadores precisam escolher continuar na defesa da teoria ou aceitar tais anomalias “invadindo” a pesquisa. Quando eles não aceitam tal situação, a heurística negativa entra em cena: os cientistas optam por continuar sua pesquisa e afastar para o mais longe possível essas manifestações contrárias (pois as heurísticas negativas são tudo aquilo que a teoria não deve seguir).

Ainda sobre a *Tese I*, um importante episódio consolidou mais ainda a heurística positiva, para reajustar as hipóteses guias. Nobre, Reid e Veiga (2012) mencionam um experimento realizado pelo Professor Marcos Buckerbridge, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, em que o pesquisador analisou respostas fisiológicas de plantas em um experimento de simulação de mudanças climáticas. Tais plantas foram expostas a um aumento de concentração de CO₂ dentro de estufa, em quatro níveis de concentração. Foi, deste modo, medida sua assimilação fotossintética. Nesse processo, há um aumento de biomassa gerado pelo acréscimo de matéria orgânica, o que corrobora, então, a hipótese de que a natureza responde positivamente ao aumento de CO₂. O que acontece é que, quando observado em campo, esse aumento de CO₂ é bem menor: “em florestas de latitudes médias [...] [o aumento] corresponde somente a 25% desse valor de laboratório” (Nobre; Reid; Veiga, 2012, p. 24). O raciocínio é que, com o aumento de CO₂, naturalmente, a temperatura tende a aumentar; entretanto, uma vez que as plantas o absorverão mais (crescendo ao transformá-lo em biomassa), o aquecimento atingiria um certo limite apenas. Acontece, porém, que também há um limiar ou ponto ótimo, que, ultrapassado, faz a fotossíntese diminuir – e, por conseguinte, a temperatura poderia continuar em ascensão. Além disso, altas temperaturas, uma vez desencadeando a oxidação da matéria orgânica, gerariam ainda mais CO₂.

Outro impacto mencionado tem a ver com a infecção por malária. “A taxa de reprodução dos mosquitos [gênero *Anopheles*], que influencia a taxa de transmissibilidade da malária, é influenciada pela temperatura” (Nobre; Reid; Veiga, 2012, p. 29). Em algumas regiões, com apenas um pequeno aumento na temperatura global (e fala-se ali em uma temperatura média de 1,6°C), haveria um conseqüente e significativo aumento das infecções. Em um momento da publicação, os autores tocam em um ponto sensível: a relevância ou possível superestimação das projeções do IPCC. De fato, não é possível confirmá-las *a priori* – o que também não quer dizer que as projeções estejam equivocadas. Nobre, Reid e Veiga (2012, p. 25) ponderam que

As projeções do IPCC no relatório de 2007 indicam uma faixa provável de aumento de temperatura de 1,8°C a 4,2°C. É uma faixa muito grande [...] a maioria dos cientistas diria que é bastante improvável que as temperaturas no final deste século estejam fora dessa faixa. Elas vão estar em algum lugar dentro dessa faixa.

Episódio emblemático nesse ano de 2007, e que pôs o IPCC na mira dos críticos, foi o fato de o quarto relatório do Painel ter apontado o total desaparecimento das geleiras do Himalaia até o ano de 2035 – informação que seria em seguida corrigida. Entretanto, aqueles que já estavam inclinados a se posicionarem contra a instituição exploraram o ocorrido para

subsidiar o discurso de repúdio aos modelos climáticos por ela propagandeados. Não enquadrados nesse contingente, os autores o que fazem é enfatizar que é próprio da dinâmica da ciência a refutação de hipóteses e o ajuste das metodologias. O importante, nesse sentido, é que ela conserve esse seu atributo de ser autocorretiva.

[...] o processo de seleção dos autores do IPCC deve ser mais transparente. E principalmente – e é um papel nosso, educacional, dos cientistas, – temos de explicar didaticamente e com critério. O mundo é muito complexo e precisamos traduzir a complexidade de uma forma mais eficiente. Não adianta querer simplificar e levar para o simplismo coisas que são muito complexas. Temos de aprender a traduzir a complexidade para toda a população. (Nobre; Reid; Veiga, 2012, p. 32).

Outra vez vindo à tona um relativo desacordo com a posição cética de Molion (1991), Nobre e colegas (2012) parecem confiar na eficiência dos modelos climáticos – pelo menos na representação de condições pretéritas. Mas isso ajudaria, em todo caso, a projetar estimativas de situações futuras. A modelagem permite representar variações de temperatura, principalmente simulando a incorporação do fator erupções vulcânicas (Nobre; Reid; Veiga 2012).

Barbosa (2022, p. 28) é mais um autor que comenta sobre os fatores antropogênicos interferindo no aquecimento global, ao dizer que

Essas ações refletem no aumento da concentração de gases de efeito estufa e aerossóis na atmosfera, aliadas às profundas alterações no uso da terra, fornecendo fortes evidências de que as mudanças ambientais observadas nos últimos 100 anos são resultantes de uma complexa interrelação entre ações humanas e causas naturais.

O autor ainda enfatiza que “os resultados parciais divulgados nos relatórios do IPCC (2007, 2014) são ainda mais contundentes e não deixam margem para dúvida quanto à contribuição da ação antrópica para o aquecimento global já em curso” (Barbosa, 2022, p. 28).

No trecho “Em nível local, temos uma condição climática especial complexa e evolutiva [...] a interferência humana promoveria várias alterações no ambiente atmosférico dessa escala” (Barbosa, 2022, p. 30) temos uma situação muito interessante para ser comentada. Essa fala de Barbosa (2022) torna-se muito mais relevante, poucos anos depois, quando é lida a confirmação, em novembro de 2023, de que uma região árida fora identificada em território brasileiro.

No caso ocorrido na Bahia, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), detectou

uma região árida no norte do estado baiano, algo que nunca havia sido sinalizado anteriormente. De acordo com Brasil (2023), a

[...] aridez é uma característica do clima que resulta do déficit hídrico gerado pela insuficiência da precipitação média e sua relação com a evapotranspiração potencial numa dada região. A aridez de uma região é caracterizada através do índice de aridez, que é a razão entre a precipitação e a demanda de evaporação da atmosfera. Assim, se o índice for menor do que 1, significa que a demanda atmosférica é maior do que a precipitação, o que ocorre nos climas mais secos como na Caatinga. Quando o índice é maior do que 1, a precipitação é suficiente para suprir toda a demanda de evaporação da atmosfera, o que pode ser constatado no bioma Amazônia.

O estudo identificou que essa tendência para o aumento da aridez encontra-se por quase todo o país, excluindo apenas a região sul e o litoral de Rio de Janeiro e São Paulo. Sobre a situação da Bahia, um estudo de caso feito por Ros (2017) analisou as variações climáticas de Salvador, trabalhando aqui com as classificações de Köppen, Thornthwaite e Matter. Baseando-se no sistema de Köppen, o autor diz que “o Estado da Bahia localiza-se ao sul da região nordeste do Brasil, em uma área de transição entre climas com múltiplas influências atmosféricas [...] é possível identificar no território baiano três tipos de climas principais” (Ros, 2017, p. 42). Sobre esses climas, o geógrafo aponta climas tropicais chuvosos resultantes de região litoral com influência de ventos úmidos, zonas de clima seco de aspectos semiáridos e zonas de clima tropical, principalmente na região da Chapada Diamantina. Na classificação de Köppen, a região do norte da Bahia apresenta, por exemplo, os grupos BSh, BWh e BSw, e eles correspondem a características de clima quente, estações não definidas, temperatura média maior que 18°C, clima árido de caatinga com baixo índice pluviométrico e chuvas de verão com períodos secos bem definidos (Ros, 2017). A conclusão do autor é a de que houve mudanças pluviométricas negativas ao longo dos anos e que o clima do estado veio sendo alterado dentro de seu recorte temporal de 55 anos. Enquanto isso, os resultados divulgados no final de 2023 seriam o indício de uma grande mudança no clima brasileiro. Mais uma comprovação de que mudanças climáticas graves estão de fato acontecendo.

Vários são os estudos de caso na produção científica brasileira abarcando as classificações climáticas em diferentes regiões, como Minas Gerais, sul do Amazonas, Parque Estadual do Mendanha (PEM) e Área de Proteção Ambiental Gericinó-Mendanha (APAGM) e também Paraíba (Francisco *et al.*, 2015; Martins *et al.*, 2018; Silva Filho *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2023).

Como comentamos antes, o debate sobre o tema fez com que a comunidade científica ficasse em maior evidência na cena pública, não só divulgando, mas participando dos episódios

importantes para o rumo da tomada de decisões. Os cientistas engajados nisso – mas lembrando que a vulgarização dos conhecimentos naturalmente tendeu a mesclar a perspectiva científica com visões de política, sociologia e economia – passaram a ter um papel importante no que tange à busca de uma “solução”, ainda que, na prática, isso só tenha redundado em práticas de alerta e/o monitoramento. Sem deixar de ser alvo de críticas e desconfianças, o meteorologista Carlos Nobre é um dos nomes que ganhou holofotes na cena pública brasileira.

6.2.2 Tese II: Ênfase nos fatores “naturais” do aquecimento global

O físico e Doutor em Meteorologia Luiz Carlos Molion representa a parte da comunidade científica que relativiza consideravelmente as afirmações acerca do aquecimento global e as tendências explicativas de viés antropogênico. Molion também foi pesquisador por mais de vinte anos junto ao INPE e está vinculado atualmente ao Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas.

Em *Aquecimento global: uma visão crítica* (2008a), o autor explicitamente questiona a solidez dos argumentos. Os modelos de clima estariam baseados em equações matemáticas que “não representam adequadamente os processos físicos que ocorrem na atmosfera, particularmente o ciclo hidrológico” (Molion, 2008a, p. 7). As simulações não seriam, portanto, confiáveis. Não passando de exercícios acadêmicos, pouco úteis para o planejamento e políticas de bem-estar. Para uma análise lakatosiana, em termos de programa de pesquisa científico para questões climáticas, tal posicionamento será referido como *Tese II*.

Em texto anterior, *Um século e meio de aquecimento global?*, Molion (1995) havia discutido o que insinuou serem “reais razões” da tese do aquecimento global e como os modelos climáticos podiam ser tendenciosos. Mais quais seriam, então, as alternativas aos modelos apresentados? A crítica quanto à eficácia ou consistência dos modelos pode apenas indicar que eles não contemplam aspectos que, epistemologicamente (na visão de Kuhn), configurariam anomalias do paradigma (supondo, é claro, que consideremos os modelos de mudança climática constituintes de um paradigma vigente). De acordo com Kuhn (1998), anomalias são, a princípio, comuns na ciência normal; elas marcam a existência de problemas momentaneamente insolúveis dentro de um paradigma que, apesar disso, não fica comprometido.

De fato, o que Molion (1995) discute não é a existência ou não do fenômeno do aquecimento, mas sim (1) se a sociedade contemporânea seria sua catalisadora, demonstrando poder de influência sobre processos naturais e (2) se a magnitude das consequências aventadas poderia mesmo decorrer do processo de aquecimento.

A atmosfera terrestre é constituída de gases que permitem a passagem da radiação proveniente do Sol, porém absorvem grande parte da radiação infravermelha térmica (calor) que é emitida, em direção ao espaço exterior; pela superfície aquecida. Essa propriedade da atmosfera terrestre é denominada Efeito Estufa e, graças a ele, a temperatura média da superfície do globo é cerca de 15°C. Caso ele não existisse, a temperatura da superfície seria 18°C abaixo de zero, ou seja, o efeito estufa é responsável por um aumento de 33°C. Portanto, o efeito estufa é benéfico para o Planeta, pois gera condições que permitem a existência da vida como se a conhece. (Molion, 1995, p. 45).

Dentre os muitos constituintes na atmosfera estão, por exemplo, o metano (CH₄), o ozônio (O₃), os compostos de clorofluorcarbono (CFC) e o vapor d'água (H₂O). A concentração desse último no espaço é consideravelmente variável, podendo “ocupar até 7% do volume atmosférico sobre regiões úmidas como a Amazônia, enquanto sobre regiões desérticas, como o Saara, por exemplo, apresenta cerca de 1% por volume” (Molion, 1995, p. 45). Como se sabe, também o CO₂ é um gás constituinte importante, correspondendo a 0,035% por volume, com um aumento de 0,4% por ano. O CH₄ também tende a apresentar uma elevação em concentração, sendo ela de 1,0% por ano. Só que, segundo Molion (1995), na realidade, todos os gases estariam aumentando em teor; e o conhecimento atual acerca das relações entre clima e ciclo do carbono, por exemplo, não sustentaria a tese da perturbação do efeito estufa – e, por decorrência, tampouco as conjecturas de intensificação dos desastres climáticos como resposta.

Com esses argumentos, Molion entraria na categoria dos autores que entendem a situação como alarmista – tipo de postura detectado por Marengo (2007) e Mendonça (2021). A *Tese II*, então, defende como núcleo duro do PPC a teoria de que as intensas variações climáticas não são ocasionadas pelo ser humano. Dito isso, enfatizar de forma negativa a emissão de CO₂ é uma heurística negativa que a *Tese II* quer, e precisa, afastar de sua teoria principal, a fim de protegê-la. Assim, Molion busca justificar o aumento de 0,5°C na temperatura como uma variabilidade natural do clima, não necessariamente vinculada a um CO₂ causado pela ação humana. Além disso, haveria de se considerar a condição tendenciosa do método baseado em estações climatológicas. O argumento é que estas, podendo estar situadas em regiões propícias a registrar microclimas distintos, não poderiam fornecer uma representação da grande escala com bom grau de correspondência.

O único fato concreto é que a concentração de gás carbônico aumentou cerca de 25% nos últimos 150 anos. Porém, ainda não existe conhecimento suficiente para estabelecer se o propalado aumento de temperatura, se existiu, tenha sido consequência ou causa do acréscimo de CO₂. (Molion, 1995, p. 52).

E não só essa localização das estações meteorológicas é usada como condicionante da preservação do núcleo, como também a ideia apresentada anteriormente sobre uma falsa percepção de catástrofe climática, tendo em vista os impactos nas edificações construídas e o aumento considerável da urbanização. Quanto mais estruturas potencialmente destrutíveis (por um evento natural), maior a chance de uma interpretação enganosa a respeito das mudanças climáticas. Com isso, há aqui uma hipótese auxiliar identificada. O fator “ser humano” seria uma anomalia, e para justificá-la, basta contornar as hipóteses: a noção de catástrofe seria exagerada. Temos aqui, então, um exemplo de heurística positiva ajustando as hipóteses secundárias para a preservação do núcleo.

Molion (1995) ainda destaca o fato de se ter observado um crescimento da taxa de vapor d’água, entre 20 e 30%, sobre o Pacífico Equatorial nos últimos 30 anos. Essa maior concentração resultaria em um natural aumento de temperatura. Tal gênero de alegação Molion desenvolve ao longo de mais de uma década. O autor, por sinal, tende a replicar os exatos mesmos dados e argumentações. Por exemplo, os textos de Molion de 2008 trazem a discussão sobre o papel antropogênico nas mudanças climáticas e como os modelos climatológicos são insuficientes para confirmá-lo, permanecendo a hipótese como aparentemente relevante apenas no âmbito acadêmico. Pode-se dizer que, enquanto as pesquisas de Nobre foram sendo aperfeiçoadas e, ao longo do tempo, incorporando novos dados esclarecedores, o pensamento de Molion não parece ter-se refinado com a agregação de novas argumentações – tanto é assim que, em 2008 ele replica dados que já havia trazido décadas antes.

De acordo com Molion (2008a), há provas de que no período de 800 a 1200 d.C. a temperatura do planeta era maior do que nos dias atuais. E que “entre 1350 e 1850, o clima se resfriou, chegando a temperaturas de até cerca de 2°C inferiores às de hoje, particularmente na Europa Ocidental” (Molion, 2008a, p. 8). De lá para cá, a temperatura elevou-se lentamente, e o autor não discorda de que houve um notável aquecimento nos últimos 150 anos. Porém, indaga sua causa: seria principalmente antropogênica? Para ele, caso alguma influência humana venha a ser comprovada, ela, ainda assim, seria insignificante diante da dinâmica natural de grande escala – até porque a tendência doravante seria a de um novo resfriamento no planeta.

O Sol emite radiação eletromagnética, sendo uma delas a Radiação de Ondas Curtas (ROC). Molion (2008a, p. 8) esclarece que o albedo planetário

[...] é resultante da variação da cobertura e do tipo de nuvens, da concentração de aerossóis e partículas em suspensão no ar, e das características da cobertura da superfície tais como gelo/neve [...] o albedo planetário controla o fluxo de ROC que entra no sistema terra-atmosfera-oceanos: menor albedo, maior entrada de ROC, aquecimento do sistema terra-atmosfera-oceanos, e vice-versa.

Esse último parágrafo possibilita mais uma leitura lakatosiana sobre a *Tese II*. Mesmo que uma causa antropogênica se confirmasse, para Molion (2008a), ainda assim, a teorização abrigada no núcleo duro do PPC poderia ser salvaguardada: admitimos o fator antropogênico, mas sua participação nas mudanças climáticas é ínfima diante da grande dinâmica do planeta. É a heurística negativa (*fator humano*) se aproximando da teoria central (*aquecimento global*); logo, a heurística positiva (*mas nada se compara à macroescala natural*) quer empurra-la para longe do *hardcore* previsto pela metateoria. É o mais puro argumento lakatosiano nas questões climáticas. E, de fato, as argumentações contra o aquecimento global antropogênico fazem muito uso de dados técnicos, principalmente em relação aos fenômenos astronômicos, como a radiação solar e o albedo planetário.

Assim, diante dos dados expostos acima, o clima da Terra possuiria, portanto, um equilíbrio resultante das radiações de onda curta e longa emitidas. E, dito isso, o “aquecimento global” aconteceria mais por decorrência do albedo planetário e da capacidade de refletância eventualmente menor, conforme o ritmo dinâmico do sistema Terra.

Documentos do IPCC relatam que o gás carbônico seria o principal gás antropogênico, tendo no ano de 2005 a sua maior concentração em mais de 600 mil anos. O motivo, para uma parte da comunidade científica, é a alta emissão pela queima de combustíveis fósseis, mas Molion (2008a, p. 12) se vale de estudos dissidentes para divergir: na verdade, “mais de 97% das emissões de gás carbônico são naturais, provenientes dos oceanos, vegetação e solos, cabendo ao Homem menos de 3% [...] algo em torno de 0,12%”. Aqui, poderíamos presumir que o autor estaria reajustando hipóteses, visando à preservação do núcleo da *Tese II*.

Em uma caracterização que parece conter, nas entrelinhas, uma suspeita de real eficácia, o autor enfatiza que a modelagem se baseia em

[...] programas de computador que utilizam equações ou expressões matemáticas para representar os processos físicos diretos e os de realimentação e/ou interação (“feedback”) entre os diversos componentes do sistema terra-oceano-atmosfera com a finalidade de simular ou avaliar a resposta do sistema climático sob um forçamento radioativo. (Molion, 2008a, p. 16).

Retomando abordagem feita em textos antecedentes, Molion (2008a) critica os modelos de larga escala e suas limitações para representar o clima no que diz respeito à temperatura média global e à diferenciação entre os polos e o equador. Mais uma vez reforça o problema específico com a simulação de nuvens, ao dizer que

[...] seus tipos, formas, constituição e distribuição, tanto em altura como no plano horizontal, e propriedades ópticas [...] são processos físicos mal simulados [...] a temperatura global tende a aumentar principalmente com a presença de nuvens estratiformes (forma de “camadas horizontais”) na alta troposfera. (Molion, 2008a, p. 16).

As nuvens altas são formadas por cristais de gelo e tendem ao aquecimento do planeta por permitir um maior índice de ROC, intensificando o efeito estufa. Enquanto que nuvens baixas são mais densas e possuem o efeito contrário – o resfriamento do planeta e aumento do albedo. Molion (2008a) chama, então, a atenção para o fato de que as nuvens representadas nas simulações são as primeiras. Erro técnico ou proposital? De todo modo, segundo o autor os modelos são grosseiros e não representam corretamente a complexa interação dos processos físicos naturais. Suas projeções resultam de uma consideração superestimada de alguns fatores selecionados, os quais os analistas constatariam não possuir real peso determinante se passassem a abarcar outras informações importantes – por exemplo, o fato de que parte do aquecimento terrestre pode ser uma resposta à frequência do El Niño (fenômeno que provoca alterações em temperatura à baixa troposfera).

O problema é que essa negligência estaria na base do pensamento “hegemônico”. Inclusive, segundo o autor, a presumida “comprovação” de algumas situações sugeridas pela comunidade de cientistas do clima, poderia ser não mais do que uma coincidência entre os modelos e o observado na natureza.

[...] a aparente consistência entre os registros históricos e as previsões dos modelos não significa que o aquecimento esteja ocorrendo. Na realidade, as características desses registros históricos conflitam com a hipótese do efeito estufa intensificado. O Planeta se aqueceu mais rapidamente entre 1925-1946, quando a quantidade de CO₂ lançada na atmosfera era inferior a 10% da atual, e se resfriou entre 1947-1976, quando ocorreu o desenvolvimento econômico acelerado após a Segunda Guerra Mundial. (Molion, 2008a, p. 20).

6.2.3 Balanço do antagonismo

Apesar da discordância sobre um ponto central, há conciliações em se tratando dos dados que contam já com boa base de evidência – como, por exemplo, o aumento das emissões de CO₂, a alternância dos períodos glaciais e interglaciais e os fenômenos do El Niño e La Niña, provocadores de uma forte variabilidade.

A disjunção das visões reside em que elas defendem sua própria definição sobre o papel das atividades humanas diante dos processos naturais. As modelagens, apesar de algumas falhas e limites, mantêm-se como o principal método de avaliação e projeção de cenários climáticos; e toda discordância quanto ao que elas sugerem precisa, conforme protocolos tradicionais da ciência, apresentar metodologias alternativas com poder de substituição.

Alegar que o Painel da ONU é “hegemônico” soa intimidador, quando, na verdade, pode tratar-se apenas de uma convergência de percepções bem fundamentadas em expedientes criteriosos. Se pudermos reconhecer isso – sem apelos passionais a alguma razão conspiratória –, a promoção de discussões abertas sobre o impacto das atividades humanas no meio natural fica garantida. O contrário disso (algum estilo de posicionamento obsessivamente contrário à dinâmica de balancear evidências e refutações) pode ativar discursos reacionários que se agarram a sistemas explicativos que são pouco eficientes em termos de avanço da compreensão.

Apesar do antagonismo entre as teses apresentadas, a questão, por exemplo, dos períodos glaciais e interglaciais que o planeta tem experimentado em sua história natural não chega a constituir um dissenso entre ambas. Ou seja, nem mesmo aqueles que se alinham com a perspectiva antropogênica do aquecimento global o descartam; porém, observam que, nos vários períodos de oscilação entre aquecimento e resfriamento, o planeta estaria gradualmente aumentando sua temperatura. Por sua vez, a parte da comunidade científica que nega a preponderância de fatores antropogênicos também aceita o aquecimento do planeta e o papel do efeito estufa, mas entendendo que se trata de um processo predominantemente natural – e que, por isso, ocorreria com ou sem a interferência humana.

Cada posicionamento desenvolve um estilo de argumentação para defender sua hipótese preferencial. E o faz dentro do que lhe é permitido (recorrendo a dados e instrumentos). Enquanto o meio tecnológico não se aprimora, diluindo os impasses prevaletentes (o item da representação de nuvens, por exemplo), a modelagem segue sendo a maneira mais eficaz de se avaliar os cenários futuros ou, ao menos, de se chegar perto de uma compreensão realística.

Apenas o tempo irá confirmar se as projeções estavam certas. Mas, por ora, as evidências parecem dizer que sim.

Diante de tudo o que foi exposto até aqui, onde se encaixaria aquele estilo de posicionamento (crítico, mas ponderado) que vimos antes em autores como Marengo (2007) e Mendonça (2021)? Ora, como uma possível “*Tese III*”. Porém, como a postura crítica parece estar, digamos, no fogo-cruzado do debate, suas argumentações surgem como forma de amenizar o embate. Os dados, as técnicas, as teorias, precisam ser questionadas e os resultados não podem ser interpretados de forma radical. Seu núcleo firme, então, poderia ser a própria característica crítica: o questionamento dos resultados diante de uma complexa interação natural comporia o núcleo. O cinturão protetor concentraria, a princípio, quaisquer das hipóteses apresentadas (tanto pró, quanto contra a antropogenia), bastando que se verificasse o compromisso de buscar “falseá-las” (usando o termo Popperiano).

Se nem mesmo Lakatos enxerga tais conflitos entre programas de pesquisa como um problema, o cientista, que está de fato imerso em suas teorias, tampouco deveria fazê-lo. Pois é justamente essa discussão que dinamiza o fazer ciência. Ambas as *Teses* encerram boas argumentações, e a metateoria dos PPCs lakatosiano s mostrou-se, a nosso juízo, bastante eficaz para elucidar os pontos de cada uma.

O objetivo era justamente este: esclarecer (no sentido de “lançar luz”, por uma via epistemológica) o debate.

O fato mesmo de que as questões climáticas estão na fronteira entre o científico e o não-científico – isto é, bastante inseridas na mídia, entre o grande público, para além dos laboratórios, dos bancos de dados e das instituições técnico-científicas ligadas ao campo climatológico – é motivo mais do que suficiente para atrair um olhar metateórico.

6.3 Por uma educação (meta)científica que esclareça a “diversidade”

Depois de tudo o que vimos dizendo, é bastante possível que o leitor tenha se feito uma pergunta: como termos certeza de que os partidários da “tese 2” (do aquecimento não-antropogênico, e provavelmente minoritária) merecem ser entendidos como integrantes da comunidade científica? Ou, em outras palavras, sua discrepância interpretativa estaria efetivamente baseada nos protocolos convencionais das ciências do clima? As conclusões são

plausíveis, mesmo cumpridos os procedimentos técnicos? Ou a divergência poderia advir de concepções e ideologias concebidas “desde fora” do âmbito científico?

Trata-se aqui de um assunto que não priorizamos na Dissertação, mas que encerra um debate que, a nosso juízo, deveria ser focalizado nas várias instâncias onde se dá a comunicação da ciência – no âmbito da formação escolar e nos atuais espaços de opinião pública.

Seria fundamental que o corrente ensino de ciência incorporasse também, nos programas, conteúdos de natureza epistemológica; ou seja, que se falasse “sobre” ciência – indo além dos fenômenos que ela investiga (por exemplo, a dinâmica atmosférica). E, no caso aqui sublinhado, seria útil incorporar os temas: (i) os protocolos da ciência e (ii) o imaginário que o grande público desenvolve em torno dela.

Se ao público leigo é “autorizado” que ignore esses protocolos (porque simplesmente os desconhece), o mesmo não é válido para o círculo de experts. O problema é que quando os assuntos são popularizados pelo universo midiático, a despeito de ser positivo o trabalho de vulgarização, o debate acaba perdendo âncoras técnicas e ganha o campo da especulação livre (quando imaginários espúrios podem se proliferar e ganhar adesão).

Diante dessa preocupação em como a sociedade pode adquirir um conhecimento qualificado suficiente para entender o funcionamento dos procedimentos científicos, o artigo *Negacionismo científico e propagação de notícias falsas ligadas a ciências: precisamos falar sobre isso na escola*, de Carise M. Angelo (2023) é uma ótima forma de abordar o tema e dialoga com esta Dissertação quanto à credibilidade científica posta à prova e a disseminação inconsequente de notícias falsas.

O trecho “se pensarmos em termos da história, não é a primeira vez que a escuridão, o fanatismo e o negacionismo se espalharam” (Angelo, 2023, p. 256) remete aos tempos da Idade das Trevas, período em que cientistas foram perseguidos e acusados de heresia. A ciência e as constatações de alguns nomes, tais como Galileu Galilei, iam contra a crença religiosa imposta na época. Essa prática de disseminação de falsas informações seria, portanto, antiga – e com a pretensão de influenciar e conduzir o pensamento em massa, para que certos interesses específicos sejam priorizados.

A autora comenta um episódio ocorrido no país. No ano de 1832, no município de Paracatu, Minas Gerais, o que era para ser uma simples campanha de vacinação tornou-se uma situação caótica, com o apedrejamento da Câmara Municipal e ataques ao presidente da casa

legislativa. Bastante tempo depois, em 2019, testemunharíamos mais uma situação relacionada à vacina; agora diante de uma pandemia global. A diferença daquela época para os dias de hoje é o contexto globalizado no qual nos encontramos: a fácil conexão entre as pessoas, com o advento das redes sociais, permitiu que tais comportamentos se intensificassem (Angelo, 2023).

Para Silva (2021, p. 178, g.a.), “o efeito colateral da maior conectividade das pessoas nas redes sociais é o favorecimento da propagação muito maior de notícias falsas (*Fake News*) e consequentemente de conhecimentos falsos (*Fake Knowledge*)”. De acordo com Montalvão Neto *et al.* (2020, p. 6), tais notícias “são formuladas a partir de algumas características marcadas, que ajudam a propagar informações deturpadas, de modo a manipular o pensamento de um público-alvo”. E um conhecimento muito atacado e distorcido através de notícias falsas vem a ser, justamente, aquele referente ao aquecimento global. “Tendo como os grandes causadores os países de maior capital financeiro e suas grandes empresas e corporações e, como as medidas de combate são um custo que não estão dispostos a pagar, [o aquecimento global] se torna um fato científico muito questionado” (Angelo, 2023, p. 258).

Uma tática é a disseminação de falácias que pretendem contradizer aquilo que a ciência propõe explicar de forma lógica, com metodologia e suficiente objetividade. Para Vilela e Selles (2020, p. 1724-1725), “a negação de conceitos e teorias consensualizados pela ciência passou a ganhar força e visibilidade, sobretudo, a partir da ascensão mundial do conservadorismo de ultradireita”, e esse comportamento surge, paralelamente, à eclosão das redes sociais que facilitam a intensificação de *fakenews*. Nas palavras das autoras, há uma distinção entre “negacionismo” e “pós-verdades” importante de ser lembrada no contexto de educação científica:

[...] afirmações sem base evidencial pautam-se em uma visão reducionista da Ciência que despreza os complexos processos de produção do conhecimento científico. Para o público que desconhece essa complexidade, tais afirmações se traduzem em certeza, pois carregam alguns elementos e características do conhecimento científico, ainda que superficiais, e são entendidas como mais do que apenas uma opinião. Isso induz a uma disputa desigual por narrativas, levando a opinião pública a praticamente escolher no que acreditar, e na maior parte das vezes, a duvidar do conhecimento científico. Acionando esse modo de convencimento sem método, os discursos conservadores se fortalecem, pois manipulam a opinião pública para aquilo que se deseja ser verdade. (Vilela; Selles, 2020, p. 1731).

Por outro lado, enquanto um conceito circunda conceitos científicos, o outro caracteriza-se por não possuir uma preocupação em explicações elaboradas:

[...] a pós-verdade assume um caráter mais genérico e amplo, pois diz respeito à produção e difusão de informações falsas sobre os mais variados temas, sempre com

intenção de distorcê-las e a serviço de um determinado grupo cuja ideologia se assume conservadora. Informações são fabricadas ou distorcidas e acabam reforçando o preconceito e a intolerância sobre aqueles grupos que ameaçam os valores conservadores. Então, podemos compreender que o negacionismo científico é um processo mais sofisticado de produção de desinformação, que se estrutura em narrativas conspiracionistas e é travestido de Ciência. (Vilela; Selles, 2020, p. 1731).

Dado que a formação escolar completa se estende por um expressivo número de anos (considerando os ensinamentos fundamental e médio), tende a ser difícil de imaginar que notícias sensacionalistas e envoltas de mentira encontrariam concordâncias e respaldo na sociedade. Porém, como aponta Teixeira e Bicudo (2021, p. 3), o aumento do negacionismo científico se deve, em parte, pelo “distanciamento entre o que se aprende no âmbito das instituições de ensino e os processos cognitivos que são usados pelos alunos fora destes ambientes”. É como se a relevância de órgãos e instituições de pesquisa estivesse se perdendo; e a deposição de confiança nos protocolos científicos sendo substituída por questionamentos e crenças religiosas que buscam sobrepor-se a métodos já estabelecidos.

[...] essa maior conectividade das pessoas com as redes sociais acabou dando voz aos outrora silenciados. Qualquer um pode iniciar um novo canal ou uma nova página em alguma rede social e difundir seus pontos de vista sem nenhuma necessidade de comprovar suas teorias, sem ter o mínimo de conhecimento do assunto. (Angelo, 2023, p. 259-260).

Esse entendimento sobre como a internet facilitou a disseminação de desinformação vai de encontro a iniciativas de pessoas que buscam, ao contrário, contribuir para um conhecimento científico de qualidade – como é o caso do canal do *YouTube* criado pelo professor Alexandre A. Costa (<https://www.youtube.com/@oqvff>), a cujos conteúdos nós mesmos recorremos para compor o item 3.5 desta Dissertação. Costa propõe discussões e aulas sobre conhecimentos atmosféricos. E essa é uma forma de combater as atuais ideologias que, se passando por reveladoras, propagam inverdades.

Gomes, Penna e Arroio (2020) e Miranda (2020) falam sobre como o tensionamento entre racionalidade e emoção embasa os discursos que, muitos deles, possuem uma característica até neoconservadora. Mesmo que estejam em questão apenas setores isolados da sociedade, ou sejam explorados dados muito específicos, as ações podem refletir em toda a ciência.

Os terraplanistas e criacionistas são aqui tomados como um emblema dos movimentos conservadores que elegem a educação escolar como campo de batalha nessa quadra da história brasileira, nos quais se incluem, entre mais: todas as demais modalidades de anticientificismo; os ataques generalizados à educação escolar; a defesa da

educação domiciliar; o movimento pela “Escola sem partido”; a desqualificação e o controle sobre a prática dos professores [...] (Miranda, 2020, p. 695).

Mas qual seria então a solução para tais comportamentos errôneos? Para Angelo (2023), a resposta é clara: trazer o debate para dentro de sala de aula, visando enfrentar o desenfreado avanço de posturas não-científicas. E um passo importante seria estimular estudantes a discernirem aquilo que é entendido e divulgado como “dato científico”, daquilo que até aparenta se tratar de uma processualística científica (dato certo verniz retórico), mas que é caracterizado, primordialmente, por distorção de fatos.

Podemos nos arrepender em não levar a sério esse gênero de ação deliberada. Pois ela impacta não só a esfera acadêmica, como também a social. A propagação instantânea de notícias deturpadas pode “de interferir diretamente no processo eleitoral de um país ou no direcionamento de políticas públicas, dando força a discursos dissimulados e lutas fantasiosas contra projetos que ganham notoriedade de forma intencionalmente distorcida” (Angelo, 2023, p. 262). Nesse sentido, fazendo uso do espaço da sala de aula, os alunos discutiriam essas notícias veiculadas, objetivando exercitar suas percepções críticas e refletir sobre o impacto potencial dos episódios. Entretanto, o papel do professor deve estar coordenado com o restante dos atores que compõem o âmbito para além da instituição escola, envolvendo trabalhos e projetos voltados para uma formação cidadã mais potente cognitivamente (Libâneo, 1994).

A escola não pode ficar alheia ao que acontece na sociedade. Não podemos focar apenas nos conteúdos curriculares e esquecer que estamos preparando nossos alunos para o convívio social e para a cidadania. Não podemos evitar temas possivelmente polêmicos apenas para não nos comprometermos ou por temer alguma represália por parte dos pais e até mesmo de grupos conservadores ou políticos. (Angelo, 2023, p. 265).

Mesmo imbuídos de um espírito democrático, devemos “deixar” que o grande público (majoritariamente leigo) dite o que é ou o que não é aceitável como fato científico? E se esse público, bem ou mal-intencionado, estiver se apoiando no que dizem profissionais que conhecem e praticam os protocolos, e só discordam das modelagens? Bem, podemos aí estar diante de uma leitura equivocada das alegações científicas (talvez o mais comum), mas também podemos estar diante de algo mais grave: a deliberada difusão que nomes da academia (e “em nome da ciência”) estariam fazendo de seus posicionamentos anti-hegemônicos.

Atualmente, diversas são as matérias vinculadas que trazem algum absurdo sobre ciência; e elas estão, inclusive, disponíveis em *sites* de veículos com respaldo, como *Terra*,

BBC, Veja, Metr p les, entre outros. Ou seja, seu alcance não   baixo. Se essas notícias fossem divulgadas algum tempo atrás, poderiam até ser encaradas como absurdo ou mesmo sátira; entretanto, hoje, a quantidade de pessoas que enxergam fundamento nelas   consideravelmente relevante (além de preocupante). Vimos no cenário brasileiro:

[...] [a] nega o das queimadas na Amazônia, [o] desprezo sobre as perdas do incêndio do Museu Nacional, [a] censura   divulga o de dados de pesquisas de institui es consagradas, [a] promo o de aglomera es em meio a uma pandemia de um patógeno altamente contagioso, [o] o desprezo sobre recomenda es de organismos internacionais de saúde e meio ambiente para manuten o da vida, [e o] corte de recursos que viabilizam o desenvolvimento científico no país” (Vilela; Selles, 2020, p. 1725).

E aqui volta a questão aludida antes: em que casos o desacordo já não pertence propriamente   dinâmica controvertida que   própria da ciência? E passa a servir a interesses exteriores a ela? Nobre e Molion, os personagens com os quais decidimos exemplificar a sustenta o das teses primeira e segunda, realmente “jogam limpo” com as regras científicas? E se não,   exclusivamente Molion quem deve ser posto na alça de mira de uma caça aos “subversivos” (traidores de protocolos objetivos)?

Se sairmos da cena brasileira, nos deparamos com vários exemplos de profissionais que, difundindo a d vida quanto às mudanças climáticas, nos põem, eles mesmos, em d vida sobre seu efetivo compromisso com a objetividade científica. Bj rn Lomborg e Judith Curry são dois casos. Curry, uma geógrafa de forma o que se especializou no campo das ciências atmosféricas, ficou famosa por circular por meios não acadêmicos e propagar a ideia de que o IPCC seria uma entidade corrupta (Lemonick, 2010). Por sua vez, Lomborg, um cientista político especializado em estatística, começou a ganhar holofotes com a obra “*The Skeptical Environmentalist*”, de 2001³⁰. Nela, o autor quer dar a entender que se procurássemos ficar menos sensíveis aos alarmes ambientais (e Lomborg entende que eles tenderiam a ser falsos, muitas vezes), diminuir amos o alto custo das regulamenta es. Isso seria muito mais vantajoso do que os presumidos benefícios alcançados como o “alarme” (Pacala *et al.*, 2003).

E o que há em comum entre Curry e Lomborg? Bem, ambos são desacreditados por comunidades científicas de seus países (Estados Unidos e Dinamarca).

³⁰ Lomborg, mais recentemente, publicou o provocativo livro “*False Alarm*” (2020), em cujo subtítulo, não menos alarmista, o autor fala em pânico, custos econ micos e prejuízo aos mais pobres. Em um estilo de alega o que encontra forte receptividade junto a políticos de alas conservadoras (uma fonte de consulta interessante: https://www.legis.state.pa.us/WU01/LI/TR/Transcripts/2020_0056_0005_TSTMNY.pdf).



Figura 5 – Síntese esquemática dos temas tratados na dissertação
[organização do autor]

Considerações finais

As comunidades científicas apresentam divergências internas, as quais, normalmente, estão baseadas em visões distintas sobre o modo como o fenômeno de estudo funciona. Identificá-las, digamos, como simples “rixas” pode significar que não as estamos avaliando da melhor forma. Nesse sentido, buscar esclarecer as disputas científicas é ter como objetivo-mor perceber a variedade de fatores envolvidos, desmistificando certas ideias tentadoras em seu reducionismo: a de que a ciência é um conhecimento absolutamente preciso ou a de que ela está indelevelmente atravessada por interesses político-ideológicos, por exemplo.

Um questionamento natural é nos perguntarmos se essa discordância interna não inviabilizaria o caráter lógico que se atribui à ciência. Bem, a resposta é não, se tratarmos com cautela o fato de que há aspectos psicossociais incutidos nas pesquisas.

Em tempos de *fakenews* e “pós-verdade”, a ciência passa por um momento de contestação junto ao grande público. E se formos tratar, particularmente, dos estudos sobre clima (que ganharam o holofote midiático), nos deparamos com uma situação acrescida de riscos. O problema todo é que em um contexto de enxurradas de informação, não há garantia de que as pessoas leigas saberão filtra-las por um critério de robustez das evidências – parâmetro que esperamos ser um juramento feito por todo cientista. E é aqui que justificamos a Dissertação apresentar dois ângulos de análise.

De fato, o conflito entre ciência e sociedade torna-se mais árduo quando esta percebe os próprios membros das comunidades científicas, aparentemente, invalidando os resultados uns dos outros. Quer dizer, se a ciência, que o imaginário popular ainda está habituado a ver como conhecimento preciso e correto, “se revela” como um campo de ausência de unanimidade, é previsível a reação psicológica da descrença por parte da opinião pública. Todavia, é preciso entender que esses conflitos (aqui ilustrados, primeiramente, com a oposição entre as climatologias descritiva e rítmica e, depois, com o confronto entre as duas teses sobre o aquecimento global), na realidade, apenas comprovam a complexa dinâmica interna à prática científica.

E não são somente os leigos, mas inclusive os próprios praticantes de ciência (sem formação epistemológica), que podem cair em armadilhas reducionistas. Por essa razão, é previsível que soe estranho ou perturbador, mesmo para quem está “dentro” da comunidade de especialistas, que seus congêneres defendam paradigmas ou sustentem teses discrepantes.

Vimos que a Filosofia da Ciência (FC) contemporânea rompe com antigas visões dogmáticas sobre o funcionamento da investigação científica. Então, pelo menos entre os epistemólogos, podemos dizer que vige o entendimento de que a dinâmica intelectual mais constante é a da “corroboração em termos”, ponhamos assim. Em teoria da ciência, há muito, não se trabalha mais com a ideia do alcance de uma certeza definitiva. Ademais, a despeito dos filósofos também proporem modelos metateóricos distintos, para sobre todas as perspectivas epistemológicas algo que lembra uma máxima: a força motriz para o avanço do conhecimento científico é, precisamente, o espírito de reformulação. E isso pressupõe uma espécie de dialética do confronto ... que seria permanente.

Sobre o ponto da “ciência normal” (modelo metateórico kuhniano), o fato de que mesmo nesse estágio não se infere uma completa homogeneidade de visões entre cientistas, colabora a entendermos que os campos científicos, apesar de surgirem com um conjunto de propósitos, alegações e instrumentos (o “paradigma”), depois podem rumar por (ou agregar) outros caminhos não necessariamente previstos. E isso explicaria os diversificados usos que a ciência pode fazer, hoje, de um mesmo recurso instrumental – por exemplo, inserindo dados selecionados em um modelo, ou acoplando múltiplos modelos a fim de otimizar as descrições.

O interessante de considerar aqui a geografia física como uma ilustração de campo científico é que a GF, indisfarçadamente, se apresenta como exemplar fértil de uma comunidade envolvida com dois simultâneos desafios: lidar com a complexidade de dinâmicas naturalistas (o enigma da atmosfera em várias escalas de espaço e de tempo, por exemplo) e com a complexidade da interface com as intervenções humanas (o enigma do método para abordar problemas socioambientais). Então, se acompanharmos o encadeamento de influências entre a física termodinâmica e a Meteorologia clássica; entre esta última (com seu caráter descritivo rígido) e os primeiros paradigmas climatológicos; entre estes últimos e o desenvolvimento da visão rítmica; e entre esta última e o debate acerca das mudanças climáticas ... é fácil constatar que, em um plano geral, trata-se da ciência em sua jornada constante por aperfeiçoar conhecimentos (climatológicos, no caso), agregando, gradativamente, fatores complexificantes (impactos na/da sociedade, em particular). Trata-se da ciência em progresso natural. Evolução que é feita de disputas e impasses, mas que não logramos perceber sem o auxílio de alguma perspectiva em FC.

Dois ângulos epistemológicos muito emblemáticos foram propostos por Thomas Kuhn e Imre Lakatos. E quisemos trazê-los a esta Dissertação com o propósito de projetá-los sobre duas manifestações de “controvérsia” – em torno dos paradigmas em Climatologia Geográfica

e em torno das teses sobre o aquecimento global. Entendemos que o primeiro desacordo ilustraria a disputa mais interna ao âmbito científico; enquanto o segundo, um tipo de desavença que pode ser aditivada pelo meio social externo à ciência. O intuito foi o de sugerir que tais metateorias, cada uma a seu modo, ajuda a entender aquelas disputas como pertencentes à regra do jogo científico. Elas não são falhas ou anormalidades.

Nossa impressão é que, dentre os dois modelos metateóricos, é notável a melhor compatibilidade dos programas de pesquisa lakatosiano s com o comportamento dos estudos atmosféricos e de clima. Considerando a cena brasileira, ela testemunhou o desenvolvimento simultâneo dos paradigmas estatístico e rítmico. A vantagem disso é que, pelo menos em território nacional, os climatologistas talvez nem sejam estimulados a enxergar essa pluralidade como algo impeditivo para o avanço das pesquisas – o que é positivo, sem dúvida. Por mais que as técnicas mudem, que a instrumentalização se desenvolva, que o olhar científico se modifique, enfim, com as novas abordagens, influências e demandas externas, as duas linhas (clássica e dinâmica) apresentaram aspectos consolidados o bastante para permanecerem ainda vigentes. E é por essa razão, portanto, que o modelo lakatosiano apresenta melhor performance descritiva.

Sobre o cenário das mudanças climáticas, analisado desde uma mirada epistemológica, o modelo do filósofo húngaro também se mostrou mais adequado. As interpretações acerca do fenômeno do aquecimento global podem ser lidas como constituintes de núcleos duros de PPCs diversos. Elas estariam protegidas por argumentações (tanto pró quanto contrárias ao fator antropogênico), as quais puderam ser melhor entendidas, graças à metateoria lakatosiana, como hipóteses de tipo auxiliar.

As disputas entre visões aqui apresentadas podem retroalimentar cada um dos argumentos em antagonismo. Uns instigando os outros, de modo natural. Mesmo que um dos lados possa parecer possuir ar “negacionista” (o que, a princípio, já indicaria uma situação que foge do âmbito especial da ciência), o fato é que, para todos os efeitos, em se tratando de investigação propriamente científica, toda hipótese sempre poderá contar com alguma base de sustentação minimamente aceitável pela comunidade.

Vimos pelos tipos de alegações feitas pelos pesquisadores Carlos A. Nobre e Luiz C. Molion – dois nomes associados aos estudos meteorológicos no Brasil; e ambos, aliás, com passagem profissional por uma mesma reconhecida instituição, o INPE – que, embora os cientistas não manifestem discordância quanto à tese geral do aquecimento, não se identifica

consenso quanto às explicações mais plausíveis da mudança climática. Nesse ponto, um tema bastante instigante pode ser realçado: a coexistência de proposições explicativas ... e sem que, imediatamente, se possa concluir qual delas é “a mais correta”.

O debate climático é fundamental, mas é preciso ter cuidado para que, ao extrapolar a esfera dos experts (e isso acontece), ele não caia em meras especulações e se esqueça do principal: um fenômeno cuja compreensão precisa ser objeto da normatividade científica. Desconhecer que esse regramento interno existe entre os especialistas fomenta imaginários negacionistas (junto ao público leigo) e exagera posturas rivais (dentro das comunidades). No final, a conclusão é relativamente óbvia: carecemos de formação epistemológica para todos.

Após analisar, sob um holofote metateórico, a manifestação de disputas e coexistências para os casos da metodologia climatológica e do problema climático, nos ocorre deixar aqui algumas observações para serem refletidas.

A “anomalia”, a partir do momento que perdura o suficiente para crescer e tornar-se uma “crise” reconhecida entre pesquisadores, precisa, necessariamente, resultar no fim de uma prática científica? No fim de um paradigma ou programa de pesquisa? Ou pode ser, na verdade, apenas o afloramento de uma nova percepção que não condizia com aquela, outrora vigente? O surgimento da Climatologia – gerado por um impasse descritivo que não se adequava mais – não ocasionou o descarte da Meteorologia, por exemplo. E isso apesar de seu estabelecimento vir por meio de uma demanda que a ciência meteorológica não conseguia suprir. Os estudos climatológicos aparecem com a necessidade de se entender os fenômenos atmosféricos e categorizar os diferentes tipos de clima – papel que a Meteorologia não assumira. Parece razoável presumir que não se tratava, então, de uma “falha” metodológica; e sim de um anseio por buscar outras perspectivas analíticas.

Se a anomalia resultar em um novo paradigma, que possa respondê-la, o paradigma antigo continua com essa anomalia “pendente” em suas competências ou se vê livre dela? No período pós-Climatologia, a Meteorologia continuou com seu caráter físico-atmosférico e quantitativo. Não cabia a ela definir zonas climáticas, compreender o impacto dos fenômenos na superfície e nem como eles são inseridos num complexo sistema. A partir do momento em que os estudos climatológicos se estabelecem, essa anomalia é desprendida da prática meteorológica. A incumbência, agora, é totalmente climatológica.

O modelo kuhniano se mostra esclarecedor no que se refere aos direcionamentos de uma pesquisa. Não é à toa que *A estrutura* se consolidou como obra fundamental para uma nova

temporada da FC. Porém, sua rigidez de adequação acaba gerando algumas “crises” científicas que, à luz de outros holofotes, não parecem nada alarmantes para as comunidades científicas que com elas defrontam.

O uso, em alguns momentos, de exemplos da geografia humana serviu não só como ilustração científica da aplicabilidade metateórica (sem entrar na questão se bem sucedida ou não), como também para lembrarmos de que, acima de tudo, esta Dissertação é majoritariamente geográfica. E se os filósofos da ciência recorrem a exemplos associados aos campos da Astronomia, Física e Matemática (em geral, suas áreas de formação) a fim de narrar as ideias, por que um geógrafo não poderia fazê-lo?

Recentemente, um importante passo nessa direção epistemológica foi dado com o lançamento do periódico *Humboldt – Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, chancelado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), tendo como dossiê de lançamento o tema *Epistemologia da Geografia Física Brasileira* (HUMBOLDT, 2021). Inclusive, um dos trabalhos aqui referidos – Mendonça (2021) – fora publicado nessa revista. Entendemos que uma tal iniciativa de cunho bibliográfico-editorial, embora bastante simples, nos mostra que a abordagem metateórica é latente em nossas pesquisas e isso fomenta discussões riquíssimas para o desenvolvimento da ciência geográfica. Desde o início, nunca foi objetivo de nossa pesquisa validar a análise epistemológica em detrimento de (ou desqualificando) a prática teórico-empírica das ciências. Pelo contrário, pudemos constatar, ao longo da pesquisa, o quanto as publicações sobre estudos aplicados davam, elas mesmas, indícios sobre a dinâmica de elaboração, interpretação e compartilhamento de conteúdos – o que, a nosso juízo, comprova o quanto ambas análises (sobre os fenômenos e sobre o estudo dos fenômenos) deveriam andar juntas.

Referências

ABRAM, S. Introduction: science/technology as politics by other means. **Focaal: European Journal of Anthropology**, n. 46, p. 3-20, 2005.

ALEXANDER, R. B. **Global warming false alarm: the bad science behind the United Nations' assertion that man-made CO2 causes global warming**. Royal Oak: Canterbury Publishing, 2012.

ALEXANDER, R. B. **The truth about weather extremes: what the past tells us: draft**. The Global Warming Policy Foundation. 2023. Disponível em: <https://www.thegwpcf.org/weather-extremes-review/>. Acesso em: 04 dez. 2023.

AMORIM, M. C. C. T. Métodos e técnicas de pesquisa em climatologia geográfica. **Geoatos: Revista Geografia em Atos, Presidente Prudente**, v. 3, n. 10, p. 255-260, jan./abr., 2019.

ANGELO, C. M. Negacionismo científico e propagação de notícias falsas ligadas a ciências: precisamos falar sobre isso na escola. **ReDoc: Revista Docência e Cibercultura, Rio de Janeiro**, v. 7, n. 2, p. 255-268, jan./abr. 2023.

BALTAS, A. Classifying scientific controversies. In: MACHAMER, P.; PERA, M.; BALTAS, A. (Ed.). **Scientific controversies: philosophical and historical perspectives**. New York: Oxford University Press, 2000. p. 40-49.

BARBOSA, J. P. M. **Pensando a climatologia geográfica por meio da filosofia da ciência: clima, complexidade e ciência pós-normal na construção de uma consciência do clima**. 2022. 190f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BLAIR, T. A.; FITE, R. C. **Meteorologia**. Rio de Janeiro: Artes Gráficas Gomes de Souza, 1964.

BRANTE, T.; ELZINGA, A. Towards a theory of scientific controversies. **Science & Technology Studies**, v. 3, n. 2, p. 33-46, 1990.

BRASIL. Ministério da Ciência, **Tecnologia e Inovações**: estudo do CEMADEN e do INPE identifica pela primeira vez a ocorrência de uma região árida no país. [Brasília]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 14 nov. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/estudo-do-cemaden-e-do-inpe-identifica-pela-primeira-vez-a-ocorrencia-de-uma-regiao-arida-no-pais>. Acesso em: 16 abr. 2024.

BROECKER, W. S. Climatic change: are we on the brink of a pronounced global warming? **Science**, v. 189, n. 4201, p. 460-463, 1975.

BRYSON, R. A. The paradigm of climatology: an essay. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 3, p. 449-455, 1997.

BURTT, E. A. **The metaphysical foundations of modern physical science: a historical and critical essay.** London: Kegan Paul, 1925.

CARACRISTI, I. Geografia e representações gráficas: uma breve abordagem crítica e os novos desafios técnico-metodológicos passando pela Climatologia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Sobral, v. 55, n. 2, p. 15-24, 2002.

CARTER, R. M. The myth of dangerous human-caused climate change. In: AusIMM. Australasian Institute of Mining and Metallurgy New Leaders' Conference, Brisbane. **Anais ...** Brisbane: AusIMM, 2007. p. 61-74.

CASTRO, A. C.; ZAMPRONIO, R. P.; PERIN, A. Sobre a metodologia dos programas de pesquisa: a consideração filosófica da ciência segundo Imre Lakatos. In: SICT-Sul, Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, 6., 2018, Criciúma: IFSC. **Anais ...** Criciúma, 2018, p. 330-336.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHORLEY, R. J.; BARRY, R. G. Introdução e história da meteorologia e climatologia. In: CHORLEY, R. J.; BARRY, R. G (Org.). **Atmosfera, tempo e clima.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, p. 1-12.

CONTRACULTURA. Mais um prêmio Nobel assina carta em que 1600 cientistas declaram que a “emergência climática” é um mito. **Contracultura: Ciências & Tecnologia**, 15 set. 2023. Disponível em: <https://contra-cultura.com/2023/09/15/premio-nobel-assina-carta-com-1600-cientistas-emergencia-climatica-e-mito>. Acesso em: 11 dez. 2023.

COOK, J.; NUCCITELLI, D.; GREEN, S. A.; RICHARDSON, M.; WINKLER, B.; PAINTING, R.; WAY, R.; JACOBS, P.; SKUCE, A. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 2, p. 1-7, 2013.

CUNHA, D. G. F.; VECCHIA, F. As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 137-149, 2007.

CUPANI, A. O. Ciencia y valores, otra vez: sobre la incorporación de valores no epistémicos en las prácticas científicas. **Principia**, v. 25, n. 2, p. 181-197, 2021.

DALMEDICO, A. D. History and epistemology of models: meteorology (1946-1963) as a case study. **Archive for History of Exact Sciences**, v. 55, n. 5, p. 395-422, 2001.

DELLSÉN, F. When expert disagreement supports the consensus. **Australasian Journal of Philosophy**, n. 96, p. 142-156, 2018.

DEMERRITT, D. The construction of global warming and the politics of science. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 91, n. 2, p. 307-337, 2001.

ECHEVERRÍA, J. **Filosofía de la ciencia.** Madrid: Akal, 1995.

ELY, D. F. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira**: uma abordagem sobre seus discursos e práticas. 2006. 208f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente.

FAGHERAZZI, O. J. **O ensino de filosofia da ciência**: algumas contribuições de Thomas Kuhn. 2016. 98f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Instituto de Educação, Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande.

FERREIRA, J. S. Teoria e método em climatologia. **Revista Geonorte**: edição especial 2, Manaus, v. 1, n. 5, p. 766-773, 2012.

FEYERABEND, P. **Analyses of theories and methods of physics and psychology**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1970.

FIGUEIRÓ, A. S. Discutindo a mudança paradigmática de Thomas Kuhn: uma análise introdutória a partir da produção científica em climatologia geográfica publicada na Revista Brasileira de Geografia. **Geografia**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 146- 162, 2011.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.

FRAZER, M. L. Activism and objectivity in political research. **Perspectives on Politics**, 5 April 2023, p. 1-12, 2023.

FREIRE-MAIA, N. **A ciência por dentro**. 5. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1998.

GOMES, A. L. **Ciência e ideologia**: uma análise crítica da teoria do aquecimento global. 2018. 140f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GOMES, S. F.; PENNA, J. C. B. O.; ARROIO, A. Fake news científicas: percepção, persuasão e letramento. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, p. 1-13, 2020.

GRAMELSBERGER, G.; FEICHTER, J. Modelling the climate system: an overview. In: GRAMELSBERGER, G.; FEICHTER, J. (Ed.). **Climate change and policy**. Berlin: Springer-Verlag, 2011. p. 9-90.

GROTCH, S. L. **Regional intercomparison of general circulation model predictions and historical climate data**. Washington: U.S. Department of Energy, Office of Energy Research, 1989.

GUGÉ, L. R. **A Meteorologia como elemento mediador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino fundamental**. 2018. 129f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

HANSEN, J.; JOHNSON, D.; LACIS, A.; LEBEDEFF, S.; LEE, P.; RIND, D.; RUSSELL, G. Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide. **Science**, v. 213, n. 4511, p. 957-966, 1981.

HEALEY, M.; HEALEY, R. L. How to conduct a literature search. In: CLIFFORD, N.; FRENCH, S.; VALENTINE, G. (Ed.). **Key methods in geography**. 2. ed. London: Sage, 2010. p. 16-34.

HOSSENFELDER, S. **Well since you ask [...]** @SKDH, 27 sept. 2023.

IPCC. **Alterações climáticas 2014: impactos, adaptação e vulnerabilidade: contribuição do Grupo de Trabalho II para o quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas**. Lisboa: Organização Meteorológica Mundial, 2014.

JAKOB, M.; STECKEL, J. C.; FLACHSLAND, C.; BAUMSTARK, L. Climate finance for developing country mitigation: blessing or curse? **Climate and Development**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2015.

JOHNSTON, R. J. **Geografia e geógrafos: a geografia humana anglo-americana desde 1945**. São Paulo: DIFEL, 1986.

JUNGES, A. L.; MASSONI, N. T. O consenso científico sobre aquecimento global antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o ensino dessa temática. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 455-491, 2018.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 311-322, abr. 2005.

KOYRÉ, A. Sobre a influência das concepções filosóficas na evolução das teorias científicas. **Revista da Faculdade de Educação**, São Paulo, v. 5, n. 1/2, p. 55-70, 1979.

KUHN, T. S. **The essential tension: selected studies in scientific tradition and change**. Chicago: University of Chicago Press, 1977.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1998[1962].

KUHN, T. S. **A incomensurabilidade na ciência: os últimos escritos de Thomas S. Kuhn**. São Paulo: UNESP, 2024.

LACEY, H. Existe uma distinção relevante entre valores cognitivos e sociais? **Scientiæ Studia**, v. 1, n. 2, p. 121-149, 2003.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979 [1970]. p. 109-243.

LAKATOS, I. **Falsificação e metodologia dos programas de investigação científica**. Lisboa: Edições 70, 1999 [1978].

LAUDAN, L. **Science and values**. Berkeley: University of California Press, 1984.

LEITE, J. C. Controvérsias na climatologia: o IPCC e o aquecimento global antropogênico. **Scientiæ Studia**, v. 13, n. 3, p. 643-677, 2015.

LEMONICK, M. D. Herege climática: por que não podemos ter uma conversa civilizada sobre o clima? **Scientific American**: Brasil, v. 8, n. 103, p. 61-65, dez. 2010. Disponível em: http://ole.uff.br/wp-content/uploads/sites/466/2018/10/herege_climatica.pdf. Acesso em: 04 jun. 2024.

LEWIS, N. Do CMIP5 models skillfully match actual warming?: why matching of CMIP5 model-simulated to observed warming does not indicate model skill. **Clintel**, 6 sept. 2023. <https://clintel.org/do-cmip5-models-skillfully-match-actual-warming/>.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**: teoria da instrução e do ensino. São Paulo: Cortez, 1994.

LONGINO, H. E. Cognitive and non-cognitive values in science: rethinking the dichotomy. In: NELSON, L. H.; NELSON, J. (Ed.). **Feminism, science, and the philosophy of science**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1996. p. 39-58.

MACHAMER, P. A brief historical introduction to the philosophy of science. In: MACHAMER, P.; SILBERSTEIN, M. (Ed.). **The Blackwell guide to the philosophy of science**. Oxford: Blackwell, 2002. p. 1-17.

MAGEE, B. **As ideias de Popper**. São Paulo: EDUSP, 1973.

MANABE, S.; WETHERALD, R. T. Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 24, n. 3, p. 241-259, 1967.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. Brasília: MMA, 2007.

MARSHALL, E. Tobacco science wars: the industry has been bullying scientists, according to researchers who lead the campaign against environmental tobacco smoke. **Science**, v. 236, n. 4799, p. 250-251, 1987.

MARTINS, F. B.; GONZAGA, G.; SANTOS, D. F.; REBOITA, M. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**: Dossiê Climatologia de Minas Gerais, Curitiba, p. 129-156, nov. 2018.

MARTINS, P. A. S.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; MOURA, M. A. L.; NUNES, D. D.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Atualização do sistema de classificação climática de Köppen e Thornthwaite e Mather (1955) para o sul do Amazonas. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 43, p. 1-13, 2023.

McMULLIN, E. Scientific controversy and its termination. In: ENGELHARDT, H. T.; CAPLAN, A. L. (Ed.). **Scientific controversies**: case studies in the resolution and closure of disputes in science and technology. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. p. 49-91.

MENDONÇA, F. A. Mudanças climáticas globais: controvérsias, participação brasileira e desafios à ciência. **Humboldt: Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 1-28, 2021.

MIRANDA, M. G. Em que se sustenta a educação dos terraplanistas e criacionistas? **Retratos da Escola**, v. 14, n. 30, p. 688-699, 2020.

MITCHELL, J. F. B.; SENIOR, C. A.; INGRAM, W. J. CO₂ and climate: a missing feedback? **Nature**, n. 341, p. 132-134, 1989.

MLADENOVIC, B. Introdução da organizadora. In: KUHN, T. S. **A incomensurabilidade na ciência: os últimos escritos de Thomas S. Kuhn**. São Paulo: UNESP, 2024. p. 11-56.

MOLION, L. C. B. Arrefecendo o aquecimento global. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 53, n. 4, p. 152-163, 1991.

MOLION, L. C. B. Um século e meio de aquecimento global? **Cadernos de Geociências**, v. 15, n. 3, p. 45-56, 1995.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, n. 4, p. 7-24, 2008a.

MOLION, L. C. B. Considerações sobre o aquecimento global antropogênico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 246, p. 7-18, 2008b.

MOLION, L. C. B. Mitos do aquecimento global. **Plenarium**, v. 5, n. 5, p. 48-65, 2008c.

MONTALVÃO NETO, A. L.; ROCHA, G. G. S.; SIMAS FILHO, J. P.; MACHADO, R. Ciência, fake news e pós-verdades: a produção de efeitos de verdade em tempos de pandemia. In: Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia, 14. [s.l.]: Texto Livre. **Anais ...** 2020. p. 1-8.

MONTEIRO, C. A. F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática: algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 57, p. 29-44. 1962.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IGEOG-USP, 1971.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 239-258, 2001.

NOBRE, C. A.; REID, J.; VEIGA, A. P. S. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos: INPE, 2012.

O QUE VOCÊ FARIA SE SOUBESSE O QUE EU SEI? **Aula 06**: modelagem climática (parte D). Youtube, 23 nov. 2021. 2h51min34s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6twW6HVzVrk>. Acesso em: 24 nov. 2023.

OLIVA, A. O relativismo de Kuhn é derivado da história da ciência ou é uma filosofia aplicada à ciência? **Scientæ Studia**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 561-592, 2012.

OLIVEIRA, M. J.; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S.; BAPTISTA, G. M. M. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. **Terræ Didática**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 149-184, 2017.

ORESQUES, N. The scientific consensus on climate change. **Science**, v. 306, n. 5702, p. 1686, 2004.

PACALA, S. W.; BULTE, E.; LIST, J. A.; LEVIN, S. A. False alarm over environmental false alarms. **Science: New Series: American Association for the Advancement of Science**, v. 301, n. 5637, p. 1187-1188, 29 aug. 2003.

POPPER, K. R. A ciência normal e seus perigos. *In*: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 63-71.

POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações**. Brasília: UnB. 1982.

RAIČIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P. A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 42-62, 2018.

RAIČIK, A. C.; ANGOTTI, J. A. P. A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 331-349, 2019.

RAMOS, M.; SILVA, H. Controvérsias científicas em sala de aula: uma revisão bibliográfica contextualizada na área de ensino de ciências e nos estudos sociológicos da ciência & tecnologia. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007. **Anais ...** Florianópolis: ENPEC. p. 1-12.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 23, n. 45/46, p. 288-294, 1993.

RIBEIRO, A. G. A climatologia dinâmica na perspectiva da análise rítmica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 12, n. 24, p. 47-62, jul./dez. 2000.

RIOS, M. C. O relativismo epistêmico sobre a ciência: um desacordo entre filosofia e sociologia do conhecimento científico. **Revista Paranaense de Filosofia**, União da Vitória, v. 1, n. 2, p. 33-54, jul./dez. 2021.

RODRIGUES, R. B. **Geografia, geógrafos e mudança científica**: uma crítica à argumentação de Johnston, a partir dos modelos kuhniano e lakatosiano. 2021. 118f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília.

ROS, V. M. **Variações climatológicas locais a partir de uma análise pluviométrica de Salvador – BA**. 2017. 87f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo, v. 2, n. 17, p. 49-62, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. História da climatologia no Brasil: gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n. 7, p. 7-124, mai. 2004.

SANTINI, R. M.; BARROS, C. E. Negacionismo climático e desinformação online: uma revisão de escopo. **Liinc em Revista**, v. 18, n. 1, p. 1-27, 2022.

SANTOS, J. W. M. C. **Clima e produtividade da soja nas terras de cerrado do sudeste de Mato Grosso**. 2002. 388f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SARTORI, R. C. **O pensamento ambiental sistêmico: uma análise da comunicação científica da ESALQ/USP**. 2005. 109f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2005.

SCHALLER, S.; CARIUS, A. **Convenient truths: mapping climate agendas of right-wing populist parties in Europe**. Berlin: Adelphi, 2019.

SCHIRBER, M. Nobel Prize: quantum entanglement unveiled. **Physics: American Physical Society**, v. 15, n. 153, p. 1-3, 2022.

SEVERO, L. C. **Estabilidade da ciência biológica: uma epistemologia evolucionista, sem refutações e revoluções**. 2003. 80f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, O. O. N. O trabalho docente e o enfrentamento das fake news e fake knowledge. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 20, n. 226, p. 175-183, jan./fev. 2021.

SILVA FILHO, A. L.; SANTOS JUNIOR, W. M.; COSTA, V. C.; MARQUES FILHO, J. P. Classificação climática de Koppen aplicada em unidades de conservação: estudo de caso no Parque Estadual do Mendanha (PEM) e na Área de Proteção Ambiental Gericinó-Mendanha (APAGM). **Humboldt: Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p. 1-12. 2021.

SILVINO, A. M. D. Epistemologia positivista: qual a sua influência hoje? **Psicologia: Ciência e Profissão**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 276-289, 2007.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 18, p. 89-94, 2006.

SOUZA, S. O.; OLIVEIRA, R. C. Considerações sobre a geografia física: conceitos, métodos e aplicações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2017. **Anais ...** Campinas: SBGFA. p. 3483-3494.

STRONG, E. **Procedure and metaphysics: a study in the philosophy of mathematical-physical science in the 16-17 century**. New York: Olms, 1966.

TARIFA, J. R. **Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista**: ensaio metodológico aplicado ao ano agrícola 1968/69. 1973. 71f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

TEIXEIRA, R. R. P.; BICUDO, R. S. Uso de vídeos em atividades educacionais de divulgação científica sobre movimentos de negação da ciência. **Educitec**: Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, Manaus, v. 7, p. 1-16, jan./dez. 2021.

TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 3/4, n. 1, p. 25-35, 2008.

VILELA, M. L.; SELLES, S. E. É possível uma educação em ciências crítica em tempos de negacionismo científico? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1722-1747, 2020.

WATKINS, J. Contra a “ciência normal”. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 33-48.

YARNAL, B.; COMRIE, A. C.; FRAKES, B.; BROWN, D. P. Developments and prospects in synoptic climatology. **Royal Meteorological Society**, v. 21, n. 15, p. 1923-1950, 2001.

ZAVATTINI, J. A. O paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Geografia**, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25-43, 2000.

ZAVATTINI, J. A. A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 65-100, jan./jul. 2003.