Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia Física

Henrique Lobo Pradella

**A construção do conceito de “tipos de tempo” entre os séculos
XVII e XXI, no âmbito das Ciências Atmosféricas**

VERSÃO CORRIGIDA

São Paulo
Julho de 2014

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia Física

**A construção do conceito de “tipos de tempo” entre os séculos XVII e XXI, no
âmbito das Ciências Atmosféricas**

Henrique Lobo Pradella

Dissertação apresentado ao Departamento de
Geografia da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências
Humanas da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de mestre em Geografia Física

Orientador: Tarik Rezende de Azevedo

VERSÃO CORRIGIDA

De acordo:

Tarik Rezende de Azevedo

São Paulo
Julho de 2014

Nome: Pradella, Henrique Lobo

Título: A construção do conceito de “tipos de tempo” entre os séculos XVII e XXI, no âmbito das Ciências Atmosféricas

Dissertação apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Geografia Física

Aprovado em:

Banca Examinadora

Profº Drº _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Profº Drº _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Profº Drº _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Dedico esta dissertação à Ligia, por todos os
momentos em que não pudemos estar juntos.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a meus pais, Eduardo e Rosemary, pela minha formação, pelo apoio sempre presente e por me ensinarem as lições mais importantes de minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Tarik de Rezende de Azevedo, pela paciência e dedicação, pelas sugestões enriquecedoras e por me ensinar a não me perder nos meandros do ambiente acadêmico.

Aos Prof. Dr. Élvio Rodrigues Martins e Prof. Dr. Ilton Jardim de Carvalho Júnior, pelas valiosas contribuições oferecidas no processo de qualificação, que em muito auxiliaram o desenvolvimento e amadurecimento desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Ricardo Augusto Felício, por ter me acolhido como monitor-bolsista do PAE, sendo esta uma atividade que me permitiu participar de discussões instigantes, e perceber de forma cada vez mais clara a necessidade de estudos teóricos em Climatologia.

Aos geógrafos Carlos Augusto de Oliveira e Alexandre Ortolani, pela amizade sempre presente.

Agradeço à FAPESP pelo apoio financeiro e institucional.

E por fim, mas não menos importante, agradeço à Ligia, pelo auxílio na formatação e revisão final desta dissertação. Sou grato também por seu apoio incondicional, amizade e cumplicidade, que em muito ultrapassam os limites desta dissertação.

“Mas a história é decididamente muito importante para ser relegada aos historiadores.”
(CHESNEAUX, 1995, pág. 20).

Resumo

O presente trabalho destina-se a investigação do conceito de tipos de tempo, largamente utilizado na Climatologia Dinâmica, porém sua definição e aplicação ainda constituem obstáculos significativos para a Climatologia. Nesse contexto, a proposta colocada tem como finalidade estudar o conceito de tipos de tempo a partir de uma história das idéias, buscando suas origens e diferentes concepções teóricas e operacionais relacionadas. Destaca-se a preocupação com a delimitação das escalas espaciais e temporais do referido conceito e suas integrações, visando uma compreensão mais adequada deste conceito.

Palavras-chave: Tipos de tempo, Climatologia, Meteorologia, História da Climatologia e Meteorologia.

Abstract

This thesis aims to research the concept of "weather types", widely used in Dynamic Climatology, however their definition and implementation are still significant obstacles to Climatology. In this context, the proposed project aims to study the concept of "weather types" from a history of ideas, seeking their origins and different theoretical concepts and operational related. There is the concern with the delimitation of the spatial and temporal scales of this concept and its integration, aiming at a more adequate understanding of the concept.

Key-words: Weather types, Climatology, Meteorology, History of Climatology and Meteorology.

Lista de Figuras

Figura 3.6.1 – Quadro do tempo de William e John Herschel (1815).....	111
Figura 4.1 – Tabela para registro meteorológico (Hook, 1667).....	157
Figura 5.1 – Tabela para apresentação de dados meteorológicos por William Derham (1731-1732).....	163
Figura 5.2 – Tabela apresentada por Horsley (1775), com sua simbologia.....	178
Figura 5.3 – Tabela com os registros realizados por Simon e Baker (1753-1754)..	181
Figura 5.4 – Tabela de Milles e Borlase (1770), com sua descrição do tempo.....	182
Figura 5.5 – Explicação da legenda utilizada nas tabelas da Sociedade (1781).....	185
Figura 5.6 – Tabela de dados meteorológicos da Societas Palatina (1782).....	186
Figura 5.7 – Tabela do registro meteorológico da Corte Real (1784).....	194
Figura 6.1 – Legenda elaborada por Francis Galton para seu sistema de representação das variáveis meteorológicas.....	224
Figura 6.2 – Exemplo dos mapas produzidos pelo método de Francis Galton.....	225
Figura 7.1 - Representação gráfica proposta por Switzer (1924).....	237
Figura 7.2: Escalas espaciais e temporais da Climatologia. Fonte: Marotz, (2005). <i>In: Encyclopedia of World Climatology</i> (2005).....	265
Figura 7.3: Tabela de parâmetros e gradações desenvolvida por Fedorov. Fonte: Lyndolph (1959, pág. 121-122).....	271
Figura 7.4: Cartão de classificação desenvolvido por Fedorov (“weather card catalog”). Fonte: Lyndolph (1959, pág. 124).....	273
Figura 7.5: Representação gráfica das classes de tipos de tempo delimitadas por Fedorov. Fonte: Lyndolph (1959, pág. 131).....	276
Figura 7.6: Frequências de tipos de tempo em Moscou.....	277
Figura 7.7 - Métodos e variantes de classificação.	292
Figura 7.8 - Domínios espaciais delimitados pelo projeto COST 733. Fonte: Philipp <i>et al</i> (2010, pág. 368).....	296

Sumário

1.	Introdução	10
2.	Da Concepção de Ciência e outros termos a serem utilizados.....	15
3.	Uma breve contextualização histórica sobre concepção de ‘tempo meteorológico’	53
3.1	Breves considerações de ordem etimológica	59
3.2	A influência aristotélica.....	60
3.3	<i>Weather-wisdom</i>	71
3.4	Primeiros registros e instrumentos	79
3.5	O papel das Academias Científicas.....	94
3.6	Alguns aspectos sociais pertinentes ao estudo do tempo nos séculos XVII, XVIII e XIX	100
4.	O estudo do tempo atmosférico no século XVII.....	137
5.	O estudo do tempo atmosférico no século XVIII.....	159
6.	O estudo do tempo atmosférico no Século XIX	189
7.	O estudo do tempo atmosférico nos Séculos XX e XXI	234
8.	Considerações Finais	306
	Referências Bibliográficas	312

1. Introdução

O tema desta dissertação nos parece se constituir em um dos mais ricos (em termos de abordagem) e antigos das Ciências Atmosféricas¹, a saber, a investigação do tempo atmosférico, a partir da hipótese de que seus elementos constituintes (temperatura, pressão, umidade) apresentariam um comportamento temporal e espacial aproximadamente cíclico (ou rítmico), passível de delimitação e classificação, dentro de um determinado sistema de identificação destes padrões, seja para fins de prognóstico, seja para aplicações ambientais.

O cerne deste projeto encontra-se no conceito de tipos de tempo², tanto na Climatologia desenvolvida no âmbito da Geografia, quanto na Meteorologia. Porém, em ambas as disciplinas (esferas do conhecimento), a questão de uma definição consistente, aplicada e universal a respeito dos tipos de tempo, permanece em aberto, assim como sua taxonomia. Dentre as inúmeras definições sobre o conceito supracitado, optou-se por destacar as propostas de TOLEDO (1973) e PÉDÉLABORDE (1955), uma vez que estes enunciados permitem explorar o conceito de modo amplo, abarcando as principais características comuns entre as diversas definições existentes. Abaixo, as referidas citações:

“Por tipo de tempo, entendemos, de modo bem formal, uma expressão sintética, descritiva ou quantificada, do universo meteorológico conceituado na interface, entre os sistemas espaciais geográficos e a baixa troposfera, neste caso, em sua ocorrência diária.” (TOLEDO, 1973).

“Uma noção ainda mais larga é a do tipo de tempo. Onde uma combinação reaparece freqüentemente (não exatamente da mesma

¹ Esta colocação faz-se necessária, uma vez que o tema abordado (ou problemática) surge antes mesmo da formalização da Climatologia e da Meteorologia enquanto áreas específicas do conhecimento.

² Tanto na literatura nacional quanto internacional, existem outras expressões, com o mesmo sentido, que foram utilizadas anteriormente. Em MONTEIRO (1971) encontramos a expressão “estado atmosférico”. Em HORSLEY (1775) temos a expressão “*state of the weather*”. Atualmente, a expressão consagrada em língua inglesa seria a “*weather types*”, e, em língua portuguesa, tipos de tempo. Cabe ressaltar que os conceitos devem ser compreendidos como concepções estruturantes de uma dada teoria, sendo possível a existência de inúmeras definições sobre o mesmo conceito a partir das orientações teóricas adotadas. Contudo, neste caso, releva-se o fato de que, apesar das diversas definições de tipos de tempo, as orientações teóricas raramente são explicitadas.

maneira, por certo, mas com constituintes vizinhos e produzindo efeitos praticamente parecidos), ela constitui um tipo de tempo.” (Pédélaborde, 1955).

A partir destas citações é possível apreender os elementos básicos que concorrem para a definição do que seja um tipos de tempo, o qual, para Toledo, configura-se como um processo com ocorrência diária (escala temporal), característico dos sistemas meteorológicos da baixa troposfera. Para Pédélaborde, destaca-se a idéia de uma combinação dos elementos morfológicos do tempo atmosférico (temperatura, umidade, pressão e etc.), e suas respectivas recorrências. Ressalta-se que, em ambos os casos, não há uma proposta específica para a delimitação espacial do fenômeno.

Evidentemente, deve-se somar a estas definições a contribuição de MONTEIRO (1962; 1971) que, ao tomar como fundamento a definição de clima proposta por SORRE (1934), estabelece o ritmo como elemento revelador da dinâmica e sucessão dos tipos de tempo, desenvolvendo a abordagem da análise rítmica, a qual tem como um de seus principais aspectos a investigação da dimensão temporal, conforme vemos na citação a seguir:

“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).

Nesta regra de trabalho proposta por MONTEIRO (1971), nos chama atenção o estabelecimento de uma escala espacial a se trabalhar (circulação atmosférica regional) e o esforço de consolidar uma perspectiva integrada do clima, por meio da representação simultânea de seus elementos constituintes. Desta forma, a noção de tipos de tempo pode ser compreendida como uma abordagem intermediária entre as concepções de tempo atmosférico (instantâneo) e clima (generalização do comportamento atmosférico a partir de longas séries temporais de dados).

No entanto, destaca-se o fato de que tanto a dimensão temporal, e, principalmente, a espacial, são vagamente definidas, o que implica em obstáculos significativos à operacionalização deste conceito, ou seja, a identificação, classificação e mapeamento dos tipos de tempo decorrentes de determinados

padrões de circulação atmosférica. Contudo, a despeito destas dificuldades, é possível encontrar centenas de trabalhos voltados para este tema, sobretudo no que diz respeito à aplicação de procedimentos objetivos (estatísticos) de classificação.

Durante o século XX, as principais abordagens sobre os tipos de tempo buscaram, a princípio, formas de classificar e aplicar o conceito a estudos específicos, apoiando-se largamente em procedimentos subjetivos. Somente a partir dos anos de 1960 e 1970, devido aos avanços da computação eletrônica, as abordagens objetivas tornam-se mais recorrentes e, desde então, têm sido praticamente unanimidade neste campo de investigação.

Neste contexto é necessário evidenciar a diversidade de procedimentos estatísticos que vêm sendo aplicados a esta finalidade. A partir de um levantamento preliminar podemos destacar, no mínimo, mais de dez diferentes técnicas como as mais recorrentes na literatura consultada, a saber: análise de séries temporais, escalonamento multidimensional, análise de correspondências, análise de agrupamentos, análise fatorial, análise de discriminantes, correlação canônica, cadeias de Markov, lógica nebulosa, redes neurais, análise de componentes principais e classificação sinóptica espacial.

Esta linha de estudo deve sua diversidade e amplitude não apenas à riqueza de abordagens possíveis, mas também à suas possíveis aplicações. Assim, os objetivos dos trabalhos consultados abarcam uma grande variedade de temas, desde estudos associados à classificação de tipos de tempo para investigação do conforto térmico e dispersão da poluição (FLOCAS *et al*, 2009) até avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre os padrões de circulação, precipitação e distribuição da temperatura (BOOIJ, 2002). Apesar de promissores, os resultados obtidos a partir da avaliação comparativa entre os procedimentos classificatórios não permitem, ainda, vislumbrar uma taxonomia universal, capaz de representar toda a variabilidade da dinâmica atmosférica sobre uma determinada localização.

Desse modo, os resultados que se mostraram mais precisos e passíveis de aplicação são direcionados a objetivos específicos, como análise da distribuição da precipitação e temperatura, ou tipos de tempo associados a tempestades severas. Estes resultados, embora estejam longe do objetivo de uma classificação universal, não devem ser ignorados, posto que possuam elevado potencial para estudos

ambientais que necessitem de informações mais detalhadas a respeito das condições atmosféricas.

Outro aspecto relevante em relação a esta temática é justamente a antiguidade desta preocupação, ou necessidade, de identificar tipos de tempo e associá-los a padrões de circulação atmosférica. A partir dos levantamentos preliminares, nos parece que a primeira publicação da expressão “*weather types*” ocorreu em um artigo de C.W. Ling, em 1898, no periódico *Monthly Weather Review*. Contudo, é possível encontrar outras expressões, que representam a mesma idéia, porém são ainda mais antigas, como é o caso de “*state of the weather*”, que passa a ser utilizado em meados do século XVIII, no periódico *Philosophical Transactions* (HORSLEY, 1775).

Dessa forma, fica evidente que a idéia de um padrão de circulação atmosférica, caracterizador dos tipos de tempo, é bastante antiga, ainda que os progressos qualitativos sobre este processo sejam incipientes. Neste quadro, coloca-se em destaque a persistência desta temática ao longo de quatro séculos de estudos e sua pertinência em relação aos demais progressos das Ciências Atmosféricas. Sendo assim, o estudo retrospectivo do conceito “*weather type*”, passa, obrigatoriamente, pela evolução dos instrumentos meteorológicos (e conseqüente atomização do tempo meteorológico em seus elementos constituintes), estruturação e consolidação das redes de estações meteorológicas e pela construção de hipóteses e conceitos voltados à compreensão e estudo da atmosfera.

Por fim, tem-se o fato de que, sobretudo na Geografia, o estudo dos tipos de tempo tem recebido grande atenção por parte dos pesquisadores dedicados aos estudos sinóticos e dinâmicos em Climatologia. Ambas as propostas são criadas como alternativas à chamada Climatologia Estática (ou Tradicional), e possuem como um de seus fundamentos a análise seqüencial de “tipos de tempo, a partir do comportamento das massas de ar e frentes. No Brasil destacam-se os trabalhos de MONTEIRO (1962; 1963; 1969; 1971; 1973 e 1975) que, ao retomar a proposta original de Sampaio Ferraz (1934) a respeito da necessidade de uma classificação genética dos tipos de tempo, passou a orientar seus estudos para a formação de uma escola de “Climatologia Dinâmica” baseada na análise rítmica dos mesmos, a

qual ainda exerce grande influência sobre diversos trabalhos da Climatologia brasileira.

Em relação à justificativa, esta se encontra no fato de que, praticamente, são inexistentes os estudos teóricos e conceituais relacionados aos tipos de tempo, sobretudo quando considerado o período contemplado por este projeto. Ademais, os resultados obtidos com os procedimentos quantitativos, na maioria dos casos, ainda permanecem restritos às mesmas limitações explicativas existentes desde as primeiras décadas do século XX. Assim, os principais avanços conquistados nos parecem, antes de tudo, decorrentes da revolução na informática ocorrida nos últimos anos, do que de uma melhor compreensão do fenômeno.

Cabe ressaltar aqui a advertência colocada por TERJUNG (1976) quanto ao tratamento estatístico dos dados meteorológicos. O autor alerta para o fato de que, quanto maior o número de variáveis utilizada, maior a chance de se estabelecer correlações erradas, uma vez que os dados, em muitos casos, são tratados por rotinas estatísticas computacionais que não são plenamente conhecidas pelo pesquisador. Dessa forma, muitos destes trabalhos, são caracterizados por um potencial explicativo limitado, justamente por não se focarem na natureza dos elementos morfológicos³, mas apenas nas relações que podemos inferir ou detectar através do instrumental disponível.

Tal fato apenas reforça nossa postura na busca de uma abordagem qualitativa que auxilie na aplicação do conceito em questão. Outra justificativa plausível refere-se à atualização da literatura brasileira no que diz respeito à identificação e classificação de tipos de tempo, visto que a metodologia mais utilizada, ao menos pelos geógrafos, ainda é aquela proposta por MONTEIRO (1962; 1963; 1969; 1971; 1973 e 1975).

³ Para Terjung (1976) os "...componentes morfológicos da climatologia são respostas, e se constituem em manifestações físicas - espaciais sobre causas subjacentes, as quais podem ser fluxos de energia, massa e momentum."

2. Da Concepção de Ciência e outros termos a serem utilizados⁴

“Um discurso sobre as ciências é um discurso em que a teoria se faz estratégia.” (JAPIASSU, 1979, pág. 11)

Todo conceito, seja ele construído no seio da comunidade científica ou fruto do senso comum, caracteriza-se, primeiramente, como um empobrecimento da realidade. O conceito ‘tipo de tempo’ (*weather type*) não foge a esta regra, nos interessando, primordialmente, os processos que levaram à sua construção em termos científicos. Mas afinal, o que significa considerar tal expressão enquanto conceito científico? E quais suas implicações para as ciências atmosféricas?

De certa forma, pode-se considerar a primeira pergunta como o elemento motivador deste capítulo, o qual tem por finalidade apresentar algumas proposições teóricas que orientarão toda a temática abordada por esta dissertação. Por sua vez, a segunda indagação pode ser tomada enquanto mote central para esta dissertação, sendo sua resposta apresentada posteriormente.

Para compreender melhor a função de um conceito científico para determinada área do conhecimento ou corpo teórico, iniciaremos por meio de uma breve, porém necessária, explanação acerca do que se considera⁵ ciência e qual seu papel, sua relevância social e relação com aquele conhecimento considerado como “aproximação da verdade”.

⁴ Devemos deixar claro que, em nenhum momento, este capítulo pretende ser colocado como uma contribuição à teoria do conhecimento. Assim, a única intenção deste capítulo consiste em demonstrar que ainda não se pode considerar a Climatologia produzida no âmbito da Geografia como uma ciência consolidada. Em função disso foram selecionados, em grande parte, os mesmos teóricos a respeito da teoria do conhecimento que foram utilizados por MONTEIRO (1963; 1969; 1971; 1975; 2000) e ZAVATTINI (2000), entre outros autores que defendem a existência de uma base teórica e metodológica para a Climatologia produzida no âmbito da Geografia.

⁵ A partir do ponto de vista do autor desta dissertação. Antes de tudo deve-se esclarecer que não se pretende esgotar ou restringir os debates acerca do conhecimento científico, mas tão somente apresentar certos aspectos que nos parecem fundamentais para o progresso da investigação proposta.

A despeito da diversidade de linhas epistemológicas de avaliação do conhecimento científico, pensamos que ‘A’ ciência (enquanto entidade que contemple teorias, métodos e técnicas universalmente aceitos) não existe, sobretudo do ponto de vista da prática dos cientistas, existindo sim, sistemas de conhecimentos específicos, cada qual com seu objeto e regras de investigação, (JAPIASSU, 1979, pág. 26).

Com esta afirmação pretendemos evidenciar um campo de insegurança e instabilidade, uma vez que, ao anunciarmos a pluralidade do conhecimento científico (e de suas formas de produção), queremos apontar também sua desmistificação enquanto conhecimento “absoluto” ou “verdadeiro”, sendo uma criação da necessidade e do desejo humano, torna-se passível de erro. De forma genérica⁶, pode-se tomar “a ciência” como o processo de construção de um conhecimento (com poder preditivo e explicativo), orientado por uma teoria e executado através de métodos e procedimentos logicamente justificáveis e reproduzíveis, que inclua, de algum modo, uma garantia de sua própria validade. A partir das leituras realizadas⁷, a cientificidade de determinado saber se daria antes, mas não exclusivamente, pelo método.

Assim, tem-se considerado, por muito tempo, o conhecimento científico como aquele provavelmente “mais verdadeiro”, o qual muitas vezes, devido ao êxito garantido por seus métodos e procedimentos, assume posição estratégica e influente em nossa sociedade, sobretudo ao suplantando decisões de políticas públicas, como podemos ver em JAPIASSU (1981):

“Ocorre, porém, que ela [ciência] vem desempenhando um papel ideológico em nosso sistema universitário. E ela o assume a partir do momento que passa a fornecer certa idéia de racionalidade e da objetividade, e quando nos leva a crer que as medidas tomadas nos planos econômicos e político o são em conformidade com as exigências da objetividade científica. Ora, como a ciência parece

⁶ Cabe ressaltar que, na maioria das obras consultadas, o termo “ciência” se refere às disciplinas denominadas exatas e biológicas. Em raras ocasiões apresentaram-se análises acerca do que se considera “ciências humanas”. Outro aspecto que merece atenção é a multiplicidade de definições apresentadas para o referido termo, incluindo posições contraditórias. Neste ponto acredita-se que seja necessário questionar qual a validade de um termo que possui tantas divergências em suas definições, apontando assim para o esvaziamento de seu sentido filosófico.

⁷ JAPIASSU, 1979 e 1981; CHALMERS, 2000; DUTRA, 2009.

apresentar-se como possuindo um valor em si, tudo o que se recomenda de sua racionalidade passa, *ipso facto*, a ser justificado e legitimado. E é assim que se produz uma derivação da racionalidade científica em direção à racionalidade das decisões de ordem política ou econômica. É nessa derivação que se exerce o efeito da distorção ideológica. Muito embora a atividade científica se apresente sempre como a-ideológica, através do mito da 'objetividade científica'. Como se um dos primeiros efeitos da ideologia não residisse no fato de pretender ocultar-se a si mesma." (JAPIASSU, 1981, pág. 70).

Esta citação explícita, de modo conciso, o papel e significado que se tem atribuído ao conhecimento científico moderno. Deve-se destacar agora também o papel e o significado da investigação epistemológica⁸, a qual tende a enriquecer em muito nossas investigações acerca da construção histórica do conceito 'tipo de tempo'. Por epistemologia, podemos considerar, segundo JAPIASSU (1979) "o estudo metódico e reflexivo do saber, de sua organização, de sua formação, de seu desenvolvimento, de seu funcionamento e de seus produtos intelectuais".

Partindo de princípios filosóficos e encontrando seu objeto no conhecimento científico, a epistemologia tem por finalidade a avaliação crítica dos princípios, hipóteses e resultados das ciências, assim como de suas origens lógicas e seu alcance. Independentemente do fato de interpretarmos o conhecimento a partir da perspectiva de POPPER (2007), KUHN (2007), FEYERABEND (1977), ou FOUCAULT (1972), encontramos sempre um ponto em comum nestes autores: o conhecimento enquanto processo. Derivando daí a importância da investigação histórica, não sendo poucas as ressalvas e justificativas relacionadas a este modo de proceder. Segundo JAPIASSU (1981):

"... a processualidade da ciência funda uma de suas raízes na idéia segundo a qual a presença do erro nas teorias pode ser avaliada de um duplo ponto de vista: do ponto de vista formal, ele é um defeito e, enquanto tal, deve ser eliminado; do ponto de vista do conteúdo, porém, ele é a própria condição da processualidade do conhecimento, porque uma teoria sem erro seria um dogma, ou seja, a crença obtusa de se poder impregnar o real de parâmetros acabados e absolutos." (JAPIASSU, 1981, pág. 32).

⁸ Ainda que este não seja um trabalho de cunho filosófico, muitas reflexões e proposições de origem epistemológica mostraram-se fundamentais para uma compreensão adequada do conhecimento científico, sobretudo em sua historicidade. Tal perspectiva histórica surge como característica fundamental nesta dissertação, e, embora não se pretenda recorrer à investigação epistemológica da Climatologia, mas sim à uma filogênese de alguns de seus conceitos, não podemos prescindir de tais conhecimentos.

Apesar de esta citação carregar um conteúdo aparentemente óbvio, nos parece necessário atualmente, recordar estudantes e pesquisadores da processualidade do conhecimento e suas possibilidades de superação e atualização, sobretudo no âmbito do que se convencionou denominar “climatologia geográfica brasileira”⁹. O referido autor ainda complementa suas idéias com a seguinte colocação:

“A processualidade do saber, quer científico quer filosófico, de forma alguma vem denegrir a ciência e a filosofia. Pelo contrário, vem reconhecer seu verdadeiro estatuto. Só se sentem denegridos os cientistas e filósofos obtusos e dogmáticos. Porque, no fundo, não querem ver morrer seus ídolos. E tudo isso nada tem a ver com ceticismo. O cético simplesmente não acredita na possibilidade de conhecimento. Aqui se trata apenas de revelar os limites do conhecimento, nunca de negar sua possibilidade. Se o conhecimento é uma miséria ordinária, ainda assim vale como miséria. A paranóia começa quando nele se vê o reino da abundância.” (JAPIASSU, 1981, pág. 35,).

Realizadas as ressalvas necessárias à compreensão processual do conhecimento, retomemos as justificativas de ordem histórica. A primeira delas refere-se à mudança do conteúdo de determinado conceito (e mesmo de sua finalidade) ao longo dos anos, sob diferentes perspectivas teóricas e filosóficas. Pode-se dizer que o ponto de vista cria o objeto, ou seja, o mundo real¹⁰ não

⁹ Basta lembrar que a investigação científica deve ser realizada por pesquisadores, e não por defensores de determinadas linhas de pensamento.

¹⁰ Aqui devemos apresentar algumas posições acerca do que se denomina ‘mundo real’. Inicialmente, alertamos para que os fatos não constituam, nem possam constituir, a base axiomática da ciência. O fenômeno nunca nos é dado à observação senão sob a reserva de um reconhecimento implícito de certas leis naturais sem as quais a própria observação não mereceria confiança. Reconhecemos, em nossas leituras, duas posições diametralmente opostas acerca do ‘mundo real’: positivismo e realismo. Em resumo, a primeira caracteriza-se por compreender uma natureza ordenada de acordo com os princípios estabelecidos pelo ser racional. Limitam-se, portanto, a reconhecer certas regularidades nos fenômenos naturais, considerando que o cientista deveria inventar leis (e não descobri-las) para descrever tais fenômenos do modo o mais fiel possível. O pensamento positivista encontra suas raízes no empirismo inglês do século XVIII, o qual tem por fundamento o conhecimento obtido a partir dos dados sensoriais, sendo que as únicas relações que poderiam ser estabelecidas entre os fenômenos seriam aquelas passíveis de serem confirmadas por procedimentos observacionais repetitivos. Assim, quando o pensamento positivista e sua dúvida em relação ao mundo exterior são trabalhados de forma rigorosa, corre-se o risco de colocar todo o conhecimento do mundo natural em suspenso, pois a única certeza seria aquela da sua própria experiência. Em contrapartida, a segunda posição (realista) parte do pressuposto de que existe uma identidade básica entre a natureza e a razão. Portanto, o dever do cientista seria a descoberta (e não a invenção) das leis naturais, as quais existiriam mesmo que não houvesse nenhum observador. Por sua vez, o realismo encontra suas raízes no racionalismo cartesiano do século XVII e no materialismo mecanicista do século XVIII. O primeiro define-se pela busca de leis simples, susceptíveis à matematização, conduzindo a visão de um mundo cognoscível apenas por meio do raciocínio lógico.

apresenta respostas prontas, em verdade, todas as respostas dependem não apenas das perguntas que construímos, mas também dos meios dos quais dispomos para, efetivamente, ‘ler’ o mundo real. Dessa forma os dados só poderão responder completa e adequadamente a questões para as quais e pelas quais eles foram construídos¹¹.

Outra consideração fundamental para que uma investigação histórica seja minimamente bem sucedida é aquela que questiona o que realmente podemos saber do passado. Deve-se atentar, portanto, para os riscos de se interpretar os conhecimentos passados por meio dos conhecimentos presentes, o que acabaria por imputar juízos de valor inadequados à história de uma ciência ou disciplina. Assim, não nos cabe julgar o que “deveria ter sido feito”, mas sim construir a história das teorias e dos conceitos científicos, em uma tentativa de demonstrar de que forma as noções, idéias e métodos que são hoje ultrapassados, foram, em sua época, um ultrapassamento. A atenção deve estar voltada para os objetos e objetivos que moldaram determinada ciência, somente assim poderemos compreender adequadamente sua formação.

Tampouco podemos nos deixar levar pela concepção internalista acerca da historicidade de determinado discurso científico, a qual ignora o vínculo entre uma ciência enquanto construção teórica e uma ciência compreendida como prática social. Sob esta ótica, uma ciência deve ser analisada apenas em relação ao sistema de idéias de sua época, que se construiria a partir da obediência estrita e meticulosa às exigências e às regras de seu desenvolvimento interno. Em contraponto à posição internalista, buscaremos adotar, ao longo deste trabalho, uma concepção externalista, fato que, embora dificulte em muito a proposta da dissertação, visto que amplia de forma quase exponencial a quantidade de fatores a

O segundo defende que nossas idéias são apenas o reflexo da matéria (o que inclui objetos, fenômenos, condições históricas e sociais de existência), isso faz com que nenhuma idéia, teoria ou sistema conceitual possam existir sem uma causa material. Por sua vez, quando levado ao extremo, o realismo pode conduzir a um dogmatismo filosófico, nos levando a crer que certas áreas do conhecimento estejam ‘acabadas’ ou ‘concluídas’. Neste trabalho, a posição que assumimos não nega a existência de um mundo físico *a priori*, mas também reconhecemos que nossa visão de mundo (reconhecimento de fenômenos e leis naturais) é limitada e condicionada por nossas teorias.

¹¹ Cabe questionar: a qual pergunta o instrumental utilizado pela climatologia pretende responder?

serem investigados, nos parece mais promissora para o estabelecimento de um quadro evolutivo do conceito de tipos de tempo.

Por sua vez, a posição externalista caracteriza-se por condicionar os chamados “acontecimentos científicos” ao contexto social, político, religioso, filosófico, ideológico, cultural e econômico em um período específico. A história das ciências apresenta-se não apenas como uma história empírica, mas principalmente como a história das ligações racionais do saber, as quais produzem, a cada momento de sua evolução, suas normas de avaliação e de construção de um conhecimento considerado verdadeiro.

Segundo JAPIASSU (1981), a investigação histórica de uma ciência também se mostra essencial para a construção do senso crítico nos cientistas contemporâneos:

“Creio ser lamentável o fato de os cientistas não darem a devida importância ao estudo dos processos históricos de constituição, de formação, de desenvolvimento e de estruturação de seus conceitos e de suas teorias. Ora, privados do aparato histórico e conceitual, não conseguem elaborar uma crítica de seu saber, do saber que lhes é transmitido, quase sempre dogmaticamente, para detectarem as opções filosóficas e ideológicas nele implicadas. Na prática, nosso ensino científico é bastante esquizóide, pois deixa que certos especialistas façam a história dos conceitos e teorias do passado, das controvérsias filosóficas ou políticas, transmitindo aos alunos de ciência apenas um saber pretensamente positivo, descontextualizado, desconjurado, dogmaticamente exposto ou precedido de resumos históricos simplistas ou simplificadores. Em geral, os cientistas conhecem muito mal a formação de suas teorias e de seus conceitos, pois aprendem uma ciência divorciada da história das idéias, da vida social, econômica e política.” (JAPIASSU, 1981, pág. 48).

“O mínimo que podemos dizer é que a ausência e a recusa da história das ciências correspondem a uma concepção cientificista e tecnocrática da atividade dos pesquisadores. Na prática, tal mentalidade leva fatalmente ao culto abusivo do especialista e do expert. Conseqüência: anula-se o espírito crítico dos cientistas.” (JAPIASSU, 1981, pág. 49).

Tal contexto, além de generalizado, seria amplamente agravado pela posição de professores que reproduzem, na sua prática docente, as falhas encontradas em sua formação teórica e prática:

“Ao invés de proporem aos alunos apenas instrumentos possíveis e discutíveis de aproximação da verdade, passam a propor-lhes a

verdade, seja ela a sua, o que é raro, seja a dos outros, o que é mais freqüente. Porque é possível que os 'educadores', não se sentindo seguros em suas próprias posições, apelam para autores célebres que lhes servem de verdadeiras 'matronas' científicas. Neste nível, os alunos passam por uma verdadeira deformação: começam a viver da ilusão das evidências, da ilusão das teorias certas. E a pedagogia não forma pesquisadores da verdade, mas seus proprietários." (JAPIASSU, 1981, pág. 84).

Não é de se espantar, portanto, que em um ambiente acadêmico no qual reine a indiferença ou o desconhecimento da história de determinada ciência (o que abarca, evidentemente, a construção de suas teorias, leis, conceitos e métodos) tornem-se freqüentes posturas reducionistas e simplificadoras, frutos de recorrentes descontextualizações de autores e obras, os quais, muitas vezes, são levados ao ridículo.

Por fim, no que concerne à investigação histórica, temos uma última, porém essencial consideração, a qual, ao ser discutida por FOUCAULT (1972) confere um novo nível de rigor a esta modalidade de pesquisa. Trata-se da desconstrução das unidades que compõem o conhecimento histórico, mesmo as mais elementares e aparentemente seguras:

"É preciso repor em questão essas sínteses acabadas, esses agrupamentos que, no mais das vezes, admite-se antes de qualquer exame, esses laços cuja validade é reconhecida desde o início; é preciso desalojar essas formas e essas forças obscuras pelas quais se tem o hábito de ligar entre si os discursos dos homens; é preciso expulsá-las da sombra onde reinam. E ao invés de deixá-las valer espontaneamente, aceitar tratar apenas, por cuidado de método e em primeira instância, de uma população de acontecimentos dispersos. É preciso também se inquietar diante de certos recortes ou agrupamentos com que nos familiarizamos (ciência, literatura, filosofia, religião, história, ficção)." (FOUCAULT, 1972, pág. 32).

Procede-se à dissolução das unidades 'naturais', que por sua vez nos leva a suspeitar de todas as continuidades harmoniosamente estabelecidas. Somos então encaminhados a uma história das discontinuidades, na qual as revoluções constituem-se em meras tomadas de consciência. Não se trata mais apenas da construção linear de um conceito, mas de sua dispersão, obtendo então uma rede de causalidades, correlações e dominâncias. FOUCAULT (1972) deixa clara sua posição:

"Essas formas prévias de continuidade, todas essas sínteses que não problematizamos e que deixamos valer de pleno direito, é

preciso, pois, mantê-las em suspenso. Não, certamente, recusá-las definitivamente, mas sacudir a quietude com a qual a aceitamos; mostrar que elas são sempre o efeito de uma construção de que se trata de conhecer as regras e de controlar as justificações; definir em quais condições e em vista de que análises algumas são legítimas; indicar as que, de qualquer forma, não podem mais ser admitidas... Trata-se, de fato, de arrancá-los de sua quase-evidência, de deliberar os problemas que colocam; reconhecer que não são o lugar tranqüilo a partir do qual pode-se colocar outras questões (sobre sua estrutura, sua coerência, sua sistematicidade, suas transformações), mas que colocam por si mesmos todo um feixe de questões... Trata-se de reconhecer que eles talvez não sejam, afinal de contas, o que se acreditava que fossem ao primeiro olhar. Enfim, que exigem uma teoria; e que essa teoria não se pode fazer sem que apareça, em sua pureza não-sintética, o campo dos fatos de discurso a partir do qual são construídos. E eu mesmo, por minha vez, não farei nada senão isso: certamente, tomarei por marco inicial unidades inteiramente dadas (como a psicopatologia, ou a medicina, ou a economia política); mas não me colocarei no interior dessas unidades duvidosas para estudar-lhes a configuração interna ou as secretas contradições. Não me apoiarei nelas senão o tempo necessário para me perguntar que unidades formam; com que direito podem reivindicar um domínio que as especifique no espaço e uma continuidade que as individualize no tempo; segundo que leis elas se formam; sobre o pano de fundo de quais acontecimentos discursivos elas se recortam; e se, finalmente, elas não são, em sua individualidade aceita e quase institucional, o efeito de superfície de unidades mais consistentes. Só aceitarei os conjuntos que a história me propõe para questioná-los imediatamente; para recolocá-los em um espaço mais geral que, dissipando sua aparente familiaridade, permite fazer sua teoria." (FOUCAULT, 1972, pág. 37-38).

Com todas estas proposições, ressalvas e reflexões, pretendemos expor, minimamente, a importância e o significado que uma investigação histórica pode possuir para a prática científica. Feitas estas considerações iniciais acerca do conhecimento científico, seus processos de construção histórica e relevância social, prosseguiremos com a apresentação de alguns elementos que julgamos essenciais na construção deste conhecimento, a saber: teoria, leis e conceitos e método; bem como suas formas de validação. Tal abordagem se faz necessária, pois acreditamos que apenas através do esclarecimento destes termos e suas funções (no contexto desta dissertação), poderemos avaliar adequadamente o conceito de tipos de tempo e sua incorporação a certos postulados teóricos, e por conseqüência, qual o estatuto que deve ser atribuído à Climatologia.

A este ponto parece-nos válido citar dois autores, que, há mais de vinte anos apontaram para a necessidade de um maior rigor no uso de um vocabulário de

origem filosófica e de desenvolvimento de um corpo teórico adequado à Geografia e suas disciplinas. Em MORRIL (1987), temos que:

“...the overriding purpose of and justification for science is to develop and verify theory: that is, we want to explain and understand some part of physical and human, individual and societal behavior and the structures and meanings that result. In short, if geography is a meaningful part of knowledge seeking and if it deserves to survive, it has to concentrate on creating a coherent body of theory that others recognize as significant.” (MORRILL, 1987, pág. 535).

Já em NEWMAN (1973), encontramos uma crítica direcionada ao uso equivocado do termo ‘hipótese’:

“Within geography, the great majority of hypothesis are not connected to theory, or at least there is no indication that they are so connected. In their enthusiasm for demonstrating their scientific approach, many geographers have adopted just a word from the scientific method. Even those who have attempted to link their hypothesis to theory generally have failed to attempt to revise theory in the basis of the hypothesized findings.” (NEWMAN, 1973, pág. 26).

Para o termo ‘teoria’¹² pode-se colocar o mesmo problema posto anteriormente para o termo ‘ciência’¹³: multiplicidade de definições¹⁴ e risco de esvaziamento de seu sentido filosófico. Contudo, apesar desta diversidade, podemos dizer, com certa segurança, que a maioria das definições converge para um ponto em comum, o qual considera o vocábulo em questão como um corpo coerente de conhecimentos sobre o domínio de determinados objetos. De modo mais formal, de acordo com uma das definições encontradas em FERRATER MORA (1951), uma teoria científica pode ser considerada um sistema dedutivo, no qual certas conseqüências observáveis podem ser obtidas a partir da conjunção de fatos observados com uma série de hipóteses fundamentais para o sistema.

¹² Uma teoria não deve ser compreendida como uma mera descrição da realidade, mas sim como uma abstração.

¹³ Ou seja, na maior parte dos casos, utiliza-se a palavra ‘teoria’ sem que seu significado seja precisado, confiando-se em uma compreensão comum ou intuitiva para este vocábulo.

¹⁴ Segundo FERRATER MORA (1951), uma definição deve, originariamente, atuar como delimitação de algo, referindo-se somente ao essencial, a fim de apontar aquilo que verdadeiramente compõe o objeto a ser definido. A definição deve, pois, ser mais clara que a coisa definida (o que significa que aquilo que é definido deve ser excluído da definição, e que esta não pode ser negativa).

LAKATOS & MARCONI (1983) corroboram tal definição e ampliam-na, incluindo então aspectos pertinentes à função das teorias científicas. Assim, uma teoria deve fazer referência às relações entre idéias e fatos, buscando modos de ordenação, conceituação, classificação e correlação, entre outros, para enfim, atuar na explicação¹⁵, investigação e predição de novos fatos. Portanto, não se deve proceder para a coleção de dados ou compilação de fatos sem um embasamento teórico adequado, que sirva tanto para orientar esta investigação quanto para conferir sua validade e significado, caso contrário o resultado não será a construção de um novo conhecimento, mas sim o acúmulo, ao acaso, de dados aleatórios¹⁶.

Portanto, segundo LAKATOS & MARCONI (1983) uma teoria deve agir tanto no sentido de restringir a amplitude dos fatos a serem estudados em cada campo do conhecimento, quanto na determinação e justificação dos dados que devem ser abstraídos da realidade, a fim de que se tornem objeto de análise. Uma teoria deve ainda fornecer um universo vocabular científico específico e adequado a cada campo da ciência, permitir o estabelecimento de relações causais entre os fatos estudados, classificar e sistematizar os fenômenos e indicar fatos e relações que ainda não tenham sido satisfatoriamente explicados, além da supracitada capacidade preditiva.

Julgamos pertinente alertar para que, embora a observação dependa da teoria, para a validação e significação de seus dados, estes, por sua vez, exercem grande pressão sobre a mesma. Isto ocorre, pois, ao se constituírem em evidências empíricas, os dados coletados possuem maior peso do que as leis, conceitos ou hipóteses articuladas no corpo teórico. Ou seja, em casos em que se encontrem

¹⁵ Segundo FERRATER MORA (1951), uma explicação consiste no ato de desdobrar, desenvolver algo que não estava claro. Trata-se de fazer presente aquilo que estava simplesmente latente, caracterizando-se como um conhecimento causal, que busca o sentido e o significado de seu objeto. O referido autor assinala ainda para um modelo esquemático universal para a explicação científica, o qual se constitui de dois elementos principais: o *explanandum* (sentença que descreve o fenômeno a ser explicado) e o *explanans* (classe de sentenças que deve esclarecer o fenômeno). A estes elementos somam-se algumas condições lógicas para que se obtenha uma explicação adequada: (i) o *explanandum* deve ser uma consequência lógica do *explanans*; (ii) o *explanans* deve conter as leis gerais que sejam efetivamente necessárias para a derivação do *explanandum* e (iii) o *explanans* deve possuir conteúdo empírico, ou seja, ser capaz de prova mediante experiência ou observação.

¹⁶ Acredita-se que este tenha sido, por muito tempo, o principal obstáculo para o progresso das ciências atmosféricas.

divergências entre a realidade abstraída por meio dos dados e uma dada posição teórica, deve-se manter o primeiro e corrigir a segunda.

Dada a apresentação acerca do que deve ser considerado como teoria científica e de qual sua função, partiremos para a abordagem de três de seus principais componentes. O primeiro refere-se à lei científica, a qual deve, segundo LAKATOS & MARCONI (1983), descrever uma regularidade de sucessão, ou seja, apresentar um padrão nos eventos investigados, sendo que a teoria deve indicar os mecanismos responsáveis por tal padrão. Neste sentido, as leis independem das teorias que a explicam, podendo sobreviver caso a teoria se mostre equivocada. Pode-se dizer que a eficiência de uma lei científica depende de regularidades empíricas observáveis, sendo constantemente buscadas por sua capacidade de sistematizar e indicar previsões a respeito dos ‘objetos reais’.

O segundo componente que nos parece fundamental para a construção de um corpo teórico refere-se ao conceito¹⁷, o qual segundo FERRATER MORA (1951) pode ser compreendido como o último elemento de todos os pensamentos. Todo conceito deve referir-se a um objeto, não para substituí-lo ou reproduzi-lo, mas para estabelecer uma correlação. Em resumo, o conceito age como um meio de conhecimento da realidade, através da abstração, configurando-se como “construções lógicas elaboradas pelo cientista, de tal forma que podem captar ou apreender um fato ou fenômeno por eles representados através de um sinal conceitual.” (LAKATOS & MARCONI, 1983, pág. 99).

Outra característica essencial aos conceitos científicos refere-se à sua dependência diante de um quadro de referências pré-estabelecido. Ressaltamos o fato de que os conceitos devem ser adequadamente comunicáveis, de forma que todos os seus elementos sejam conhecidos ou passíveis de conhecimento. Segundo LAKATOS & MARCONI (1983), faz-se necessário distinguir entre constructos e conceitos:

¹⁷ Ainda segundo FERRATER MORA (1951), devemos saber distinguir rigorosamente o conceito das palavras que o constituem, mesmo que estas remetam a um conteúdo significativo, devem ser tomadas enquanto signos ou símbolos. Também se deve levar em consideração que as palavras não são a única instância através da qual podemos mentalizar um conceito, ao lado dela colocam-se os números e demais signos.

“...o conceito expressa uma abstração, formada mediante a generalização de observações particulares. Por sua vez, os constructos não podem ser tão facilmente ligados aos fenômenos que representam. Dessa forma um constructo é um conceito consciente e deliberadamente inventado ou adotado com um propósito científico, formado geralmente através de conceitos de nível inferior de abstração.” (LAKATOS & MARCONI, 1983, pág. 99-100).

Os conceitos e constructos ainda podem ser hierarquizados¹⁸ de acordo com seu grau de abstração:

1. Conceitos de observação direta: representam abstrações de baixo nível, descrevem um fenômeno (ou objeto) através da indicação de seus detalhes perceptíveis;
2. Conceitos de observação indireta: além da enumeração dos detalhes perceptíveis (com ou sem instrumentos adequados), acresce-se uma conclusão acerca do conceito escolhido;
3. Constructos: correspondem a um nível mais elevado de abstração e se configuram no primeiro passo em direção à formulação de uma teoria;
4. Termos teóricos: representam o nível mais elevado de abstração e consistem no estabelecimento de relações entre conceitos e constructos.

Por fim, em relação aos conceitos, devemos alertar para algumas inconsistências¹⁹ recorrentes no que diz respeito à sua utilização pela comunidade científica. A primeira delas se refere à tradução de conceitos, processo sempre carregado de imperfeições. Isto ocorre, pois um sistema conceitual pode ser realmente considerado como uma nova linguagem, a qual contém em sua formação uma série de experiências e especificidades pertinentes ao idioma no qual foi desenvolvida. Assim, quando se trata da tradução de conceitos (e mesmo de termos que não sejam exclusivos da alçada acadêmica) tais experiências e especificidades dificilmente são transpostas adequadamente para outros idiomas, sobretudo quando

¹⁸ Adaptado de LAKATOS & MARCONI (1983, pág. 102).

¹⁹ Infelizmente, nos parece que o conceito tipos de tempo não sofre apenas de uma dessas possíveis inconsistências, mas de todas. Seja pela intrincada tradução do termo ‘*weather*’, pela aparente equivalência com a noção ‘estado atmosférico’ ou pela correlação entre o termo ‘*weather type*’ e fenômenos das mais distintas escalas espaciais e temporais.

se tratam de raízes lingüísticas distintas. O segundo ponto de inconsistência diz respeito aos conceitos que também possuem significados em outros contextos, por exemplo, no chamado 'senso comum'. A terceira ressalva nos remete ao fato de que um único conceito pode fazer referência a fenômenos diferentes, mesmo em contextos diferentes, mas adiciona-se um agravante quando o mesmo termo, no âmbito de uma ciência, designa fenômenos distintos. O quarto equívoco refere-se a termos diferentes que designam o mesmo fenômeno, tornando assim o uso de sinônimos, no âmbito do vocabulário científico, uma dificuldade desnecessária. Enfim, o quinto motivo capaz de conferir inconsistência a um conceito trata das possíveis mudanças de seu significado ao longo do tempo, sobretudo em virtude de um processo de acumulação de conhecimentos.

Finalmente, o terceiro componente fundamental para a elaboração de uma teoria científica aponta para o próprio método científico. De acordo com FERRATER MORA (1951), podemos apresentá-lo, genericamente, como um caminho estabelecido para alcançar determinado fim proposto antecipadamente. Consiste, em um conjunto declarado de regras, que deve se mostrar explícito, não somente por conter tais regras, mas também as próprias razões que justificam o uso dessas regras. Em relação à realidade a ser investigada, o método deve se adequar às especificidades de seu objeto, o que revela uma enorme pluralidade de opções. Mas, seja qual for o objeto investigado, todos os métodos devem manter ao menos uma característica em comum: a possibilidade de que seja aplicado por qualquer pessoa, ou seja, trata-se de sua reprodutibilidade. Em outras palavras, não existem 'métodos individuais', a esta expressão corresponderiam os 'costumes' ou 'procedimentos'.

A fim de encerrar nossas considerações preliminares acerca dos componentes basilares das teorias científicas e suas funções, apresentamos o Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Requisitos básicos da teoria científica

Requisitos Sintáticos	Requisitos Semânticos	Requisitos Epistemológicos	Requisitos Metodológicos
Correção Sintática Os enunciados de uma teoria devem apresentar-se de forma coerente e ordenada, caso contrário a análise lógica estará comprometida, levando, em muitos casos, à ambigüidade.	Exatidão Lingüística Termos ambíguos, obscuros e imprecisos devem ser eliminados.	Coerência Externa A teoria deve ser coerente com a massa de conhecimento aceito, para que encontre outros pontos de sustentação além de seus próprios exemplos.	Escrutabilidade Refere-se à possibilidade de controle intersubjetivo dos procedimentos metodológicos, bem como do teste de suas evidências.
	Interpretabilidade Empírica A partir dos pressupostos teóricos tem de ser possível derivar proposições observacionais, de modo a comparar a adequação da teoria aos fatos.	Poder Explanatório Deve resolver os problemas propostos pela explicação dos fatos e pelas generalizações empíricas. Ressalta-se o fato de que uma teoria não pode abrigar hipóteses ou enunciados que sejam contraditórios.	Refutabilidade A teoria deve ser passível de teste e/ou correção, caso contrário corre o risco de se constituir em um conhecimento autoafirmativo de caráter dogmático.
Sistematicidade Conceitual A teoria deve ser um sistema conceitual para que o teste de suas partes seja relevante para o restante de suas proposições.	Representatividade A teoria deve ser capaz de representar ou reconstruir eventos ou processos reais, ao invés de apenas descrevê-los a partir de seus efeitos macroscópicos.	Poder de Previsão Deve ser capaz de prever o comportamento dos fenômenos que busca explicar.	Confirmabilidade Deve apresentar consequências particulares que podem ou não concordar com a observação. Embora seja necessário que uma teoria seja passível de confirmação, tal requisito não é suficiente para a aceitação de determinado pressuposto, dado que evidências podem ser forjadas.

Fonte: Adaptado de LAKATOS & MARCONI (1983, pág. 110-116). Org.: PRADELLA, H. L.,(2014).

Conforme apresentado pelo quadro acima, podemos discernir quatro grandes grupos de requisitos que precisam ser atendidos para que uma teoria alcance o estatuto de conhecimento científico, o que nos leva ao fato de que muitas proposições de cunho teórico e conceitual em Climatologia, sobretudo em relação ao estudo dos tipos de tempo, sequer adéquam-se aos níveis sintáticos e semânticos apresentados.

Realizaremos agora apontamentos pertinentes ao debate sobre as formas de validação e confirmação das teorias, para que o conhecimento proposto seja

considerado uma aproximação válida da realidade e, portanto, ‘verdadeiro’. Em relação à validação e verificação de teorias, devemos ressaltar que pretendemos apenas apontar a dificuldade de se estabelecer critérios de demarcação para que determinado conhecimento seja considerado válido, e por isso "aproximadamente verdadeiro"²⁰. Dentre as inúmeras escolas e linhas de pensamento que abordam esta temática, nos parece plausível levar em consideração algumas propostas estabelecidas por Karl Popper (2007).

POPPER (2007) afirma que, em seu ponto de vista, um cientista, teórico ou experimental, deve elaborar enunciados ou hipóteses²¹ e verificá-los, submetendo-os a testes empíricos, através de recursos de observação e experimentação²². Assim, o primeiro passo para a validação de teorias científicas seria comparação lógica das conclusões umas às outras, o qual indicaria possíveis falhas na coerência interna do corpo teórico, em seguida deve-se proceder à eliminação de tautologias no interior da teoria. Em segundo lugar, realiza-se a comparação entre teorias ‘concorrentes’ a fim de determinar qual apresenta maior poder preditivo e maiores possibilidades de progresso e, finalmente, a comprovação da teoria a partir de aplicações empíricas que coloquem em prova as conclusões que dela se possam deduzir.

²⁰ Nosso intuito, com este capítulo, é tão somente apontar para alguns requisitos básicos do conhecimento científico, e do risco de se aceitar argumentos frágeis desde que estejam revestidos pela autoridade de acadêmicos renomados ou personalidades, trata-se de evidenciar que, infelizmente, cientistas também estão sujeitos a erros e a raciocínios simplistas. A opinião de um cientista não se configura como um conhecimento científico.

²¹ Aqui compreendida como suposição ou proposição cuja validade ou “grau de verdade” ainda não foi demonstrado.

²² Tal proposição refere-se especificamente às ciências empíricas, classe na qual incluímos a Climatologia. Tais ciências seriam caracterizadas pela ampla utilização do método indutivo. Longe de pretender desmerecer o indutivismo, visto sua importância para a história das ciências em geral, apontamos sim para suas limitações. Assim, conforme POPPER (2007) esclarece, do ponto de vista lógico, não há justificativa que permita inferir enunciados universais a partir de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos estes possam ser. Dessa forma, a problemática sugerida por POPPER (2007) acerca da indução também pode ser colocada como a indagação a respeito da validade ou “grau de verdade” de enunciados universais que sejam baseados exclusivamente na experiência, pois, para isso precisaríamos recorrer a princípios indutivos de ordens mais elevadas, conduzindo a uma regressão infinita. Cabe também ressaltar que, para POPPER (2007), os enunciados universais sequer são genuínos, posto que sua derivação lógica a partir dos enunciados singulares não pode ser comprovada, mas sua falsidade pode ser comprovada com base em enunciados singulares.

Com esta proposta POPPER (2007) pretende impor um sistema de avaliação, que seja rigoroso o suficiente para garantir que somente as teorias mais bem elaboradas ‘sobrevivam’, ao menos temporariamente, uma vez que na concepção deste autor não existem, nem devem existir, ‘verdades’ absolutas ou sacralização de teorias:

“Importa acentuar que uma decisão positiva só pode proporcionar alicerce temporário à teoria, pois subseqüentes decisões negativas sempre poderão constituir-se em motivo para rejeitá-la... Nunca suponho que possamos sustentar a verdade de teorias a partir da verdade de enunciados singulares. Nunca suponho que por força de conclusões “verificadas”, seja possível ter por “verdadeiras” ou mesmo por meramente “prováveis” quaisquer teorias.” (POPPER, 2007, pág. 34).

POPPER (2007) defende, então, não a validação das teorias, mas sua falseabilidade. Assim, a teoria que for falseada²³ (não responder adequadamente aos testes de coerência e de aplicações empíricas), será descartada. Enquanto a teoria que resistir a este teste será considerada apenas como o melhor sistema explicativo, para determinado fenômeno, disponível até o momento. A falseabilidade das teorias reduz-se, na verdade, à falseabilidade dos enunciados singulares que as estruturam.

O referido autor exige, por fim, que os enunciados singulares e as formas de validação propostas sejam objetivos, com a finalidade de afastar as possibilidades de redução da verdade dos enunciados científicos a experiências essencialmente pessoais. Destacamos que o termo ‘objetivo’ aqui utilizado se aplica sobre aquele conhecimento que deve ser justificável independentemente de ‘caprichos pessoais’. Uma justificativa será objetiva se, quando submetida à prova, puder ser compreendida por todos. Ou seja, a objetividade dos enunciados científicos reside na circunstância de eles poderem ser intersubjetivamente submetidos a teste ou a um controle racional mútuo, por via da discussão crítica.

²³ Uma teoria estará falseada somente quando se dispuser de enunciados básicos aceitos que a contradigam ou se forem descobertos efeitos suscetíveis de reprodução que a refutem. O nível de corroboração de uma teoria expressaria sua capacidade em resistir aos testes aplicados, mas não permite estabelecer projeções sobre sua atuação futura.

Para DUTRA (2009), apesar do rigor estabelecido pelo trabalho de Karl Popper, sobretudo em relação aos limites do raciocínio indutivo, há uma grande lacuna em sua linha de pensamento. Esta consistiria justamente na definição do que deve ser uma experiência (e sua relação com o ‘mundo real’ que viria a ser a base empírica para este tipo de teste). Pois, se nos colocamos o problema de saber quando uma teoria pode ser confirmada, e se aceitamos que a experiência seja um caminho válido, uma reflexão epistemológica sobre a validação de teorias deve dizer também o que é a experiência. Em DUTRA (2009) não temos novas reflexões acerca do que deve ser a experiência, mas encontramos sugestões que nos permitem resumir algumas propostas ou exigências para a validação de teorias: (i) confirmação empírica; (ii) as conclusões e pressupostos de uma nova teoria devem parecer plausíveis em relação ao restante do conhecimento aceito; (iii) as predições devem apresentar uma precisão elevadas.

Segundo DUTRA (2009), se uma teoria é capaz de cumprir os requisitos acima de predição, explicação e articulação de conhecimentos e fatos, ela pode ser considerada aproximadamente verdadeira. Finalmente, faremos algumas considerações a respeito da idéia de ‘verdade’. Para JAPIASSU (1981) a categoria ‘Verdade’, inalcançável por definição, não pode mais:

“... ser concebida como o cimento das teorias do conhecimento. Porque tanto as ciências quanto as filosofias e as demais formas de saber estão convencidas de que, no término de suas investigações, não é “a verdade” que irão encontrar, mas tão-somente “verdades” descobertas após um penoso e longo processo de produção histórica. Elas só se estabelecem segundo a dinâmica de um processo.” (JAPIASSU, 1981, pág. 30).

A partir desta citação, percebemos que a noção de verdade deve estar presente no tempo humano, sendo, portanto, histórica. Neste sentido, toda idéia considerada como verdade, somente existe pois foi tornada verdadeira. Em relação às ‘verdades’, JAPIASSU (1981) ainda comenta que:

“Tomada de outro ponto de vista, a fragmentação da verdade significa que não temos mais o direito de aceitar a idéia das grandes sínteses, nas quais, a partir de alguns princípios gerais, poderíamos encontrar a diversidade das afirmações particulares. As tentativas de sínteses que nos foram propostas revelam-se muito frágeis quando as comparamos com o rigor dos discursos particulares. Ademais, apresentam o sério inconveniente de serem incomunicáveis, no sentido em que aparecem como indiscutíveis, incriticáveis e, por

consequente, escapam aos domínios da ciência e da filosofia. Por serem fixas, as sínteses entravam a liberdade do espírito.” (JAPIASSU, 1981, pág. 38).

A verdade parece, então, caracterizar-se antes pela qualidade de nossos pensamentos refletirem adequadamente o mundo que nos cerca do que pela ausência ou supressão do erro. Dessa forma, se considerada rigorosamente, a famigerada ‘verdade científica’, não é verdade, mas sim uma aproximação. Não se define como um conhecimento pronto e acabado, mas que possui um futuro, nos obrigando a admitir a provisoriedade de todo e qualquer modelo explicativo. Indubitavelmente este assunto renderia inúmeras páginas de considerações gnosiológicas, no entanto, pretendemos nos ater aos aspectos mais relevantes para esta dissertação, ou seja, as categorias e os critérios de verdade.

A discussão conduzida até o momento tem como principal finalidade evidenciar as exigências e dificuldades inerentes à construção de uma teoria científica. Esta abordagem se faz necessária porque se torna cada vez mais recorrente para a Climatologia, desenvolvida no âmbito da Geografia, sobretudo no Brasil, que muitas proposições ou hipóteses sejam aceitas, divulgadas e trabalhadas como se fossem teorias, mesmo quando não correspondem aos critérios sintáticos, semânticos, epistemológicos e metodológicos que apresentamos. O caso mais emblemático, acreditamos, refere-se ao que se convencionou denominar ‘paradigma rítmico’²⁴ ou ‘paradigma monteriano’²⁵, o qual foi construído ao longo dos trabalhos de MONTEIRO (1962, 1969, 1971, 1973b e 1975).

A suposição de um ‘paradigma monteriano’ em climatologia mostra-se duplamente equivocada, por um lado pelas lacunas na proposta teórica de Thomas Kuhn²⁶ (2007), e por outro por exprimir uma falsa segurança teórico-metodológica

²⁴ Acreditamos que, acaso exista de fato uma tradição de investigação ‘rítmica’ para a climatologia, esta se associa aos elementos fundadores e unificadores desta área do conhecimento, conforme aponta AZEVEDO (2001). No entanto é inegável o empenho de MONTEIRO (1962, 1969, 1971, 1973b e 1975), em divulgar esta proposta e buscar novas formas de operacionalização e representação.

²⁵ ZAVATTINI (2000); MONTEIRO (2000), entre outros, defendem esta proposta.

²⁶ Obra que, embora já tenha sido superada no âmbito da filosofia da ciência (ou teoria do conhecimento), continua a ser muito utilizada pelos geógrafos. Deve-se a este trabalho a atribuição de um novo status ao termo ‘paradigma’.

que se torna sedutora à maioria dos climatólogos, e tem levado a um padrão de estudos e pesquisas que, na realidade, contribuem pouco ou nada²⁷, seja para o amadurecimento da disciplina, seja para ampliar o quadro de fenômenos explicados adequadamente pela climatologia. Esta postura nos parece possível apenas em um ambiente no qual o conhecimento histórico a respeito da construção de uma disciplina e seus conceitos seja, no mínimo escasso, quando não ausente.

Recorreremos agora a um parêntese para apresentar os motivos que nos fazem questionar a adoção descuidada do termo ‘paradigma’. Para qualquer indivíduo que tenha lido com mínima atenção a principal obra de KUHN (2007), algumas lacunas são evidentes, a começar pelo fato do termo ‘paradigma’ (um dos elementos centrais daquela obra) apresentar inúmeras definições²⁸ e aplicações ao longo do livro. Para isso apresentaremos, brevemente, a proposta de Kuhn a respeito da evolução e do progresso do conhecimento científico, a qual se encontra intimamente atrelada ao termo em análise.

Assim, segundo KUHN (2007), a ciência seria construída pela sucessão de paradigmas bem-sucedidos. Para explicar os processos envolvidos faz recurso aos termos: paradigma, ciência normal, ciência extraordinária, crise, revolução científica e incomensurabilidade.

A primeira ressalva refere-se, obviamente, à própria definição de paradigma utilizada pelo autor, muitas vezes incompatível em relação ao que foi apresentado anteriormente. Segundo a definição apresentada no primeiro capítulo, um paradigma deve, em primeiro plano, atender aos seguintes requisitos: (i) ser capaz de resolver problemas que os paradigmas anteriores não conseguiram, e (ii) oferecer novas perspectivas de construção do conhecimento, seja oferecendo novos fenômenos ou uma nova interpretação sobre eles. Contudo, em muitas partes, pode-se entender o

²⁷ Referimos-nos especificamente à “classificação genética dos tipos de tempo”, sobretudo em trabalhos nos quais se recorre à proposta de Monteiro, em tentativas nitidamente inconsistentes de apresentar sólida fundamentação teórica, conceitual e metodológica, sendo que posteriormente, ao longo do desenvolvimento propriamente dito, são realizadas análises estatísticas dignas da “climatologia separatista”, sem qualquer menção ou relação ao que foi previamente apresentado como ‘base teórica’.

²⁸ Não fazemos nenhuma crítica excepcional, posto que na 9ª edição (2007) existe uma série de apêndices que pretendem corrigir esta e outras lacunas, ou seja, o próprio autor reconheceu tais equívocos e ambigüidades.

paradigma como uma teoria ou método, ou conjunto de regras, como podemos evidenciar por meio das seguintes citações:

“Considero ‘paradigmas’ as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência.” (KUHN, 2007, pág. 13).

“Suas realizações [do paradigma] foram suficientemente sem precedentes, afastando-os de outras formas de atividade científica dissimilares. Simultaneamente, suas realizações eram suficientemente abertas para deixar toda a espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo redefinido de praticantes da ciência”. (Idem, pág. 30).

“Na ausência de um paradigma ou de algum candidato a paradigma, todos os fatos que possivelmente pertencem ao desenvolvimento de determinada ciência têm a probabilidade de parecerem igualmente relevantes. Como consequência disso, as primeiras coletas de fatos se aproximam muito mais de uma atividade ao acaso do que daquelas que o desenvolvimento subsequente da ciência torna familiar.” (Idem, pág. 35).

“Para ser aceita como paradigma, uma teoria deve parecer melhor que suas competidoras, mas não precisa (e de fato isso nunca acontece) explicar todos os fatos com os quais pode ser confrontada.” (Idem, pág. 38).

“No seu uso estabelecido, um paradigma é um modelo ou padrão aceito.” (Idem, pág. 43)

A partir destas citações podemos notar uma convergência em relação ao ‘paradigma’ como elemento orientador da atividade científica, porém, algumas das definições parecem referir-se a concepções teóricas, outras metodológicas e ainda outras de ordem técnica. Associa-se a isto a gritante imprecisão presente em três das cinco definições apresentadas, e temos um quadro conceitual bastante frágil. Tal fragilidade se mostra ainda mais grave quando KUHN (2007) considera que o paradigma é o único recurso de que dispomos para o reconhecimento de determinada área do conhecimento como ciência.

Estabelecido o paradigma, segue-se o período da ciência normal²⁹, a qual, por sua vez, não tem o papel de realizar descobertas, mas apenas resolver quebra-

²⁹ Segundo KUHN (2007) “Neste ensaio, ‘ciência normal’ significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas” (pág. 29). Perguntamo-nos qual pesquisa não se baseia em realizações passadas...

cabeças previamente fornecidos pelo paradigma. Cabe lembrar que, para resolver um quebra-cabeça, deve-se saber qual imagem se quer formar, quais peças estão disponíveis e a relação entre elas, destacando-se aqui o papel do método.

“Talvez a característica mais impressionante dos problemas normais da pesquisa que acabamos de examinar seja seu reduzido interesse em produzir grandes novidades, seja no domínio dos conceitos, seja no dos fenômenos... a gama de resultados esperados (e portanto assimiláveis) é sempre pequena se comparada com as alternativas que a imaginação pode conceber.” (KUHN, 2007, pág. 57).

“A ciência normal é uma atividade altamente determinada, mas não precisa ser inteiramente determinada por regras. As regras, segundo minha sugestão, derivam de paradigmas, mas os paradigmas podem dirigir a pesquisa mesmo na ausência de regras.” (Idem, pág. 66).

Dessa forma caminha a ciência normal, até a ocorrência de uma crise, a qual se dá devido a alguma anomalia que o paradigma atual não consegue absorver ou explicar, tendo início um processo de inquietação dos cientistas e queda na confiança em relação ao paradigma posto. Assim uma anomalia que antes não passava de um simples incômodo, a partir do momento em que se configura como um problema que desafia os padrões estabelecidos pelos quebra-cabeças do paradigma vigente, pode se transformar em uma fonte de crise.

A crise, por sua vez, caracteriza-se por promover a profusão de versões do paradigma, enfraquecendo as regras que antes eram consagradas à resolução dos quebra-cabeças da ciência normal. Nestes períodos os cientistas passam a desenvolver inúmeras teorias especulativas e desarticuladas, sendo que todas apresentam a mesma probabilidade de indicarem o caminho adequado para novas descobertas. Então, a partir de uma elevada correlação entre uma nova hipótese especulativa e novas abordagens empíricas, temos a emergência de um novo paradigma. Segundo KUHN (2007), esse período de transição representa um momento de ruptura e superação em relação ao paradigma anterior:

“A transição de um paradigma em crise para um novo, do qual pode surgir uma nova tradição de ciência normal, está longe de ser um processo cumulativo obtido através de uma articulação do velho paradigma. É antes uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios, reconstrução que altera algumas das generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muitos de seus métodos e aplicações [...] processo que envolve manipulação do mesmo conjunto de dados, mas estabelecendo entre

eles um novo sistema de relações, organizado a partir de um quadro de referência diferente.” (KUHN, 2007, pág. 116).

A esta caracterização que acabamos de expor, a respeito da superação das crises por meio de novos paradigmas, KUHN (2007) denomina como ciência extraordinária, ou seja, o processo que permite a produção de descobertas e novos conhecimentos. A ciência extraordinária só ocorre no seio das revoluções científicas³⁰, que compreendem justamente esse período de crise, surgimento de novas propostas de paradigmas e disputas entre as escolas científicas, encaminhando, enfim, para a superação da crise por meio do advento de um novo paradigma.

E neste ponto KUHN (2007) introduz a idéia de incomensurabilidade, algo próximo à noção de incomparabilidade, ou seja, os paradigmas seriam escolhidos por critérios não necessariamente racionais. Uma vez que dois paradigmas, segundo Kuhn, nunca partem dos mesmos pressupostos teóricos, ocorreria então um debate de surdos, uma vez que não há um referencial comum às duas propostas, seria impossível comparar de modo minimamente imparcial as duas propostas. Aqui apontamos para um dos aspectos mais polêmicos da proposta de Kuhn, qual seja a adoção de novos paradigmas a partir de critérios sociológicos. Dessa forma os grupos proponentes de paradigmas competidores estariam em constante desentendimento, uma vez que um adversário jamais aceitaria todos os pressupostos teóricos da proposta concorrente. A citação a seguir esclarece esta posição:

“É por isso, igualmente, que antes de poder esperar o estabelecimento de uma comunicação plena entre si, um dos grupos deve experimentar a conversão que estivemos chamando de alteração de paradigma. Precisamente por tratar-se de uma transição entre incomensuráveis, a transição entre paradigmas em competição não pode ser feita passo a passo, por imposição da lógica e de experiências neutras. Tal como a mudança da forma (gestalt) visual, a transição deve ocorrer subitamente (embora não necessariamente num instante) ou então não ocorre jamais.” (KUHN, 2007, pág. 192).

³⁰ Segundo KUHN (2007) “... consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior.” (pág. 125).

Este fato leva KUHN (2007) a afirmar que na escolha de um novo paradigma não existe “critério superior ao consentimento relevante”. O princípio da incomensurabilidade refere-se a um conjunto de alterações significativas nos critérios e parâmetros considerados relevantes por dado grupo, incluindo aqueles que determinam a legitimidade dos questionamentos e soluções a serem colocados. Isso faz com que cada grupo utilize seu próprio paradigma como argumentação para sua defesa.

Nesse ponto o autor cita a “conversão” dos cientistas ao novo paradigma como um fator crucial para o êxito de uma nova proposta. Contudo, tal conversão somente pode ocorrer pela fé no novo paradigma, por uma aproximação estética (o novo paradigma é mais simples, mais claro ou mais interessante). Fica evidente, portanto, certo desapego à racionalidade e avaliação lógica dos paradigmas, o que, em nossa opinião, apesar de que possa ser verdadeiro, não pode em hipótese alguma ser tomada como modelo de condução do conhecimento científico. Cabem ainda algumas considerações pertinentes à influência do paradigma sobre a visão de mundo dos cientistas, uma vez que este orienta a interpretação dos fenômenos e como reagir a eles, fazendo com que, em períodos de transição, a percepção do cientista em relação ao seu meio ambiente seja reeducada. A este respeito:

“Mas os paradigmas não diferem somente por sua substância, pois visam não apenas à natureza, mas também à ciência que os produziu. Eles são fonte de métodos, áreas problemáticas e padrões de solução aceitos por qualquer comunidade científica amadurecida, em qualquer época que considerarmos. Conseqüentemente, a recepção de um novo paradigma requer com freqüência uma redefinição da ciência correspondente. Alguns problemas antigos podem ser transferidos para outra ciência ou declarados absolutamente ‘não-científicos’. Outros problemas anteriormente tidos como triviais ou não-existent podem converter-se, com um novo paradigma, nos arquétipos das realizações científicas importantes. À medida que os problemas mudam, mudam também, seguidamente, os padrões que distinguem uma verdadeira solução científica de uma simples especulação metafísica, de um jogo de palavras ou de uma brincadeira matemática. A tradição científica normal que emerge de uma revolução científica é não somente incompatível, mas muitas vezes verdadeiramente incomensurável com aquela que a precedeu.” (KUHN, 2007, pág. 138).

Finalmente, queremos destacar algumas considerações do próprio autor em relação ao problema da indefinição do termo ‘paradigma’:

“Percebe-se rapidamente que na maior parte do livro o termo ‘paradigma’ é usado em dois sentidos diferentes. De um lado, indica toda a constelação de crenças, valores, técnicas etc., partilhadas pelos membros de uma comunidade determinada. De outro, denota um tipo de elemento dessa constelação: as soluções concretas de quebra-cabeças que, empregadas como modelos ou exemplos, podem substituir regras explícitas como base para a solução dos restantes quebra-cabeças da ciência normal.” (KUHN, 2007, pág. 220).

“Uma leitora simpatizante, que partilha da minha convicção de que o ‘paradigma’ nomeia os elementos filosóficos centrais deste livro, preparou um índice analítico parcial e concluiu que o termo é utilizado em pelo menos vinte e duas maneiras diferentes.” (Idem, pág. 228).

Diante da impossibilidade de solucionar esta querela, KUHN (2007) propõe a adoção do termo ‘matriz disciplinar’, em substituição ao que seria o elemento central de sua proposta:

“Para os nossos propósitos atuais, sugiro ‘matriz disciplinar’: ‘disciplinar’ porque se refere a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina particular; ‘matriz’ porque é composta de elementos ordenados de várias espécies, cada um deles exigindo uma determinação mais pormenorizada.” (KUHN, 2007, pág. 228-229).

Cabe questionar, afinal, qual a validade do termo paradigma frente ao quadro que acabamos de apresentar. Retomando a proposta original deste parêntese, identificada pela necessidade de apontar a fragilidade do paradigma na concepção kuhniana e os riscos de sua utilização imprudente, nos deparamos com algumas indagações: afinal, a qual definição do termo deveria se referir o paradigma da expressão ‘paradigma monteriano’ (ou seria ‘matriz disciplinar monteriana’)? Quais predições foram possibilitadas por meio da adoção deste paradigma?

Se lembrarmos que a proposição de uma “classificação genética dos tipos de tempo”, surge em 1934, na obra de FERRAZ³¹, junto à sua indicação de que esta seria a tarefa prioritária para o climatologista brasileiro, ou seja, vinte e oito anos antes do artigo de 1962, no qual Monteiro refaz esta proposta, a questão do ‘paradigma monteriano’ torna-se ainda mais questionável. Pode-se argumentar também que a abordagem rítmica, voltada para avaliação da “sucessão habitual dos

³¹ Ressaltamos que a data de 1934 corresponde à publicação da primeira edição da obra citada. Para este trabalho utilizamos a segunda edição, datada de 1945.

tipos de tempo”, nos moldes estabelecidos por Monteiro (1969; 1971), seria elemento suficientemente inovador para que se constituísse em um ‘paradigma’³², porém este autor sequer apresenta uma definição acerca do conceito de tipos de tempo e a isto somamos o fato de que, segundo AZEVEDO (2001), o ritmo associado aos eventos atmosféricos tem sido investigado há muito tempo, variando apenas a escala e o fenômeno dos ritmos investigados por Monteiro na maior parte de suas obras.

Feitas as devidas ressalvas em relação ao termo ‘paradigma’ (ou o que consideramos o primeiro equívoco da climatologia brasileira em relação ao ‘paradigma monteriano’) divulgado por Kuhn, retomemos a proposta teórica e operacional de Monteiro para a climatologia, a qual conduz ao que colocamos anteriormente como o segundo equívoco. Para isto, faremos uma breve incursão através de algumas noções fundadoras da “análise rítmica”, para em seguida apresentarmos a crítica, desenvolvida mormente por AZEVEDO (2001).

Resumidamente, podemos apresentar a abordagem de Monteiro como uma tentativa de, através da análise do ritmo da sucessão habitual dos tipos de tempo, desvendar os mecanismos e a gênese dos processos responsáveis pela configuração dos climas regionais. Neste raciocínio, somente a seqüência contínua dos tipos de tempo (considerados aqui como fenômenos de escala regional), permitiria o reconhecimento de seu comportamento real, bem como de suas combinações em relação aos demais elementos climáticos e ‘controles geográficos do clima’. Esta seqüência conduziria ao ritmo, e este se constituiria na essência da análise dinâmica. Percebe-se forte influência da chamada “Climatologia Dinâmica”³³, fazendo com que o autor, de modo geral, abordasse a atmosfera através da análise do que se convencionou chamar como massas de ar e frentes.

Portanto, os ritmos climáticos seriam derivados da variação na ação (localização e intensidade) dos centros de pressão atmosférica, uma vez que estes seriam responsáveis pela circulação das massas de ar e frontogênese associada. Estes fenômenos, por sua vez, seriam responsáveis pela configuração dos climas

³² Considerado aqui como um conjunto de regras e procedimentos padronizados, associados a uma abordagem teórica específica.

³³ Expressão que, no Brasil, também foi usada primeiramente por FERRAZ (1945).

regionais e dos tipos de tempo, alcançando então uma escala de análise mais próxima à escala na qual as pessoas vivem. Para isso o autor busca o ritmo desses eventos (massas de ar e frentes), acreditando assim impor um caráter genético à sua proposta, ao associá-los ao comportamento dos centros de ação em escala planetária.

A partir destas concepções constrói-se a noção de “análise rítmica”, a qual seria uma proposta de operacionalização das concepções acima citadas. Para a realização de tal intento, MONTEIRO (1971) estabeleceu três regras de trabalho:

1º “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, pág. 9).

2º “Só 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.” (MONTEIRO, 1971, pág. 12).

3º “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 no espaço geográfico em que se define”. (MONTEIRO, 1971, pág. 13).

MONTEIRO (1971) destaca também a necessidade de se trabalhar a “realidade dos valores extremos” em confronto com as abstrações³⁴ produzidas pelos valores médios, característica esta que perpassa toda a sua obra, exercendo notável influência sobre os demais pesquisadores que se baseiam na “análise rítmica”³⁵. Acreditamos, com estes poucos parágrafos, ter apresentado de forma

³⁴ O argumento recorrente aqui é que a chamada ‘Climatologia Separatista’, em linhas gerais, por isolar a os parâmetros atmosféricos em procedimentos quantitativos e descritivos, acabaria por valorizar sobremaneira as médias, levando a formulações generalistas e grandes abstrações. Contudo, os autores que endossam este ponto de vista parecem se esquecer de que a noção de massas de ar, assim como o clima e os tipos de tempo, também não deixa de ser um recurso abstrato e simplificador frente às nossas limitações cognitivas em relação à compreensão da realidade. Parece-nos curioso também que esta climatologia rotulada como “separatista” ou estática seja justamente aquela que, ao que tudo indica, foi responsável pela criação das cartas sinópticas.

³⁵ Na “análise rítmica” os gráficos construídos apresentam informações sobre os parâmetros individuais associados às massas de ar e aos tipos de tempo, sob o argumento de apresentar uma

concisa e clara os pressupostos basilares do que se convencionou chamar ‘paradigma monteriano’. As críticas que expõem algumas fragilidades desta abordagem, e, portanto nos levam a considerá-la inadequada para a sustentação de um ‘paradigma’, encontram-se em AZEVEDO (2001).

A primeira delas refere-se ao ritmo como conceito condutor dos estudos climatológicos, pois como citamos anteriormente, Azevedo (2001) considera que os trabalhos clássicos de HANN (1903) e KÖPPEN (1948) tinham como principal objetivo a identificação dos ritmos climáticos diários e anuais a partir dos valores normais e médios da insolação, constituindo-se no elemento unificador do discurso climatológico. A este respeito AZEVEDO (2001) ressalta a dificuldade intrínseca à identificação dos ritmos climáticos:

“Não é tarefa simples derivar as possíveis componentes rítmicas de séries de registros meteorológicos, sobretudo por dois motivos: (1) alguns ritmos são quase perfeitamente cíclicos e outros não, o que torna inócua a aplicação de análises de Fourier e outras...; (2) é provável que o ritmo da variação integral de cada variável meteorológica seja representável somente através de um único sistema não linear, que, coerentemente, abrigaria todo o conjunto de variáveis conhecidas e/ou observadas e, possivelmente, outras. Até o momento não há ferramental, conceitual, lógico e semântico que permita reduzir dados numéricos a modelos desta natureza.” (AZEVEDO, 2001, pág. 216).

“Muitas vezes, ao investigar-se séries climáticas, não nos parece haver uma hipótese explícita quanto ao ritmo a ser investigado ou o ritmo é suposto existente mas não se sabe bem como seria seu ‘período’, ou melhor, quais seriam seus ‘momentos’. Então, recorre-se diretamente aos dados na ‘esperança’ que indiquem por si sós o ritmo procurado, ou outros quaisquer. Não nos parece um procedimento muito engenhoso pois não há qualquer lógica no mesmo. Sempre há uma hipótese analítica por detrás da geração, registro, redução, simplificação e representação de quaisquer valores numéricos, sobretudo nos registros meteorológicos.” (Idem, pág. 218).

A segunda crítica para a qual devemos atentar refere-se ao caráter pretensamente genético³⁶ atribuído à ‘análise rítmica’. Segundo AZEVEDO (2001) a

visão sintética e integradora. Contudo, nenhuma classificação foge ao exercício de síntese, de modo que os parâmetros individuais mencionados encontrar-se-iam “embutidos” na tipologia estabelecida, não havendo, portanto, necessidade de repeti-los.

³⁶ Ressalta-se que em diversos trabalhos, como FUNARI (2006) e TARIFA (2002), a mesma ‘gênese’ pode acarretar tipos de tempo nitidamente distintos, nos parecendo, portanto insuficiente.

investigação genética deve indicar e explicar os motivos que condicionam as variações intra-anuais pertinentes aos comportamentos dos centros de ação e, conseqüentemente, das massas de ar. Características que ainda não foram plenamente satisfeitas pela climatologia, assim:

“Ao ‘classificar geneticamente’ os tipos de tempo e demarcar o ritmo, uma das variáveis usadas na caracterização, do que se convencionou chamar de ‘frente fria’, é justamente a ocorrência e intensidade da chuva e nebulosidade. Mais adiante, depois de somar a chuva por ‘tipo’ de tempo, concluir que a chuva está relacionada à passagem frontal é, no mínimo, redundância. Queremos explicitar que não saímos do nível descritivo ainda. Uma explicação genética dos tipos de tempo não é simplesmente caracterizá-los a partir de movimentos atmosféricos de escala planetária e regional mas, sim, determinar a causa do ritmo estudado!” (AZEVEDO, 2001, pág. 75).

Com isso acreditamos ter esclarecido as razões pelas quais consideramos inexistente tal ‘paradigma’³⁷ para a climatologia brasileira. Ressaltamos aqui o inegável avanço qualitativo promovido por tal linhagem investigativa, sobretudo em relação à noção de ‘ritmo’. Evidentemente, ao refutarmos este ‘paradigma’, discordamos também quanto à existência de uma “teoria da climatologia geográfica brasileira” (*sic*), como sugerem ELY (2006)³⁸ e CARACRISTI (2007)³⁹, entre outros.

Conforme ressaltamos, consideramos que a principal contribuição de Monteiro, ao longo de sua obra, seja justamente o aprofundamento qualitativo em relação à investigação dos ritmos⁴⁰ climáticos, sobretudo em associação com o

³⁷ Outro destaque é o fato de que, cinquenta anos após a publicação do texto considerado o fundador deste frágil paradigma (MONTEIRO, 1962), ainda não temos nenhuma proposta de classificação de tipos de tempo, seja para o Brasil, para suas regiões ou estados, que seja minimamente precisa. Enquanto, para a Inglaterra, trabalhos com esta finalidade existem há pelo menos sessenta anos (LAMB, 1950). Por um lado, isto se deve ao caráter inegavelmente episódico do qual se revestem as análises sobre os tipos de tempo no Brasil (ainda que sejam úteis enquanto testes metodológicos), por outro lado, pela inviabilidade prática da proposta de Monteiro.

³⁸ Para comprovar sua posição, esta autora analisa dissertações e teses que, a princípio, utilizariam como orientação teórico-metodológica os pressupostos do ‘paradigma monteriano’. Porém, nesta análise foram incluídos trabalhos críticos em relação à “análise rítmica”, como TOLEDO (1973).

³⁹ Neste trabalho deve-se destacar acentuada imprecisão terminológica, principalmente em relação aos conceitos de tipos de tempo e ‘clima’.

⁴⁰ A este respeito, GREGORY (1930) afirma que, do ponto de vista estritamente científico, nenhum ciclo seria especialmente importante, a menos que suas causas próximas ou últimas sejam adequadamente compreendidas. Contudo, a meteorologia não pode se ater a esta regra uma vez que a maior parte de seus conhecimentos é construída a partir de procedimentos empíricos, a despeito da dificuldade em identificar e demarcar tais ciclos. Este autor ainda cita o fato de que a busca pelo ‘ciclo

problema da definição (espacial e temporal) dos tipos de tempo, ainda que não tenha formalizado nenhuma definição.

A princípio nos parece que os tipos de tempo ganham relevância (ou maior publicidade) para a climatologia e para a meteorologia a partir do trabalho de WARD (1914), no qual o clima é considerado, inicialmente, a ‘média do tempo meteorológico’ e seria passível de apreensão a partir do registro contínuo, por muitos anos, dos dados meteorológicos. Contudo, o autor logo refuta esta concepção ao afirmar que o clima não corresponde ao ‘tempo médio’, mas sim à soma dos tipos de tempo. Assim, WARD (1914) passa a considerar os tipos de tempo enquanto elementos fundamentais para a compreensão das variabilidades existentes cotidianamente no tempo meteorológico, os quais forneceriam aos climas suas características reais, que afetariam os mais diversos aspectos relacionados à agricultura, ao conforto e a saúde. Segundo o autor:

“The nature of these changes depends on the degree of development; the velocity of progression; the tracks; and other conditions of the disturbance which produces them. Of weather types there is an almost endless variety. Their detailed study belongs under Meteorology. Yet these types give our climates their distinctive characters, to a large extent determining the amount and the distribution of the temperature; of precipitation; of humidity; of cloudiness.” (WARD, 1914, pág. 4).

Com isto o autor pretende justificar como tarefa para os climatólogos a identificação e representação das seqüências de tipos de tempo, que apresentariam variações regionais e sazonais, decorrentes da combinação, mais ou menos irregular, de elementos que variam periodicamente de acordo com a insolação e de elementos não-periódicos, associados aos ciclones e anticiclones.

de ouro’ da atmosfera tem levado muitos pesquisadores a despenderem um tempo precioso em investigações infrutíferas. Em vista deste fato o autor declara que a principal preocupação do meteorologista refere-se à investigação dos ritmos e ciclos irregulares de eventos relacionados às colheitas e demais aspectos da vida econômica, como períodos de cheia ou estiagem. Nesta perspectiva, ressalta que: “This is no single periodical meteorological phenomenon, which must fulfill itself with mathematical exactitude from one occurrence to another. Of the reality of a marked annual period of temperature or of rainfall there cannot be the slightest doubt, and yet we see the epochs from year to year fall not exactly on the same months, but now on the one, now on the other month, owing it may be the influence of disturbing factors, which enter differently from year to year, or it may be to certain accidents.” (GREGORY, 1930, pág. 109).

Note-se que no intento de realizar esta tarefa, WARD (1914) destaca a impossibilidade de identificar os tipos de tempo sem o recurso às seqüências de cartas sinópticas e aos registros gráficos a respeito de sua passagem sobre o continente. Isto se deve ao fato de que os registros mensais acabariam por obscurecer inúmeras oscilações nos tipos de tempo. Quanto aos gráficos, cabe ressaltar que são representações que associam, na mesma imagem, os valores de temperatura e pressão atmosférica, sentido dos ventos e uma espécie de tipologia simplificada dos tipos de tempo (nublado, chuvoso, claro e etc.), todos dispostos em escala horária.

Utilizando estes recursos o autor procede à identificação de tipos de tempo, no território estadunidense, tomando como critérios os centros de ação do qual se originam, além dos valores de temperatura, pressão e precipitação. Neste ensaio, os tipos de tempo são associados à escala sinóptica, e em sua dimensão temporal estão associados às escalas diária e semanal.

Por sua vez, LAMB (1950)⁴¹ ao realizar uma classificação de tipos de tempo para as Ilhas Britânicas, com dados diários de 1898-1947, estabelece uma tipologia com sete classes predominantes e duas transicionais. Tal resultado o levou a demarcar cinco “estações naturais” ao longo do ano, as quais seriam subdivididas em aproximadamente vinte estações mais curtas, agrupadas de acordo com o período de persistência de cada tipo de tempo. Assim como WARD (1914), o autor utiliza como critério os principais centros de ação atuantes sobre a área em estudo, também associando os tipos de tempo à escala sinóptica.

A divergência aqui se encontra na escala temporal, pois LAMB (1950) define que os períodos típicos dos tipos de tempo teriam entre vinte e trinta e cinco dias, ressaltando que muitos desses tipos apresentam variações diárias, principalmente aquelas relacionadas à passagem de depressões ou anticiclones individuais. Dessa forma, interrupções que não duraram mais do que três dias foram consideradas insuficientes para demarcar o fim da persistência dos períodos mais abrangentes.

⁴¹ Neste artigo o autor cita como a primeira tentativa de classificação de tipos de tempo um trabalho realizado por Köppen e van Bebbber em 1895, no qual teriam definido vinte tipos de tempo na Europa, delimitados a partir das variações na posição do principal anticiclone regional sobre o oceano, o continente e o litoral. Segundo Lamb (1950) esta classificação seria puramente geográfica em sua concepção, e de difícil correlação com os modelos de circulação atmosférica em geral.

Outro autor a abordar esta temática é FRANÇA (1946), para o qual os tipos de tempo corresponderiam às condições reais, que ocorreriam com duração mais ou menos prolongada, sendo sua caracterização determinada pela “sucessão habitual acima de um lugar”⁴². A respeito da relação entre tipos de tempo e clima, e sobre os fatores que atuam no controle daqueles, o autor afirma que:

“Para o geógrafo, as combinações dos elementos do clima devem ser encaradas apenas em face das condições da superfície de um lugar, as quais modificam as características e comportamento das massas de ar. São essas condições que permitem a ocorrência de tipos de tempo, na sua ‘sucessão habitual’, que, de acordo com Sorre, constituem a ‘ambiência atmosférica’ definida como clima. Dois fatores principais condicionam essa sucessão, no decorrer do ano: a quantidade de calor solar recebido pela superfície e o predomínio temporário de uma massa de ar, sujeitos ambos às feições geográficas do lugar. Esses fatores são as causas fundamentais da evolução do tempo e dos aspectos resultantes...” (FRANÇA, 1946, pág. 31).

Parece-nos relevante indicar o que talvez seja a primeira tentativa de classificação de tipos de tempo no Brasil. Segundo o autor:

“Em um estudo dedicado aos climas do Estado de São Paulo, Sampaio Ferraz apresentou uma classificação em oito tipos de tempo que seriam ‘fundamentais’ e que ocorreriam com frequências mais ou menos definidas, no Brasil Meridional. Porém, o que esse autor chama de tipo ‘francamente distinto’ nada mais é do que uma condição média, de predomínio temporário e sucessivo, das massas de ar. Sampaio Ferraz admite que há ‘múltiplas nuances das condições que ele chama tipo de tempo. Julgamos, porém, preferível considerar essas ‘múltiplas nuances’ como sendo os verdadeiros tipos de tempo – ao envez de o fazer para as condições gerais de que resultam.” (FRANÇA, 1946, pág. 53).

FRANÇA (1946) afirma ainda que o estudo dos tipos de tempo, para ser conduzido adequadamente, abarcando todas as variações que ocorrem, somente pode ser realizado em micro-escala, tanto temporal quanto espacialmente.

Com os trabalhos de TARIFA (1975; 1977) temos, novamente, outra proposta para a identificação dos tipos de tempo. Em grande parte baseado na abordagem de MONTEIRO (1969; 1971), TARIFA (1975; 1977) mantém a escala regional como aquela na qual os tipos de tempo encontrariam sua gênese e desenvolvimento, utilizando-se também da noção de ritmo (e sucessão) para analisá-los e demarcar

⁴² FRANÇA (1946, pág. 30).

uma tímida, porém significativa tentativa de classificação de famílias de tipos de tempo. Em relação à escala horária, os eventos identificados por TARIFA (1977) caracterizam-se por variações que vão de poucos dias a até duas semanas.

Outro aspecto que merece destaque é o nítido esforço deste autor em conferir atributos quantitativos à análise qualitativa, buscando meios de aperfeiçoar (ou identificar objetivamente) os parâmetros delimitadores dos tipos de tempo, bem como enriquecer a análise de suas conseqüências em relação aos registros meteorológicos. TARIFA (1975) considera que os tipos de tempo são os “conjuntos de situações atmosféricas resultantes dos diferentes tipos de frontogênese”.

Citemos ainda o trabalho de JESUS (1995) que, ao construir uma análise sobre a questão escalar em climatologia, agrupa os tipos de tempo na abordagem em micro-escala, relacionando o conceito a análises episódicas (diárias). A respeito desta dificuldade em estabelecer uma abordagem unificada para o conceito, JESUS (1995) considera que, por se tratar de uma noção complexa e abstrata, sem que seja possível determinar sua existência concreta em lugar algum, não se pode medir ou equacionar os tipos de tempo em termos exatos.

Neste ponto concordamos com JESUS (1995) e incluímos o conceito de clima nesta categoria de noções abstratas, uma vez que suas definições, de um modo ou de outro, conduzem a uma posição retrospectiva em relação a um conjunto de dados dos quais se pretende depreender informações acerca do comportamento da atmosfera através de seus parâmetros.

Assim, não faltam exemplos de trabalhos, nacionais ou internacionais, que apresentem concepções contrastantes a respeito dos tipos de tempo e das escalas de análise associadas. Contudo, JESUS (1995) destaca que não se trata apenas de abordar o mesmo fenômeno a partir de diversas escalas espaciais e temporais⁴³, mas sim de compreender que escalas diferentes conduzem a fenômenos também distintos, assim como seus respectivos níveis de abstração.

Ainda em relação aos tipos de tempo, CARACRISTI (2007), ao adotar a proposta formalizada por MONTEIRO (1969), de que o ritmo constitui a “essência

⁴³ Não se trata, portanto, de uma questão meramente etimológica, embora a polissemia seja claramente um dos problemas em voga. Trata-se de encontrar uma unidade conceitual e operacional.

geográfica do clima”, e conseqüentemente dos demais fenômenos atmosféricos, apresenta sua concepção do seguinte modo:

“A sucessão deve ter um caráter de síntese progressiva, de uma contração de instantes interpenetrados que se conservam ao passar uns nos outros. Conservar, não no sentido de reter, resguardar ou isolar, mas sim na acepção de ainda estar vivo no outro num contínuo processo recursivo. Com efeito, a sucessão passa a ser ‘fusão’ ininterrupta e recursiva: instantes/estados passando ‘uns aos outros’ e não ‘uns pelos outros’. Nessa fusão ou contração de instantes, nessas relações instantâneas, produz-se a simultaneidade... Cada estado da atmosfera, cada tipo de tempo, é uma simultaneidade, uma contração de relações quantitativas entre elementos e fatores climáticos que se conservam e se sucedem com diversas intensidades e amplitudes, num ritmo próprio percebido no espaço-tempo da observação. A conservação de cada estado atmosférico ou tipo de tempo na habitualidade de sua sucessão produzirá um ritmo, que, por sua vez, conservará a sucessão habitual. Dessa relação recursiva emerge o padrão climático.” (CARACRISTI, 2007, pág. 60).

Nesta perspectiva, o grau de sensibilidade (aos processos físico-químicos e aos mecanismos da circulação) dos elementos atmosféricos seria responsável pela origem de processos de interações instáveis, que por sua vez produziriam certos tipos de tempo de forma aleatória (a partir de bifurcações), os quais seriam passíveis de sucessão espacial e temporal em termos das probabilidades determinadas pela sensibilidade inicial.

Como é possível observar, os autores e definições brevemente apontados aqui se destinam apenas a provar a diversidade de concepções operacionais e teóricas relacionadas ao estudo dos tipos de tempo, sendo esta uma das principais justificativas desta dissertação⁴⁴. Em vias de encerrar este capítulo, nos parece indispensável pontuar algumas considerações a respeito da dimensão temporal dos processos atmosféricos, sobretudo para a concepção de ‘ritmo’ e sua importância para a definição da dimensão temporal do conceito em questão.

Sobre esta problemática referente ao tempo (cronológico), ASKIN (1969), nos lembra que o conhecimento sobre as propriedades temporais do mundo manifestam-

⁴⁴E também deste capítulo, ou seja, apresentar a problemática referente às supostas teorias ou paradigmas orientadores dos estudos dos tipos de tempo.

se de forma mais contundente por meio da linguagem⁴⁵, sobretudo quando se constroem os tempos gramaticais, com os quais se podem expressar de maneira adequada as relações entre passado, presente e futuro. Como o tempo, de maneira geral, caracteriza-se pela seqüência dos fenômenos, assim como sua duração, alternância, sucessão e freqüência, recorremos às unidades temporais de medida⁴⁶ como meio de expressar e ordenar nossas sensações e experiências.

De acordo com ASKIN (1969) a medição do tempo somente pôde ser aperfeiçoada a partir do momento em que surgiram as primeiras reflexões (bastante pontuais) acerca do ritmo temporal, dos intervalos regulares da repetição dos processos, bem como da capacidade de reproduzir (ou tentar) estes padrões. É significativo ressaltar que, ao menos inicialmente, a medição do tempo não era relacionada aos processos de periodicidade regular, mas sim aos acontecimentos que eram considerados memoráveis para uma determinada comunidade. Posteriormente, passou-se da referência aos eventos repetitivos, mas não obrigatoriamente regulares, como a colheita, para a identificação da passagem do tempo com o movimento do Sol, através das ‘coisas’ moventes⁴⁷, portanto. Não é difícil conceber que a expressão, ou inicialmente a noção, tipos de tempo esteja associada a esta característica, principalmente se levarmos em consideração a expressão “tempo⁴⁸ (meteorológico) que faz”, que caracteriza determinados períodos de tempo (cronológico) em associação a determinados fenômenos meteorológicos.

⁴⁵ A este respeito MONTEIRO (2000) afirma: “Contudo a esfera gasosa – atmosfera – pela sua condição de fluído de grande sensibilidade – é a mais dinâmica de todas as esferas terrestres. Seu comportamento em estados ‘momentâneos’. Não é assim, de admirar-se que, nas línguas latinas, estes estados momentâneos, tão variados sejam designados com o mesmo vocábulo – tempo – que aquele que passa (cronológico). Diferentemente das línguas anglo-germânicas e eslavas – provavelmente oriundas de uma etimologia ligada ao ar, vento (éter) – as latinas associam a perseguida entização ao seu comportamento em vez de sua essência. Em suma, em sua mutabilidade constante as condições atmosféricas são o movente por excelência, podendo associar-se ao próprio fluir do tempo que escoar, que flui ininterruptamente.” (MONTEIRO, 2000, pág. 9)

⁴⁶ Esta possibilidade existe apenas diante da concepção de que o mundo existente tem um caráter objetivo, orientando a análise do tempo em um sentido materialista.

⁴⁷ Cabe destacar que nos damos conta do passar do tempo por meio de objetos cujos movimentos (qualitativos e quantitativos) nos apresentam a manifestação abstrata do fluir.

⁴⁸ Tanto o tempo cronológico quanto o meteorológico são perceptíveis de forma polisensorial, muitas vezes tornando intuitiva nossa percepção acerca de seus movimentos, variações e desenvolvimentos.

Contudo, sabemos que, na realidade, a existência do tempo ocorre de modo independente em relação aos procedimentos de medição estabelecidos, assim a quantificação do tempo deve ser efetuada com base na sua estreita relação com o espaço, relação que se evidencia com o movimento da matéria. Assim, o tempo pode ser indicado como o início de determinada mudança, mas o que passa por um processo de mutação de fato é algo que se encontra no tempo, e não o próprio.

Esta representação, freqüentemente, nos leva a avaliar a temporalidade como um aspecto externo aos fenômenos, mas suspeitamos de que estes processos estejam “plasmados” ao tempo, cada qual registrando sua própria trajetória ao longo do curso do tempo. Curiosamente, embora seja aparentemente fácil caracterizar o tempo em função de suas propriedades qualitativas (duração, sucessão, ritmo), sua definição propriamente dita se mostra muito mais desafiadora, sobretudo por conduzirem, na maioria das vezes, a sentenças tautológicas. Assim nos eximimos desta responsabilidade, e passamos a nos ocupar com suas propriedades qualitativas.

A duração, quantitativamente, expressa dimensões dos processos do tempo (a velocidade se relaciona com o tempo como duração), enquanto que qualitativamente indica a permanência de determinada existência da matéria, constituindo-se na característica fundamental da estabilidade dos processos e sistemas materiais. Já a idéia de sucessão temporal deve ser compreendida como a sucessão dos fenômenos, indicando a correlação das posições no processo de existência. Isso ocorre de tal forma que a sucessão no tempo somente ocorre entre fenômenos que substituem uns aos outros no processo de sua existência. Assim, passado, presente e futuro constituem-se nas características temporais para os quais não existem análogos espaciais, uma vez que a sucessão espacial ocorre para fenômenos equivalentes do ponto de vista de sua existência. Essa mudança representada pela sucessão temporal pressupõe que há uma existência permanente, caso contrário não haveria o que mudar.

Torna-se necessária uma ressalva em relação à duração: a estabilidade ou a permanência de um estado ou processo, de certa forma, constituem-se em manifestações da variabilidade, e não da imutabilidade. Sendo assim, a mera conservação da existência encontra-se sustentada pela mudança, a qual, motivada

por uma causa específica, revela a intrínseca relação entre tempo e causalidade, no qual um fenômeno atua sobre outro.

Ainda segundo ASKIN (1969), o ritmo, aspecto determinante de uma periodicidade em progresso, destaca-se por exprimir a repetição dos processos de existência aceitando sua reversibilidade⁴⁹, que se apresenta como a possibilidade de que os fenômenos se reproduzam em uma ordem diferente daquela realizada primeiramente. Assim, o conceito de ritmo, ao pressupor a existência de diversas etapas relacionadas à sucessão temporal, generalizaria a característica periódica dos processos materiais, podendo inclusive, relacionar-se ao espaço, como uma expressão de uma dada repetição de objetos que existem simultaneamente.

Em certa medida, a noção de ritmo também parece mostrar propriedades polissêmicas, uma vez que pode tanto se referir à periodicidade dos fenômenos (daqueles em movimento), como à estrutura dos processos. O ritmo expressa um enlace (um tipo de conexão dos acontecimentos) muito específico dos elementos ao longo do tempo, de tal forma que sua variação (diminuição ou aumento dos intervalos temporais que separam os processos a serem repetidos) indica igual modificação funcional do fenômeno em questão. ASKIN (1969), por sua vez, considera que a maior importância do ritmo refere-se à:

“... ação reguladora sobre o curso dos processos. É indiscutível o influxo do ritmo temporal, no desenvolvimento de um sistema dado sobre o elemento singular em que ele se encontre, sobre a concordância entre as partes e o todo. Um mesmo elemento se desenvolverá num sistema de modo diferente de como se desenvolve noutro sistema (do ponto de vista do ritmo). De modo geral, o tempo constitui importante característica da integridade de um sistema. Além disso, no nosso entender, é precisamente o ritmo, para a integridade de um sistema o que tem maior importância em comparação com as outras propriedades temporais (por exemplo, duração da existência). O ritmo único aparece como característica que forma uma unidade de funcionamento e, por conseguinte, a existência de um sistema como fator da integridade... Tomado num plano mais amplo, o ritmo aparece na qualidade de importante traço geral que caracteriza o vivo e o inerte como consequência da unidade da natureza, e ao mesmo tempo como fator que contribui para a referida unidade. O ritmo é uma propriedade de toda a natureza. Os processos rítmicos (periódicos, cíclicos) caracterizam a natureza inerte, são inerentes a todos os níveis da mesma, começando pelo átomo e terminando nos macrocorpos, tais como os

⁴⁹ Ao contrário do ‘curso do tempo’, que se mostra linear e irreversível.

planetas e as estrelas. Comprovou-se já que o ritmo constitui uma das particularidades fundamentais do desenvolvimento geológico da Terra.” (ASKIN, 1969, pág. 179-180).

Por fim, consideramos válido citar a noção de holorritmo (integração de todos os ritmos) como aquela que tem sido um dos principais avanços qualitativos nesta discussão, ao pressupor que o ritmo pode se configurar em um dos caminhos possíveis para a “interação entre fenômenos físicos, biológicos e sociais do (no) espaço em um determinado lugar da superfície da Terra”⁵⁰ (TARIFA, 2002, pág. 82). Apesar da inegável importância do ritmo⁵¹ para as ciências, nos parece pouco provável que procedendo à sua descrição atingiremos algum conhecimento causal.

Assim, consideramos que a noção de tipos de tempo, a princípio, constitui-se em um conceito (e não em uma unidade taxonômica) que visa agrupar as formas (e suas combinações de ‘elementos morfológicos’⁵²) mais recorrentes da atmosfera, em escala local. A escolha desta escala justifica-se, *a priori*, pelo fato de que a noção relacionada aos tipos de tempo teria surgido antes das redes meteorológicas, portanto a identificação de sua ocorrência não estaria atrelada à interpolação dos dados de uma rede meteorológica rudimentar e sim ao próprio campo de visão do observador, condicionado à escala local. Neste sentido talvez seja válido considerar que, em se tratando de um conceito que visa à síntese de algo, esta deve considerar

⁵⁰ A este respeito Askin (1969) afirma que: “O caráter rítmico dos processos que ocorrem na natureza se encontra na base da amplitude com que se reflete no homem a cadência e de como este a utiliza. Modificando o ritmo, ou, pelo contrário, mantendo-o invariável, é possível exercer uma ação efetiva, transformadora ou estabilizadora, sobre tais ou quais fenômenos da natureza. É muito importante o valor do ritmo das diferentes esferas da atividade do homem, na conservação de sua saúde, etc. Os processos rítmicos encontram ampla manifestação na técnica moderna. A utilização do ritmo é um importante aspecto do domínio do homem que, assim, alcança as propriedades do tempo e de sua aplicação prática.” (pág. 181)

⁵¹ Com as colocações realizadas, esperamos ter convencido o leitor de que o ritmo se configura como uma característica do movimento da matéria, e não como sua causa. Vale destacar também que o registro dos dados meteorológicos contém os mais variados ritmos (enquanto manifestação de processos materiais), tanto na escala espacial quanto temporal. Retomando as considerações de Azevedo (2001), a pergunta que se coloca é se, ao procedermos à análise das planilhas de dados em busca do ritmo, há como discerni-los? Para o autor desta dissertação parece que não, mesmo porque, provavelmente, ainda desconhecemos muitos processos de caráter rítmico que atuam na atmosfera.

⁵² Geralmente consideram-se os elementos morfológicos, temperatura, pressão, ventos, de modo reducionista, obscurecendo o fato de que não são ‘coisas’, mas sim o efêmero resultado de inúmeras relações.

todas as manifestações reais que atuam sobre a diferenciação dos tipos de tempo, tais como ODP, ENSO, manchas solares e muitas outras. Diante disso, uma proposta de classificação não pode se furtar à consideração de todos estes aspectos, que ultrapassam em muito a variabilidade sazonal. A principal dificuldade neste ponto consiste em discernir o papel de cada uma destas influências, a fim de que se possam estabelecer parâmetros comparativos em relação às situações denominadas normais.

3. Uma breve contextualização histórica sobre concepção de ‘tempo meteorológico’

“I woul earnestly urge a popular interest in meteorology, since no other science is so open to those occupied in other pursuits, and scarcely another of so much practical importance. We all know men of no scientific acquirements, yet who are so well versed in signs of the weather that their predictions are more to be relied on for a particular locality than the very general “Probabilities” of the Signal Service.” (BLASIUS, pág. 201, 1876).

Antes de adentrarmos a análise dos materiais (livros e artigos), originais dos séculos XVII em diante, nos pareceu necessário realizar uma breve contextualização a partir de temas transversais, que contemplam desde a influência aristotélica até aspectos sociais pertinentes ao desenvolvimento do estudo da atmosfera⁵³ nos séculos XVII, XVIII e XIX. Com isso pretendemos situar o leitor, de modo minimamente adequado, em alguns contextos relevantes para a construção da noção de ‘tempo meteorológico’ e, conseqüentemente, para o conceito de tipos de tempo.

Neste trabalho existem algumas características que não podemos deixar de lado, por mais que pareçam óbvias. A primeira delas refere-se ao fato de que a mera existência e sobrevivência da raça humana estão intimamente associadas à sua capacidade de adaptação frente aos fenômenos atmosféricos. Com isso queremos dizer que qualquer reflexão a partir de uma posição retrospectiva poderá elencar inúmeras situações nas quais um conhecimento mais profundo sobre a atmosfera teria evitado (ou amenizado) situações trágicas, desde naufrágios a períodos de estiagem.

⁵³ Durante os séculos XVII e XVIII não era possível estabelecer uma distinção clara e consensual entre meteorologia e climatologia. Deve-se somar a isto o fato de que assuntos muito diferentes eram abordados sob o título da ‘meteorologia’, tais como terremotos e magnetismo.

Desta situação decorre a importância de alguns aspectos sociais para a valorização e desenvolvimento das chamadas “ciências atmosféricas”⁵⁴, o que inclui a difusão e o aperfeiçoamento dos instrumentos meteorológicos, o financiamento público para a construção e manutenção das estações e redes de observação meteorológica (assim como para a publicação dos dados). Parece-nos suficientemente claro que, quanto mais sofisticadas e complexas se tornam as sociedades, mais urgente se faz um conhecimento verdadeiro sobre o tempo meteorológico. Contudo, a transmissão deste conhecimento para uma linguagem voltada às necessidades da esfera pública tem se mostrado um ponto de grande dificuldade para os pesquisadores. Em relação a esta problemática, nos parece importante ressaltar que a cobrança e valorização da meteorologia apresentam grande variação entre as sociedades, dependendo, majoritariamente, do quão protegidas elas se sentem frente às intempéries atmosféricas. Ou seja, a importância da meteorologia encontra-se diretamente relacionada à utilidade de suas aplicações, sobretudo daquelas associadas à antecipação das futuras condições atmosféricas.

A este respeito, talvez a mais valiosa (e antiga) contribuição social decorrente dos estudos atmosféricos seja a própria concepção de um calendário baseado nas estações, embora a astronomia tenha sido fundamental neste projeto, suas implicações práticas e associações com a dinâmica atmosférica são inegáveis. Grande parte do conhecimento prático derivado deste calendário, como a determinação da época para aragem, plantio e colheita, ou o planejamento para viagens, obras de drenagem e construção de estradas eram baseados na experiência de dada sociedade, existindo apenas na memória de seus membros. Este processo constitui um dos principais aspectos da investigação atmosférica, ou seja, uma compreensão do tempo meteorológico e suas seqüências intimamente vinculadas às práticas agrícolas ou logísticas. Outro ponto fundamental refere-se ao empenho em usar este conhecimento prático para antecipar as condições futuras do tempo meteorológico, inicialmente expresso em versos e provérbios populares (*weather-lore*). Estes movimentos somente foram possíveis, pois, segundo

⁵⁴ Denominação comum utilizada para designar a meteorologia e a climatologia, ainda que estas áreas do conhecimento não correspondam formalmente aos critérios estabelecidos no primeiro capítulo.

ANDERSON (2005), o fenômeno do tempo meteorológico, possui, além de seu caráter passageiro, exemplificado pelas nuvens, um componente marcadamente rítmico, assim como exemplificam as estações do ano, as secas e as cheias. Estes fenômenos e suas características parecem realmente universais e eternos, ainda que, obviamente, nossas idéias sobre o tempo meteorológico tenham uma história.

Assim, segundo JANKÓVIC (2000) diversos escritores agrícolas de meados do século XVII e XVIII adotaram a perspectiva de uma teologia natural e defenderam a possibilidade de prever o tempo com base em regras tradicionais. Estas iniciativas se distanciaram das explicações causais dos meteoros⁵⁵ e se concentraram na correlação estatística entre sinais e significados. Desacreditando os instrumentos e favorecendo a autoridade empírica dos escritores ancestrais e pastores modernos. O resultado desta mudança de interesse foi uma situação na qual a reportagem meteórica – aquela associada a eventos singulares – tornava-se crescentemente redundante, assim como os instrumentos prognósticos ou o conhecimento prático.

A partir desta dedicação na narrativa qualitativa sobre o tempo ‘importante’, JANKÓVIC (2000) oferece uma aproximação alternativa ao entendimento das primeiras pesquisas sobre o tempo. Com isto o referido autor sugere um novo modo de olhar para a relevância dos registros instrumentais na meteorologia dos séculos XVII e XVIII, desafiando a visão freqüentemente defendida de que os registros instrumentais teriam representado o ponto de virada da meteorologia moderna. Por exemplo, historiadores da ciência tem geralmente associado o ‘começo’ da meteorologia com os registros regulares do tempo e o declínio da doutrina Aristotélica *da meteora*. Para muitos autores, o nascimento da meteorologia coincide com o trabalho de Torricelli, Cornelius Drebbel (inventor do termômetro), Charles Theodore, e o Eleitor Palatino de Rhine (fundador da primeira academia devotada a organizar esforços internacionais para coletar dados de observações do tempo). Historiadores posteriores relacionaram estes esforços organizados com o fim da descrição qualitativa dos meteoros e mantiveram isso até 1780, quando as teorias meteorológicas permaneceram extremamente vagas e insatisfatórias, não oferecendo a ‘fundamentação teórica física necessária’ para sair deste quadro.

Argumenta-se que neste processo os naturalistas deixaram de lado a obra *Meteorologica* de Aristóteles e se concentraram sobre as novas técnicas de mensuração da atmosfera e ao debate de suas propriedades físicas, químicas e elétricas. Dessa forma, a proposta de JANKÓVIC (2000) se concentra sobre a continuidade cultural e epistemológica da investigação atmosférica, ao invés da alegada ruptura decorrente do advento instrumental, abrangendo o fim do século XVII até fins do século XVIII. Segundo JANKÓVIC (2000), uma das principais conseqüências desta perspectiva encontra-se em uma nova compreensão sobre o papel do conhecimento local, de forma que a investigação sobre o tempo atmosférico, nesta escala, teria se tornado um pré-requisito metodológico para o conhecimento global, envolvendo os sistemas atmosféricos. Com isso o significado da localidade teve seu status alterado de uma investigação exclusiva, como um fim em si próprio, para ser um espécime em uma entidade maior, um ponto na grade. O escrutínio do tempo local, tanto na forma de regras de predição quanto a partir de séries de observações, passaria a importar apenas na medida em que a ‘unidade’ atmosférica se manifestava em escala local.

De acordo com JANKÓVIC (2000) podemos dizer que, a partir da Renascença, o homem europeu (ou grande parte da civilização européia), passou a experimentar uma concepção diferente do tempo meteorológico, tomando-o como um quebra-cabeça, portanto, passível de solução, desde que fossem conhecidas suas peças e combinações. Cria-se então grande expectativa acerca de sua complexidade e da precisão de seu tratamento matemático, no caso das ciências atmosféricas, a acentuação desta expectativa torna-se pública, no momento em que se constroem as primeiras redes telegráficas.

Contudo, este avanço foi acompanhado de uma necessidade crescente de organização, coordenação e centralização do trabalho científico, pois a tarefa exigida apresentava-se muito além dos esforços individuais, levantando também a questão de um fundo de financiamento para a ciência, intrinsecamente associados ao fortalecimento dos primeiros escritórios meteorológicos. Os altos investimentos e a baixa precisão das ‘previsões meteorológicas’, conduziram a inúmeras controvérsias a respeito desta ‘nova ciência’: quais méritos distinguem a observação científica do conhecimento popular sobre as condições do tempo meteorológico?

Que tipo de conhecimento, para quais fins e sob qual liderança deveria ser conduzida a pesquisa?

O desenvolvimento do monitoramento atmosférico na Inglaterra encontrou um ambiente político, econômico e tecnológico altamente favorável, dadas suas condições geográficas e o fato de que o Império Britânico, em grande parte, era sustentado pelo comércio de mercadorias provenientes de suas colônias, e para isso mobilizava a maior marinha mercante do mundo. Neste cenário a organização científica em torno da meteorologia rejeitou, explicitamente, as tradições populares do conhecimento sobre o tempo atmosférico, incluindo seu meio de expressão mais vivo: os almanaques.⁵⁶ A este respeito, ANDERSON (2005) afirma que:

“Meteorology emerged in this period as a physical science, a science of precision instruments, increasingly associated with elite observatories and statistical manipulation of data – all the ingredients of high scientific authority. Despite this authority, the scientific men of the Meteorological Office could not control popular expectations, nor could they decisively separate scientific observation of the weather from unscientific experience of the weather.” (ANDERSON, 2005, pág. 4).

Neste contexto, de institucionalização dos escritórios científicos e crescente interesse popular pela ciência, seus avanços e publicações, a Meteorologia se destaca como uma “ciência” de observação e de discussões acerca dos resultados destas observações, tornando impossível compreender seu desenvolvimento sobre o foco exclusivo da disputa entre teorias rivais sobre a dinâmica atmosférica. Sua construção, lenta e gradual, deve-se a inúmeras controvérsias a respeito do uso de seus instrumentos e dos recursos estatísticos, sobre os modos como os profetas populares realizavam suas previsões e se comunicavam com seus públicos, sobre como as redes de observadores foram construídas e como o governo atuaria em relação a estas atividades.

A história da construção da Meteorologia mostra-se valiosa, tanto por apresentar uma intrincada rede de relações entre interesses (muitas vezes divergentes) e um conjunto bastante específico de condições materiais necessárias ao seu desenvolvimento, quanto por apresentar um rico debate, nem sempre

⁵⁶ Neste fato encontramos, claramente, uma ferrenha disputa pela autoridade sobre a explicação dos fenômenos meteorológicos.

explícito, acerca dos métodos e valores da especulação e da observação sistemática e rigorosa, e seus papéis na construção de teorias acerca do tempo meteorológico. Diante da dificuldade de explicar as causas primeiras dos fenômenos meteorológicos, diversos autores declararam abertamente (naquele período) que a teoria, nestes casos, não era capaz de fornecer assistência alguma, defendendo a posição de que a Meteorologia seria uma ‘ciência de detalhe’, e somente alcançaria êxito após anos de observação contínua e rigorosa. Posteriormente, a intensificação desta posição fez com que o próprio presidente da *Royal Meteorological Society*, Samuel Charles Whitbread, em 1850, declarasse que o objetivo da instituição limitava-se à coleção de dados ‘estritamente científicos’ através de ‘procedimentos instrumentais precisos e acima de qualquer suspeita’. Em contrapartida, formou-se um grupo de partidários de uma abordagem dedutiva, que por sua vez encontravam sérias dificuldades em estabelecer leis gerais para os fenômenos atmosféricos, considerava-se, ‘nos bastidores’, que a Meteorologia, mais do que nunca, precisava do seu próprio Newton.

ANDERSON (2005), destaca que este debate chegou à esfera pública em meados do século XIX e trouxe em seu cerne uma questão importantíssima: quem, afinal, deveria ser encarregado (ou capaz) de ‘fazer meteorologia’? A observação praticada exigia apenas precisão e hábitos metódicos, e não mais do que uma hora de dedicação diária, sendo assim considerada uma ciência “que estava em todas as mentes”, na qual uma observação disciplinada, sem qualquer conhecimento especializado, poderia conduzir uma longa carreira. Este fato apenas se ampliou com a crescente publicação de mapas e prognósticos nos jornais locais. Dificilmente outra área do conhecimento científico se beneficiou tanto da participação intensa de empreitadas individuais (no Brasil também não faltam exemplos de posturas semelhantes), fosse ao registro dos dados ou na observação e descrição do céu. Parcialmente, essa comoção pode ser explicada pelo interesse da sociedade, afinal, os prognósticos do tempo apresentam inúmeros benefícios, abarcando desde questões logísticas até as de saúde pública. Novamente, face ao problema de converter fatos observados e registrados em avanços filosóficos significativos, a Meteorologia lançava-se como uma falsa promessa, uma vez que a validade de suas previsões aproximava-se às da Astrologia, embora aspirassem ao status da Astronomia.

Nesta perspectiva não se pode, em hipótese alguma, ignorar os ‘profetas populares’ e seus almanaques, tanto pela disputa que representam em relação à posição oficial dos escritórios científicos, quanto pela validade de muitas de suas proposições e ditados. Não é difícil identificar formas de conhecimento que, desde a Renascença, e muito antes desse período, tem desafiado a precisão do conhecimento instrumental e numérico. Essa característica comumente conhecida como *weather wisdom*, proveniente do *weather-lore*, designa a capacidade aparentemente intuitiva de marinheiros, agricultores, pescadores, entre outros, de obter êxito em suas previsões, em casos no qual o ‘prognóstico’ oficial, não raramente, acaba falhando. Isto somente é possível por tais profissionais (em suas atividades majoritariamente desenvolvidas no âmbito local) terem incorporado, de modo extremamente rico, uma intersecção entre o conhecimento popular e a abordagem científica sobre o estudo do tempo meteorológico, oferecendo então, outro tipo de precisão, uma que ainda parece estar além da quantificação científica.

Partindo destas considerações, construiremos o segundo capítulo desta dissertação, tecendo considerações que vão desde o *weather-lore* até a revolução instrumental da Renascença, e a conseqüente quantificação da atmosfera.

3.1 Breves considerações de ordem etimológica

Outro aspecto a trazer contribuições relevantes para esta investigação pode ser encontrado através da pesquisa etimológica. Para JANKÓVIC (2000) o termo utilizado por Aristóteles para definir os fenômenos atmosféricos: *meteoros*, como já dissemos, apresenta uma genealogia antiga (grega), e destacamos aqui dois sentidos importantes. O primeiro refere-se à noção de “elevação”, que também pode ser interpretada como “ganhar altitude”, “sublimar” ou mesmo “flutuar”. Neste sentido *meteor* pode fazer referência à “ascensão”, sendo assim a *meteo-ro – logia* o discurso sobre as coisas elevadas. O segundo sentido que podemos atribuir à *meteoros* refere-se à características do pensamento e do discurso, por exemplo, “diálogo sobre as coisas elevadas ou desconhecidas” ou, simplesmente, como “abstração”. Estas possíveis interpretações sugerem uma profunda incerteza a respeito dos fenômenos identificados a partir desta “nomenclatura”, o que implicaria

inclusive para sua adequada colocação em uma cadeia ordenada dos fenômenos naturais.

Evidentemente, outro termo que merece destaque é o próprio *weather*. Segundo SHAW (1932), o contraste entre as condições de tempo vivenciadas no mundo antigo, dominado pelas civilizações mediterrâneas e orientais, e aquelas das Ilhas Britânicas, por exemplo, talvez seja melhor expressa pelo fato de que naquelas regiões, as condições atmosféricas seriam dominadas pelas variações sazonais, enquanto nas Ilhas Britânicas, ainda que a influência sazonal também seja discernível, a experiência dos habitantes parece ser dominada pelo tempo (*weather*). Isto se torna ainda mais importante ao lembrarmos que na Itália, França, Espanha e Portugal, que possuem suas raízes lingüísticas no Mediterrâneo, a mesma palavra, *tempo* (*temps* ou *tiempo*) é usada para designar o tempo meteorológico (*weather*) e o tempo cronológico. Segundo o Dicionário Etimológico Oxford (1966), aparentemente não há palavra grega para *weather*, sendo que as expressões gregas associadas referem-se antes às noções de clima (compreendido enquanto inclinação em relação à insolação) e sazonalidade. Contudo, nas famílias lingüísticas desenvolvidas pelos grupos humanos ao Norte da Europa, dificilmente se encontra algum caso em que não exista uma palavra específica para *weather*. Isto nos parece evidenciar alguns elementos importantes na percepção que cada cultura possui sobre seu ambiente.

3.2 A influência aristotélica

A revolução no pensamento renascentista não foi imediata, levando décadas para se concretizar, sobretudo pela influência do pensamento aristotélico, muito flexível e adaptável. De forma que nem toda evidência contrária às proposições de Aristóteles implicava em um abandono completo de seu sistema, mas sim a um esforço de adaptação ou absorção deste novo conteúdo, e mesmo quando partes de seu pensamento eram descartadas, ainda existiam muitas outras que permaneciam intocadas devido a autoridade escolástica conferida à tradição filosófica.

O sistema estabelecido por Aristóteles permaneceu por dois milênios como o padrão dos textos científicos, de forma que praticamente todos os livros do continente europeu que abordassem a atmosfera, até o início do século XVII eram

essencialmente baseados nas considerações de Aristóteles, enquanto que na Inglaterra sua influência se fazia muito menor.

Também de Aristóteles deriva-se o nome “meteorologia”, embora em sua obra *Meteorologica*, o nome seja citado como sendo usado por seus antecessores. Como curiosidade destaca-se o fato de que o volume cobre assuntos muito mais amplos do que hoje se compreende por meteorologia, incluindo basicamente todos os aspectos de natureza física do céu, do ar, da terra e do mar.

Apesar da referência ao trabalho de Aristóteles, tem sido impossível determinar um início exato para a meteorologia (ou para o estudo da atmosfera em geral). Uma distinção precisa ser feita entre a meteorologia como ciência e aquela enquanto ramo do conhecimento. Como veremos, enquanto a meteorologia considerada científica⁵⁷ é relativamente jovem, datando de meados do século XVII, já o seu contraponto, como um ramo do conhecimento, encontra suas raízes na própria origem das civilizações humanas. Como fazendeiros e caçadores, os homens ancestrais eram fortemente dependentes das condições do tempo meteorológico, o que os forçava a observar os fenômenos atmosféricos em busca de sinais que poderiam prever o tempo futuro – geralmente em até quarenta e oito horas. Uma coleção cumulativa de “sinais do tempo” (*weather signs*) foi desenvolvida e transmitida por gerações, tomando gradualmente a forma de provérbios curtos e fácil memorização. Alguns dos registros escritos mais antigos de que se tem conhecimento trazem referências a fenômenos do tempo. Por exemplo, segundo FRISINGER (1977) a obra intitulada “Job”, supostamente redigida próximo ao começo do século quinto antes de Cristo, contém diversas especulações sobre o tempo, incluindo alguns provérbios (“*Fair weather commeth out of the North*”). Acredita-se que muitos desses provérbios meteorológicos já eram ancestrais na época em que foram registrados. Em alguns casos, não raros, os provérbios são carregados de significados místicos e religiosos, como se exemplifica pelos egípcios e babilônios.

Os registros indicam que por volta de 3.500 a.C. o Egito já tinha uma religião baseada em fenômenos atmosféricos, com diversos cultos e rituais, sobretudo para

⁵⁷ Ainda que não contemple todos os pontos indicados no Capítulo 1 desta dissertação.

a chuva. Assim, como em todas as outras religiões da Antiguidade, os fenômenos atmosféricos eram eventos considerados sob o domínio dos deuses. Já na Babilônia, os registros cuneiformes em plaquetas de argila indicam uma sociedade intelectual bastante diversificada e sofisticada, sendo que os registros meteorológicos estavam associados a eventos astronômicos, fundando então a astrometeorologia⁵⁸, prática bastante difundida pela Europa.

Apesar destas experiências, as primeiras observações meteorológicas de que temos conhecimento são aquelas realizadas pelos gregos⁵⁹. Considerado um dos “sete sábios da Antiguidade”, Tales baseou grande parte de seus trabalhos sobre meteorologia a partir da herança babilônica, o que o levou a também buscar uma relação entre os fenômenos atmosféricos e os corpos celestes, além de tecer considerações sobre o equinócio e o solstício, realizou estudos sobre a chuva. A respeito da chuva, cabe destacar que uma das principais idéias de Tales diz respeito à substância água e seu papel no mundo, a qual, segundo o estudioso, seria o elemento fundador da vida e estaria envolvida em todos os ciclos biológicos. A partir de anotações de Tales percebemos que ele tinha consciência de que as nuvens são

⁵⁸ Segundo JENKS (1983) a astrometeorologia é um termo útil para denotar a tentativa de prever o tempo por meio de cálculos astrológicos. O autor examinou textos astrometeorológicos medievais em latim ocidental, do século XII ao advento da impressão (o que inclui diversos autores árabes traduzidos). E, a partir destas leituras, evidenciou que os tratados podem ser largamente classificados em dois grupos de acordo com a audiência que os autores buscavam alcançar: colegas profissionais com considerável treinamento e experiência, ou iniciantes. Vários fatores seriam considerados para determinar a audiência pretendida. Um deles é a organização dos tratados: quando escrevendo para colegas profissionais, os astrometeorologistas organizavam sua informação de acordo com os fenômenos astrais observados, enquanto que para os iniciantes eles apresentavam antes os elementos básicos da predição astrometeorológica de acordo com os diferentes tipos de tempo a serem previstos. Outro fator é o próprio tom e abordagem do manual, sendo alguns claramente simplistas com coleções de regras organizadas da forma que “se isso e isso acontecer, teremos chuva”. A predição do tempo seria algo relativamente simples, em sua forma astrológica, pois a atmosfera receberia influências do planeta mais próximo a exercer seu poder sobre a Terra. JENKS (1983) destaca ainda que tais manuais possam ser caracterizados como formas elitistas de conhecimento, considerando que grande parte da população era analfabeta e não possuía os conhecimentos necessários para a utilização das tábuas de cálculo astrológico, com isso temos outra possível motivação para a formação ou registro de regras populares. Outro fator interessante é que as regras necessárias para o marinheiro, fazendeiro e etc. eram transmitidas através de gerações, dispensando, portanto, as formalidades astrometeorológicas.

⁵⁹ Durante a pesquisa tivemos contato com referências a registros asiáticos anteriores aos gregos, sobretudo na Índia, China e Coréia. Contudo, não foi possível localizar os artigos originais para avaliar o conteúdo destes registros.

feitas de água, embora não apresentasse nenhuma concepção sobre os processos de evaporação ou condensação.

Outro grande nome a investigar os fenômenos atmosféricos foi Anaximandro, que escreveu o primeiro tratado de filosofia natural de que se tem registro, embora pouco se saiba sobre a obra original. A partir das evidências históricas, Anaximandro teria sido o primeiro a considerar o vento como “o fluir do ar”, algo bastante próximo da atual definição científica e que, surpreendentemente, não foi prontamente aceito por grande parte dos estudiosos nos séculos subseqüentes. Igualmente importante é a contribuição realizada por Anaxágoras e seus tratados, sendo considerada uma das grandes “autoridades científicas” sobre filosofia natural na Antiguidade. Obviamente a meteorologia estava entre seus interesses, sendo que alguns pesquisadores consideram que todo o seu sistema científico estaria ancorado pela investigação dos fenômenos atmosféricos. Iniciando pelas observações de que a temperatura do ar diminuía com o aumento da altitude e de que as nuvens continham umidade, Anaxágoras deduziu que a água poderia congelar em altitudes muito elevadas, mesmo durante o verão. Para explicar a ascensão da umidade a tais altitudes o referido pensador utilizou seus conhecimentos sobre a convecção do ar aquecido, e assim conseguiu explicar a ocorrência de granizo durante o verão. Curiosamente, as relações entre temperatura e altitude deduzidas por Anaxágoras também não foram completamente aceitas até meados do século XIX.

Retomando a obra de Aristóteles, escrita por volta de 340 a.C., *Meteorologica*, é o tratado mais antigo dedicado à meteorologia⁶⁰. O trabalho é apresentado em quatro livros, sendo que os três primeiros lidam com o que consideramos hoje como meteorologia, enquanto o quarto está voltado predominantemente para química. Os assuntos dos três primeiros livros abarcam: a formação das chuvas, nuvens e nevoeiros, granizo, ventos, mudanças climáticas, trovões e relâmpagos e furacões. Ainda segundo FRISINGER (1977) os argumentos apresentados por Aristóteles estão fundamentados sobre duas teorias básicas. Primeiro, Aristóteles acreditava que o universo possuía uma forma esférica. Tendo aceito o sistema proposto por Eudoxus, que considerava os movimentos dos planetas e estrelas em um sistema

⁶⁰ Cabe destacar a dificuldade, ou mesmo impossibilidade, de se ter contato com a obra original, devido à todas as revisões e observações que foram incorporadas ao trabalho ao longo de tantos anos.

de esferas concêntricas, cujos movimentos combinados produziam os movimentos aparentes dos corpos celestes. A partir desta concepção, Aristóteles compreendia o universo como uma divisão entre duas grandes regiões: aquela além da órbita lunar e a região terrestre ou sublunar, ou seja, aquela caracterizada pela órbita da Lua em relação a Terra. Com isso, a meteorologia era definida como o conhecimento restrito à esfera terrestre. *Meteorologica* também contém um acúmulo de fatos coletados de filósofos naturais, historiadores, poetas e da experiência comum relatada por alguns cidadãos locais.

Um bom número dos prognósticos de tempo neste trabalho é derivado dos trabalhos egípcios e muitos outros aspectos são de origem babilônica, principalmente sobre a nomenclatura e classificação dos ventos. Conseqüentemente, *Meteorologica* representa uma soma dos conhecimentos acerca da atmosfera para aquela época, compilando muitas especulações teóricas vigentes. Nesta obra Aristóteles apresenta diversas teorias das quais discorda e passa a desconstruí-las de acordo com suas concepções pré-construídas, com isso apresenta-se como um autor majoritariamente dedutivo, enquanto os outros pensadores discutidos em *Meteorologica* caracterizam-se por uma abordagem classicamente indutiva. No trabalho de Aristóteles, além de seu esforço de observação e explicação, encontramos uma grande atenção dedicada a observações realizadas por outros investigadores, e a partir disso, suas tentativas de interpretação – principalmente por meio de analogias - para que tais descrições confirmassem suas idéias prévias.

Apesar das lacunas e explicações equivocadas, o texto desta obra permaneceu como principal referência para os estudiosos dos fenômenos atmosféricos por cerca de dois mil anos, mantendo, inclusive a ‘teoria das exalações’ como base para suas hipóteses explicativas. Esta proposta buscava reunir elementos que explicassem que tipo de matéria preenchia a região dos eventos meteóricos. Para isso Aristóteles recorre às *exalações*, que seriam produzidas pela ação do Sol sobre a superfície terrestre, e as divide em duas categorias: quente e seca e fria e úmida. A primeira seria produzida quando os raios solares incidissem sobre terras secas e seria constituída de partículas terrenas, as quais seriam ‘acesas’ pela camada ígnea da esfera sublunar. A segunda, fria e úmida (também referenciada como ‘vapor’), ocorreria quando os raios solares incidissem sobre a

água, sendo composta então por partículas aquosas. Com isso, todos os fenômenos atmosféricos eram explicados como resultados das diferentes combinações entre estes dois tipos de exalações.

Assim, durante este período da história ocidental, houve pouco progresso na meteorologia. Esforços consideráveis foram devotados a estudos de óptica atmosférica, mas o cerne das atenções estava sempre voltado para comentários sobre a obra de Aristóteles. Muitos de seus sucessores pouco adicionaram ou alteraram o sistema proposto por ele, contudo alguns estabeleceram novas reflexões e avaliações, sobretudo em campos que não foram tão explorados por Aristóteles.

Teofrasto, que escreveu *De Signis Tempestatum*⁶¹ (*On weather Signs*) e o tratado “*De Ventis*”, sobre ventos, se enquadra nesta categoria. Pode-se relacionar a prática de prognosticar o tempo a partir de regras empíricas com estes trabalhos, no qual encontramos oitenta sinais para chuva, quarenta e cinco para vento, cinquenta para tempestades, vinte e quatro para tempo bom e sete sinais para o tempo meteorológico por períodos de aproximadamente um ano. Nesta compilação sobre provérbios do tempo (*weather wise/weather lore*), identifica-se claramente a influência de expressões e práticas comuns aos babilônios. Teofrasto também acreditava que as grandes mudanças no tempo meteorológico estariam associadas aos momentos de transição entre manhã e tarde, tarde e noite, e assim por diante, além de reservar algumas páginas dedicadas exclusivamente à análise do comportamento, habitual ou não, de animais e insetos, muitos dos quais ainda são bastante difundidos.

Regras para estabelecer prognósticos a partir de sinais astronômicos também podem ser encontradas nesta obra de Teofrasto, destacando-se as previsões associadas a estrelas cadentes e à Lua. Curiosamente, muito do que se conhece hoje como “provérbios meteorológicos” encontra sua origem neste trabalho. Enquanto o trabalho de Aristóteles era largamente teórico, o curto tratado de Teofrasto destaca-se por seu aspecto prático, tornando-se a coleção de provérbios e regras de previsão do tempo mais antigo de que se tem notícia, resultando em muitas coleções posteriores que apresentam apenas variações em relação a esta

⁶¹ Em verdade este trabalho é considerado anônimo, embora tenha sido tradicionalmente atribuído à Teofrasto.

obra. Com a decadência da civilização grega e a ascensão da romana, podemos dizer que o interesse sobre a meteorologia tornou-se majoritariamente aplicado, uma vez que os romanos demonstravam pouco interesse pelo desenvolvimento da ciência pura, buscando conhecimentos capazes de auxiliar nas campanhas militares e na expansão do Império. Ao fim do século 2 a.C., o centro da atividade científica já não era Atenas, mas sim a cidade de Alexandria, na qual encontrava-se a maior biblioteca da Antiguidade, assim como a primeira instituição de caráter universitário e internacional. Um dos muitos cientistas relacionados com o desenvolvimento de Alexandria foi Cláudio Ptolomeu, sendo que seu tratado *Almagest* é um dos trabalhos astronômicos mais sofisticados da Antiguidade. Sendo a meteorologia geralmente considerada como um ramo da astronomia, não nos surpreende que Ptolomeu também tenha escrito sobre eventos atmosféricos e formas de prevêê-los, ainda que guardasse uma forte semelhança com o trabalho de Teofrasto.

Pelos próximos mil anos, a obra de Ptolomeu foi considerada a autoridade básica para previsões astrológicas sobre o tempo meteorológico. Também foi neste trabalho que, com base no conhecimento astronômico, das diferentes faixas de insolação incidentes sobre a superfície da Terra, Ptolomeu sugeriu a classificação climática zonal, da qual ainda temos como herança as Zonas Equatorial e Polar. Não podemos deixar de citar o trabalho dos comentadores romanos, que preservaram muitas das teorias gregas a respeito da natureza, sendo Sêneca e Plínio os mais importantes para a meteorologia. Sêneca escreveu *Quaestiones Naturales*, lidando principalmente com astronomia e meteorologia, o tratado combinava as descobertas dos romanos com aquilo que havia sido registrado pelos gregos, egípcios e babilônios, apresentando uma obra bastante ampla que abarcava desde especulações sobre os ventos até as causas dos trovões e relâmpagos. Uma característica importante em Sêneca refere-se ao tratamento imparcial que buscava empregar ao analisar teorias meteorológicas distintas, sendo que suas próprias conclusões, em grande parte dos casos, acabavam atuando como uma síntese das anteriores. Por exemplo, o vento seria considerado não apenas a atmosfera em movimento, mas também um resultado da evaporação em superfície, conciliando assim as proposições de Anaximandro e Aristóteles. Sêneca também era um observador cuidadoso do tempo e, contudo, tratava-se antes de um moralista, o que

o levava a considerar muitos fenômenos atmosféricos como castigos divinos ou desígnios do destino.

Em relação a Plínio, seu principal trabalho científico foi sua *História Natural*, cujo segundo livro, ou capítulo, versa sobre meteorologia. E Plínio notou que desde os períodos mais antigos, sempre houve interesse em estudar ou observar a atmosfera, contabilizando mais de vinte autores gregos que se dedicaram a este tema. Plínio também distingue entre os meteoros regulares e os acidentais. Ventos locais, tempestades, rajadas e explosões subterrâneas de ar são provenientes das exalações da terra e ‘seu comportamento é bastante irregular’. O vento em geral corresponderia ao mero movimento do ar o qual seria soprado de acordo com as mudanças de estações e a influência das estrelas. Esta distinção repousa sobre uma diferença causal. Os fenômenos puramente sublunares e espacialmente locais são irregulares, opondo-se àqueles causados pelos movimentos regulares da esfera celestial, os quais seriam considerados necessariamente regulares e cíclicos. Contudo, seu foco se deu sobre a análise do trabalho de seus antecessores, sem contribuir de forma original, mas sendo muito importante para a preservação e transmissão deste material. Entre os anos 400 d.C. e 1.100 d.C. o estudo meteorológico nunca foi completamente eliminado, embora toda a atividade de especulação científica tenha passado por uma série de restrições de ordem religiosa.

No entanto, o clero desempenhou um papel fundamental ao copiar e traduzir textos gregos para o latim, preservando parte do conteúdo produzido anteriormente. No que diz respeito à meteorologia, destaca-se o trabalho de Bede, o Venerável (673-735 d.C.), o primeiro inglês a escrever sobre o assunto de que se tem registro. Em sua principal obra, *De Natura Rerum*, os capítulos são devotados a atmosfera, vento, trovões, relâmpagos, nuvens e neve, consistindo em um sumário do conhecimento obtido a partir das fontes clássicas. Ainda que Bede não faça referências a Aristóteles⁶², muitas das teorias apresentadas em seu livro são variações daquelas debatidas por Aristóteles.

⁶² Acredita-se que naquela época sua obra era desconhecida no oeste europeu, embora suas idéias tivessem sido transmitidas através de cópias, as quais, nem sempre carregavam o nome do autor original.

Outro membro do clero que se destacou pelo interesse em meteorologia foi Adelard de Bath (1.120 d.C.), sendo sua principal contribuição a reinterpretação dos clássicos gregos, como por exemplo, considerar que a forma das coisas seria responsável por efeitos passivos. Ao longo do século XIII a autoridade de Aristóteles estava completamente restabelecida na meteorologia, uma vez que suas idéias e hipóteses, sistematicamente desenvolvidas, mostravam-se mais sofisticadas e completas do que suas concorrentes contemporâneas, encontrando grande aceitação entre os estudiosos. Pelos próximos quatro séculos, as especulações de Aristóteles tornam-se praticamente incontestáveis, sendo que grande parte da pesquisa sobre a atmosfera passa a consistir principalmente de comentários sobre o tratado *Meteorologica*.

Esta longa persistência de hipóteses falhas pode estar associada ao modelo de pesquisa e investigação em voga na Idade Média, muito mais voltado para o argumento da autoridade, do que para as evidências empíricas, o que nos leva a um longo período em que se buscava encontrar todas as respostas antes nos livros do que no mundo que nos cerca. Para que a meteorologia pudesse conhecer um avanço real, este modelo deveria ser superado, e o início deste processo devemos, em parte, ao trabalho de Roger Bacon (1.214-1.294). Bacon defendia energicamente a experimentação e a aproximação matemática em todos os campos de estudo científicos. Roger Bacon também realizou alguns trabalhos envolvendo a atmosfera, entre eles conseguiu evidenciar que esta camada de ar possui densidades diferentes, assim como sugeriu que as Zonas Climáticas de Ptolomeu seriam passíveis de correção, devido aos efeitos topográficos. Ainda que tenha se unido aos comentadores de Aristóteles, e que concordasse com muitas de suas suposições, a insistência na observação direta e experimentação foram decisivas para iniciar a libertação da ciência em relação ao argumento da autoridade. Dessa forma, os quatro séculos subseqüentes aos trabalhos de Bacon podem ser considerados a calmaria antes da tempestade do século XVII, com o advento dos instrumentos meteorológicos.

Ao longo do século XVI a meteorologia desenvolveu-se sobre duas bases distintas: um grupo puramente teórico ainda apoiando-se sobre a obra *Meteorologica*, e outro buscando estabelecer previsões atmosféricas com base em eventos astronômicos. Neste período as previsões de cunho astrológico tornaram-se

muito populares, assim como os almanaques e calendários que traziam novas compilações sobre sinais do tempo, associando-se a isto a proteção da Igreja e da nobreza em relação aos astrólogos, por uma convergência de interesses, em manter o aspecto divino e misterioso sobre tais fenômenos. Contudo nem todos os intelectuais deste longo período eram defensores ou crédulos da astrometeorologia, e muitos consideravam que a elaboração de prognósticos do tempo seria realmente exeqüível, ainda que não tivéssemos, naquele momento, os conhecimentos necessários para tal empreitada.

Ainda no século XVI surgem também trabalhos novos e originais, concorrendo diretamente com o predomínio exercido por Aristóteles, e assim contribuindo para minar o argumento da autoridade. Porém, o golpe mais forte foi desferido pelas reflexões de René Descartes (1.596-1.650), o qual obteve reconhecimento com a publicação do *Discurso do Método*, além de outros trabalhos em filosofia, álgebra e geometria. Outra contribuição importante de Descartes para a meteorologia pode ser encontrada nos anexos “*Les Météores*” (no *Discurso do Método*). Nestes escritos ele tentou explicar a natureza e causa de todos os fenômenos do tempo mostrando que seriam baseados sobre certos princípios gerais da natureza, ainda que estes não fossem suficientemente claros. Descartes prosseguiu sugerindo explicações sobre os fono e eletrometeoros, assim como para os fenômenos ópticos. Deve-se evidenciar a validade de suas concepções sobre a formação da chuva, neve e granizo, as quais auxiliaram a comprovar a força do novo método proposto. Porém, assim como outros autores da época, Descartes sofreu com a questão da evidência e da precisão científica, uma vez que não podia contar com nenhuma espécie de apoio instrumental, sendo obrigado a recorrer a um modelo dedutivo, o qual, sendo baseado em concepções equivocadas, trouxe poucas contribuições válidas. Por fim, Descartes também foi responsável por associar a meteorologia, de forma definitiva, ao desenvolvimento da física.

Ao fim do século XVI, a meteorologia baseada na especulação dos tratados aristotélicos estava em um impasse, no qual se tornava cada vez mais evidente a imprecisão de tais suposições e a necessidade de instrumentos que contribuíssem para a evolução do conhecimento sobre a atmosfera. No século XVII esta lacuna instrumental foi solucionada com a invenção do barômetro, termômetro e higrômetro, recursos que se mostraram essenciais para o início de uma nova era no estudo da

atmosfera, contudo não garantiram o fim da importância do pensamento de Aristóteles.

Com isto, chegamos às colocações preliminares de JANKÓVIC (2000), a respeito da influência do pensamento aristotélico sobre a atmosfera ainda nos séculos XVII e XVIII:

“Podemos mostrar que a meteorologia do século XVIII era baseada em um conjunto de idéias provenientes de diferentes tradições cognitivas: a filosofia natural Greco-Romana, as paráfrases do conhecimento clássico nos governos Elizabeth e Tudor e um conjunto inter-relacionado de crenças derivados da astrologia, mágica, e o folclore sobre o tempo.” (JANKÓVIC, 2000, pág. 15 – tradução nossa).

Para JANKÓVIC (2000), isto se deve ao fato de que Aristóteles, apesar de não ter sido o primeiro a tratar sobre meteoros de forma estendida, foi o primeiro a tornar sua explicação parte integrante de uma doutrina mais ampla e sistemática sobre o mundo natural. Acima de tudo, *Meteorologica* tratava sobre a suposição de que ao tema importava apenas aceitar possibilidades de analogia, ao invés de demonstrações e interpretações dos corpos naturais.

Meteorologica apresenta uma teoria significativamente diferente da nossa compreensão moderna sobre meteorologia. A obra também inclui um grande número de fenômenos. Por um lado, cobre todos os fenômenos que, por diferentes razões, pairam ‘elevados’ em diferentes níveis sublunares. Isso inclui diferentes entidades associadas com o globo terrestre com a exceção de rochas e criaturas vivas. Por outro lado, a obra não sugere, em nenhum sentido óbvio, que a soma dos meteoros poderia ser algo considerado como o *weather*. Meteoros são compreendidos primariamente como entes individuais, e assim são explicados em relação à esfera sublunar. Esta distinção faz sentido pelo interesse de Aristóteles em enumerar, ordenar, e explicar a totalidade dos fenômenos produzidos em um domínio cosmológico específico, mais do que com uma preocupação com padrões de tempo (*weather patterns*) em uma área geográfica. Em resumo, JANKÓVIC (2000), considera que:

“... *Meteorologica* se preocupa com os meteoros, não com o tempo. A partir de uma perspectiva estrutural, as explicações de Aristóteles são narrativas com uma dimensão diacrônica intrínseca: a explicação do meteoro é equivalente ao processo pelo qual ele vem à

existência. Em outras palavras, cada uma das narrativas constrói o meteoro como um evento superficial o qual envolvem protagonistas (elementos, exalações, vapores e outros meteoros) passando por transformações e culminando na produção do meteoro em questão. Este reconhecimento do caráter temporal das aparições meteóricas deveria continuar a informar discussões subseqüentes e adquirir proeminência nos séculos XVII e XVIII quando as restrições da reportagem meteorológica passam a demandar a forma narrativa.” (JANKÓVIC, 2000, pág. 19 – tradução nossa).

Ainda segundo JANKÓVIC (2000), diversos filósofos naturais do século XVIII, contudo, defendiam que uma meteorologia mecânica, Newtoniana ou pneumática poderia ser muito ambiciosa para suplantar natureza específica da teoria da exalação. Ainda mais importante era o fato de que quando Aristóteles declinou a discussão sobre os prognósticos de tempo, ele efetivamente divorciou os ‘meteoros’ do ‘tempo’. Como uma consequência, a meteorologia clássica persistiu como uma empreitada distinta tanto em método e propósito das regras tradicionais, enquanto a moderna concepção de meteorologia como ciência do tempo se consolidava. Esta separação foi mantida até o fim do século XVIII quando o ‘tempo’ era invariavelmente definido como o ‘estado ou disposição da atmosfera, no que diz respeito ao calor, frio, vento, chuvas, neve e etc.’, na qual a ‘meteorologia’ era ainda referenciada como ‘a doutrina dos meteoros’. Nem o ‘tempo’ ou a ‘atmosfera’ eram necessariamente associados com a ‘meteorologia’. Na meteorologia clássica, portanto, o tempo nunca poderia ser considerado uma agregação de meteoros, uma vez que uma lista de todos os meteoros em um dado lugar e momento não poderia ser considerada equivalente ao conhecimento do estado do tempo em determinado local e hora. Esta disjunção refletia o fato de que os meteoros e o tempo existiam em domínios incomensuráveis: meteoros na teoria dos elementos sublunares, o tempo fora das considerações teóricas. O tempo acontecia, os meteoros eram explicados.

3.3 *Weather-wisdom*

Assim como muitos outros fenômenos de ordem natural, os eventos atmosféricos fazem parte do folclore. E para compreender a verdadeira posição do folclore nas ciências, deve-se perceber que este aspecto da cultura humana não existe apenas no passado, mas também no presente. Nesta discussão, segundo MASON (1891) o folclore seria aquele conhecimento produzido pelo povo e utilizado em sua orientação, apesar da evidente imprecisão desta definição, encontramos

nela uma característica fundamental: a confiança em proposições supersticiosas e, em certos casos, a doutrinação a partir das mesmas. Com isto o folclore se constitui em um aspecto cultural hereditário, exercendo maior influência sobre a população iletrada, as quais geralmente possuem suas próprias teorias ou concepções dos fenômenos naturais, bem como seu próprio modo de lidar com eles. Em muitos casos estas posições antecedem ou se contrapõem ao conhecimento considerado científico, e é sobre tais características, referentes à meteorologia, que discorreremos a seguir.

Antes de procedermos para a meteorologia desenvolvida no âmbito das academias renascentistas, outro grupo de trabalhos ancestrais merece uma breve menção. Estes são os trabalhos sobre sinais de prognóstico do tempo (*weather signs*). Ressalta-se que existe uma considerável diferença entre a meteorologia teórica e o conteúdo destes tratados. Se Aristóteles definiu os meteoros como elementos em um sistema de mudanças sublunares – isto é, em termos de exalações – os escritores sobre sinais do tempo lidavam com ‘espécies’ concretas de tempo (*species of weather*) fora dos sistemas teóricos. Eles eram menos interessados nos ‘atributos essenciais’ dos meteoros, do que no conhecimento dos padrões de tempo (*weather patterns*) em uma localização concreta e em uma época específica do ano. O primeiro texto Grego desta natureza é o *Phaenomena*, de Aratus de Soli, escrito no início do século três a.C. Trata-se de um poema astronômico complementado com sinais prognósticos, intitulados *Diosemai*. Este e o anônimo *De Signis Tempestatum* (atribuído a Teofrasto) representam as duas fontes principais e, aparentemente, originais, que influenciaram a maioria dos trabalhos neste gênero.

Estes trabalhos, e outros em formas de poesia, discutiam as mudanças sazonais do tempo na medida em que afetavam o fazendeiro e o marinheiro, ou seja, no que interessava às pessoas comuns ao invés dos filósofos. Era comum encontrar listas com sinais de tempestade e tempo bom, seco e úmido, ventanias e calmarias, quente e frio, claro e nublado. Estes tipos de tempo (*kinds of weather*) eram previstos a partir do comportamento das formigas, sapos, corvos, ou por características visíveis na Lua, no céu, nas nuvens e estrelas. Segundo JANKÓVIC (2000) deve-se notar que, primeiro, estes sinais do tempo são apresentados como correlações puramente fenomenológicas: eles seriam considerados mais confiáveis

se tivessem uma explicação causal. Segundo, tais obras e suas paráfrases não pretendiam um tratamento exaustivo de todos os fenômenos sublunares. Isto se deve ao fato de que estes trabalhos buscavam refletir e elaborar um conhecimento não-filosófico da natureza, lidando assim com o tempo ‘existencial’, o qual não é apenas geograficamente e temporalmente específico, mas também relevante para a vida cotidiana. Portanto, neste modelo de trabalho, o tempo possui um significado antes antropocêntrico do que teórico. Com isso os sinais do tempo seriam concernentes à tradição do tempo (*weather*), em contraste com a teoria meteorológica, que discutia as causas dos meteoros.

Curiosamente, muitos destes ditados, ou regras para identificação de sinais do tempo meteorológico ainda estão presentes na cultura moderna, muitas vezes em formas bastante parecidas com suas formulações originais elaboradas pelos povos antigos. Este tema, referenciado por praticamente todos os autores com os quais tivemos contato, parece revelar uma das facetas mais ricas e instigantes do estudo do tempo atmosférico. Segundo HAZEN (1900) o *weather-lore*⁶³ caracteriza um dos conhecimentos mais básicos dos seres humanos, adquirido através de observações ordinárias e rotineiras, sobretudo decorrentes de atividades relacionadas ao ‘ritmo da natureza’. Contudo, para que tenha valor, um ditado sobre o tempo deve ser baseado em um número suficiente de coincidências entre o sinal e o suposto resultado. Contudo, a tendência geral da humanidade tem sido a de conferir enorme importância a uma única coincidência, ignorando assim numerosas instâncias que invalidariam determinado provérbio. Uma vez que um ditado baseado em tamanha generalização tenha sido iniciado, ele parece ser transmitido por muitas gerações, sem enfrentar grandes questionamentos. Porém, o fato de que um provérbio seja milenar, não significa que sua validade seja maior.

Há também os ditados que pretendem prever o tempo de determinado dia específico do ano a partir de considerações astronômicas, a este respeito HAZEN (1900) afirma que:

“One objection urged against the validity of such sayings, however, does not seem well founded; namely, that since the reform in the calendar all these days come out of joint, so to speak, and are growing farther away from their proper place as originally suggested.

⁶³ Ou *weather-wisdom*, ou *weather folk-lore*.

If the position of the day, as regards the annual swing of the earth about the sun, be the all-important consideration in determining the day of the supposed influence upon the weather, then by the reform in the calendar the day has been put back and rigidly fixed in its proper place in the annual march of the earth, and hence the proverb applies properly to the day, provided, of course, that its origin was during the early years of the Julian calendar.” (HAZEN, 1900 pág. 192).

HAZEN (1900) complementa suas considerações a respeito da validade dos provérbios sobre o tempo com a afirmação de que muitos dos sinais ancestrais que tem se mostrado realmente úteis são baseados na aparência das nuvens⁶⁴ e da neblina durante a alvorada e o crepúsculo, ao invés daqueles orientados pelo comportamento de plantas ou animais. Outra consideração importante diz respeito à origem dos provérbios e das relações sazonais estabelecidas:

“If there was a single spring or source from which the stream of weather lore had started, and if into this stream other smaller rivulets have flowed from time to time, on following back the main stream we would naturally expect to find it gradually narrowing to its source. This, however, is not the case, and it is not difficult to see that if there is any relation between the appearance of clouds, the behavior of animals and plants, and the ensuing weather, such relationship could be discovered independently by observers in all parts of the world and all along the passing centuries. The origin of a good deal of our weather lore is dependent upon the climate of the country in which it began, and in many cases the weather of the country will be a valuable criterion by which to trace such sayings. For example, all the weather sayings regarding rain on the rainy season in Greece or Palestine must harmonize with the fact that all the precipitation in those countries falls between November and March. There is a kind of weather lore that has been greatly misinterpreted, in many cases, from a failure to recognize its origin. Before the establishment of the calendar and the setting in order of the months and seasons of the solar year, it was very necessary to determine the approach of each season in order to facilitate farming operations. At the first this could be done only by watching the rising and setting of the constellations.” (HAZEN, 1900, pág. 195).

Apesar da afirmação acima, um dos aspectos marcantes do estudo destes provérbios refere-se ao fato de que a mesma idéia, expressa de forma praticamente idêntica, pode ser encontrada em países distantes ou de tradições distintas, ainda

⁶⁴ O almanaque “*The Shepherd of Banbury's Rules to Judge the Changes of the Weather*”, datado de 1827, segundo Shaw (1932), obteve enorme sucesso, pois, a maioria de suas regras era associada à aparência das nuvens, alcançando assim um êxito razoável em suas previsões.

que muitas regras digam respeito a fenômenos essencialmente locais. Segundo FANNY e NEWELL (1889), que realizaram um estudo acerca de diversas coleções destas regras, o universo do *weather-lore* pode ser dividido de acordo com os seguintes temas:

“(1) the Sun, (2) the moon, (3) stars and meteors, (4) rainbows, (5) mist and fog, (6) dew, (7) clouds, (8) frost, (9) rain, (10) snow, (11) thunder and lightning, (12) winds, (13) prognostics from the actions of animals, (14) from birds, (15) fish, (16) reptiles, (17) insects, (18) trees, plants, etc. (19) prognostics of the weather dawn from various objects, (20) proverbs relating to days of the week, (21) months of the year, (22) seasons of the year, (23) the year, (24) all proverbs of weather and popular sayings not included under the above heads.” (FANNY; NEWELL, 1889, pág. 203)

A partir do estudo de algumas compilações, como aquela realizada por R. INWARDS (1898), intitulada “*Weather-lore*”⁶⁵ temos acesso a um amplo panorama a respeito das máximas e dos ditados proféticos sobre o tempo meteorológico no período medieval. Ressalta-se a permanência de muitas partes do material reunido por Teofrasto (traduzido para o latim por Virgílio), sendo que as principais alterações ou inovações são referentes ao novo calendário adotado e aos dias ‘santos’. Destaca-se novamente o caráter inegavelmente local destas máximas, muitas vezes com informações repetidas, mas com modismos locais distintos, por exemplo, aqueles que associam a ocorrência de chuvas à presença de nuvens próxima às montanhas. O trecho a seguir, exemplifica a confiança e importância conferidas aos manuais que continham as regras de previsão do tempo:

“Who the shepherd of Banbury was, we know not; nor indeed have we any proof that the rules called his were penned by a real shepherd: both these points are, however, immaterial: their truth is their Best voucher. Mr. Claridge (who published them in the year 1744) states, that they are grounded on forty years’ experience, and thus, very rightly, accounts for the presumption in their favour. “The shepherd,” he remarks, “whose sole business it is to observe what has a reference to the flock under his care, who spends all his days, and many of his nights in the open air, under the wide-spread canopy of Heaven, is obliged to take particular notice of the alterations of the weather; and when he comes to take a pleasure in making such observations, it is amazing how great a progress he makes in them, and to how great a certainty he arrives at last, by mere dint of comparing signs and events, and correcting one remark by another. Every thing, in time, becomes to him a sort of weather-gage. The sun, the moon, the stars, the clouds, the winds, the mists, the trees, the

⁶⁵ Londres, 1898, Elliot Stock.

flowers, the herbs, and almost every animal with which he is acquainted, all these become, to such a person, instruments of real knowledge.” (The Shepherd of Banbury’s Rules, 1827, *apud* SHAW, 1932, pág. 109)

A seguir um conjunto de algumas regras extraídas da obra:

“I. Sun – If the sun rise red and fiery – Wind and rain.

II. Clouds – If cloudy, and the clouds soon decrease – Certain fair weather.

III. Clouds small and round, like a dapple-grey, with a north-wind – Fair weather for two or three days.

IV. If small Clouds increase – Much rain.

V. f large Clouds decrease – Fair weather.

VI. In Summer or Harvest, when the wind has been South two or three days, and it grows very hot, and you see Clouds rise with great white Tops like Towers, as if one were upon the Top of another, and joined together with black on the nether side – There will be thunder and rain suddenly.

VII. If two such Clouds arise, one on either hand – It is time to make haste to shelter.

VIII. If you see a Cloud rise against the Wind or side Wind, when that Cloud comes up to you – The Wind will blow the same way that the Cloud came. And the same Rule holds of a clear Place, when all the Sky is equally thick, except one Edge.

IX. Mist – If Mists rise in low Grounds, and soon vanish –Fair weather.

X. If Mists rise to the Hill-tops – Rain in a Day or two.

XI. A general Mist before the Sun rises, near the full Moon – Fair Weather.

XII. If Mists in the New Moon – Rain in the Old.

XIII. If Mists in the Old – Rain in the New Moon.

XIV. Rain – Sudden Rains never last long: but when Air grows thick by degrees and the Sun, Moon and Stars shine dimmer and dimmer, then it is like to rain six Hours usually.

XV. If it begin to rain from the South, with a high Wind for two or three Hours, and the Wind falls, but the Rain continues, it is like to rain twelve Hours or more, and does usually rain till strong a North Wind

clears the Air. These long Rains seldom hold above twelve Hours, or happen above once a year.

XVI. If it begins to rain an Hour or two before Sunrising, it is likely to be fair before Noon, and to continue so that day; but if the Rain begins an Hour or two after Sunrising, it is likely to rain all that day, except the Rainbow be seen before it rains.

XVII. Winds – Observe that in eight Years' Time there is as much South-West Wind as North-East, and consequently as many wet Years as dry.

XVIII. When the Wind turns to North-East, and it continues two Days without Rain, and does not turn South the third Day, nor Rain the third Day, it is likely to continue North-East for eight or nine Days, all fair; and then to come to the South again.

XIX. After a Northerly Wind for the most part of two Months or more, and then coming South, there are usually three or four fair Days at first, and then on the fourth or fifth Day comes Rain, or also the Wind turns North again, and continues dry.

XX. If it turns again out of the South to the North-East with Rain, and continues in the North-East two days without Rain, and neither turns South nor rains the third Day, it is likely to continue North-East two or three months.

XXI. If it returns to the South within a Day or two without Rain and turns Northward with Rain, and returns to the South in one or two Days as before, two or three times together after this sort, then it is like to be in the South or South-West two or three Months together, as it was in the North before. The winds will finish these turns in a fortnight.

XXII. Fair Weather for a week with Southern Wind is like to produce great Drought, if there has been much Rain out of the South before. The Wind usually turns from the North to South with a quiet Wind without Rain; but returns to the North with a strong Wind and Rain. The strongest Winds are when it turns from South to North by west. When the North Wind first clears the Air, which is usually once a Week, be sure of a fair Day or two.

XXIII. Spring and Summer – If the last eighteen Days of February and ten Days of March be for the most part rainy, then the Spring and Summer Quarters are like to be so too; and I never knew a great Drought but it entered in that Season.

XXIV. Winter – If the latter End of October and Beginning of November be for the most part warm and rainy, then January and February are like to be frosty and cold, except after a very dry summer.

XXV. If October and November be Snow and Frost, January and February are likely to be open and mild.” (The Shepherd of Banbury’s Rules, 1827, *apud* SHAW, 1932, pág. 109-110)

Destaca-se que estas regras são antes remanescentes, em forma e estrutura, da coletânea atribuída a Teofrasto do que dos provérbios medievais. A partir das leituras realizadas pode-se inferir que, a despeito do número de sinais e dos métodos disponíveis, as pessoas nunca estiveram satisfeitas com a predição do tempo de sua própria época.

Não nos referimos apenas àqueles relacionados à atividade científica que buscavam explicações racionais e quantificáveis, mas também ao povo ‘comum’ que exigia segurança e confiabilidade para suas atividades práticas, o que, em geral, não era alcançado, uma vez que a astrologia se mostrou uma grande falácia e o *weather-lore* dependia de pessoas perspicazes, além de remeter sempre a escalas locais e atividades ligadas a natureza, sendo insuficiente em muitas áreas urbanas. A razão desta insatisfação pode ser facilmente encontrada no fato de que não há uma real correspondência entre os diversos provérbios e os fatos.

Teofrasto, por exemplo, fornece oito sinais para chuva, enquanto Erasmus Darwin, outro representante desta vertente, estudado por SHAW (1932), apresentou trinta e três indicações. Também não se esclarece se todos os sinais devem ocorrer para que a chuva apareça ou se se tratam de aspectos individuais. Outro elemento que chama atenção é a própria contradição entre as relações estabelecidas pelos provérbios, imputando efeitos diferentes à características semelhantes, por exemplo, como o pôr do Sol avermelhado que, em algumas coleções corresponde a tempo bom, e em outras a dias úmidos ou chuvosos, neste sentido torna-se difícil estabelecer o significado atribuído a esta característica. Contudo, ainda que a maioria destas regras sejam contraditórias, insuficientes ou simplesmente falhas, sua popularidade não diminuiu, tampouco sua autoridade em atividades como pesca ou agricultura. Acreditamos que isso se deva ao interesse intrinsecamente humano sobre o futuro e ao fato de que apenas um êxito pode produzir um efeito muito mais memorável do que dezenas de erros. Colocamos também o fato de que, para a maioria do público incauto, os provérbios de *weather-lore* apresentam, na maior parte das vezes, uma causa única para cada fenômeno atmosférico, e como

sabemos através do inquérito científico, isso é algo praticamente impossível para os eventos meteorológicos.

Ou seja, tais provérbios podem ter cultivado na mente do público uma visão demasiadamente simplificada dos fenômenos atmosféricos. Infelizmente este efeito não parece se limitar às mentes não-científicas, posto que a história da meteorologia está repleta de relatos de condutas metodológicas e hipóteses inadequadas e baseadas unicamente no folclore. Obviamente uma das maiores limitações desta ciência refere-se à impossibilidade de testar e repetir os fenômenos estudados, por isso deve-se criar meios de identificar situações típicas e aguardar a ocasião de sua repetição natural, ou então buscar por situações semelhantes nos registros, prática esta que nos parece ser um treinamento especial em direção ao aperfeiçoamento do conhecimento meteorológico.

Em contraste com os esforços de construção teórica para a meteorologia, a tradição dos prognósticos nunca desenvolveu um relato teórico sobre o funcionamento de suas regras. Sua confiabilidade estava em seu uso, não em uma defesa racional sobre sua validade ou conexões causais entre os sinais e as previsões. O cerne dos prognósticos encontra-se correlacionado aos sinais observados com relação à previsão, o que significa que tais sinais não implicam uma relação causal. Em resumo, a impressão geral que obtemos a partir do estudo dos provérbios do tempo é de que quando as previsões são limitadas a um período de até quarenta e oito horas, em escala local, é possível alcançar um grau satisfatório de precisão. No entanto, quando as regras tentam abarcar períodos mais amplos, acabam por falhar grosseiramente.

3.4 Primeiros registros e instrumentos

O desenvolvimento dos instrumentos meteorológicos foi necessário para superar o impedimento que havia obstruído, até o século XV, o desenvolvimento da meteorologia. O advento do termômetro, barômetro, higrômetro e outros, abriram o caminho para um estudo mais compreensivo da atmosfera, evidenciando a importância de se observá-la. Há pouca dúvida sobre a ocorrência de observações atmosféricas na Antiguidade e seus registros, certamente Teofrasto não poderia estar apto a desenvolver suas regras empíricas sem ter realizado nenhum tipo de

observação. Os gregos foram os primeiros, até onde sabemos, a criar registros sobre observações meteorológicas, os quais eram publicados sob a forma de almanaques - denominados *parapegnas* à época - fixados nas colunas. As observações predominantes eram sobre os ventos, devido à importância deste tipo de informação para a navegação.

Estas observações ancestrais do tempo nunca foram completamente interrompidas e eram razoavelmente “cruas” em comparação com as observações modernas. Elas consistiam, basicamente, da condição do céu (nublado, chuvoso, claro, etc.), direção do vento, o “aquecimento” do ar (quente, frio, ‘normal’) e algumas vezes da quantidade de precipitação, este último, aparentemente, o primeiro dos elementos principais a ser sistematicamente registrado. Tornou-se costume dos historiadores do Império Romano realizar anotações em seus anais a respeito dos fenômenos atmosféricos mais importantes, sobretudo aqueles que necessitavam sacrifícios, um costume que se manteve durante parte da Idade Média. A qualidade e regularidade destas observações fazem com que seja possível identificar algumas estações e fenômenos típicos. De acordo com FRISINGER (1977), o inglês William Merle, que viveu no século XIV, teria sido o primeiro homem ocidental a manter um diário regular com observações do tempo realizadas em Oxford, entre 1.337 e 1.344.

Muitos foram os grandes nomes que se dedicaram a realização de observações meteorológicas, mas, a despeito destas tentativas, o uso dos novos instrumentos meteorológicos revestiu-se de um caráter marcadamente disperso e fragmentado. Esforços para formar alguma espécie de rede internacional de observadores do tempo não obtiveram muito sucesso até meados do século XVIII. Ainda segundo FRISINGER (1977) a primeira destas redes ocorreu no meio do século XVII na Itália, quando Ferdinando II, da Toscana, fez com que as observações meteorológicas se tornassem uma atividade regular da *Accademia del Cimento*. Foram utilizados termômetros, barômetros e higrômetros, sendo que os observadores foram enviados para Florença, Pisa, Vallombrosa, Curtigliano, Bologna, Milão e Parma. Posteriormente a rede foi ampliada para abarcar Paris, Osnabruck, Innsbruck e Varsóvia, assumindo então uma feição internacional. Foram realizadas observações de temperatura, pressão, umidade, direção do vento, e estado do céu (“*state of the Sky*”). Os registros eram realizados em formulários e

enviados para a academia, aonde eram comparados com os dados provenientes de outros postos de observação.

A influência da *Accademia del Cimento* se fez presente nas redes de observação posteriores. Até meados do século XVII não havia nenhum procedimento padronizado para a realização de observações meteorológicas, embora a *Accademia del Cimento* tenha avançado neste sentido, suas ações somente foram complementadas pelo trabalho de Robert Hook, "*Method for Making a History of the Weather*", publicado em 1667. Neste artigo HOOK (1667) traz sugestões tanto sobre como deve ser feita a leitura dos instrumentos e parâmetros, quanto de seu registro, sugerindo inclusive um formulário, atentando também para características não quantificáveis, como a "face do céu" (talvez uma versão rudimentar da noção de tipos de tempo). É interessante observar que HOOK (1667) não defende a realização de observações a qualquer hora do dia, mas sim durante os momentos em que ocorrem mudanças significativas no tempo, desde que ao menos uma observação fosse feita durante o dia. Este artigo foi apresentado à *Royal Society* e cópias foram enviadas a várias pessoas envolvidas nas atividades meteorológicas.

O referido artigo pode ser considerado um divisor de águas para a meteorologia, pois pela primeira vez, era apresentada uma tentativa de descrever precisamente o que deveria ser incluído em uma observação meteorológica e de que forma isso seria feito. Assim, as observações deveriam ser conduzidas com a utilização de instrumentos padronizados. Em 1666, a Academia Francesa de Ciências também começou a realizar observações sistemáticas e regulares, mantendo registros contínuos sobre o trabalho de seus associados. Contudo, os registros sistemáticos de temperatura e pressão ainda demoraram a serem realizados, sobretudo pela questão da escala a ser utilizada para a medida.

Já no século XVIII, em 1723, temos a iniciativa de James Jurin, então atual Secretário da *Royal Society* o qual convidou todos os observadores que possuíam treinamento e equipamento a submeter, anualmente, suas observações diárias para a *Royal Society*. Junto ao pedido enviado aos observadores, havia um conjunto de instruções que incluía a leitura diária do termômetro, barômetro, direção e força do vento, quantidade de chuva ou neve coletada e aparência do céu. As observações

seriam registradas em formulários com seis colunas paralelas: a leitura barométrica, a temperatura, a direção e força do vento, uma descrição concisa do tempo e a quantidade de chuva ou neve coletada. O resultado deste trabalho foi publicado anualmente no periódico *Philosophical Transactions*. Com a popularidade e reputação da *Royal Society*, James Jurin não demorou a conquistar o apoio de novos observadores, destacando-se aqui os diários de navegação, que indicavam diariamente características gerais do tempo, bem como medidas sobre intensidade e direção dos ventos a cada duas horas, além da localização do navio, dada em coordenadas geográficas. Com isso surgiu a idéia de coletar tantos diários de navegação quanto fossem possíveis e, a partir deles, compilar informações específicas para os diferentes oceanos a fim de verificar, por exemplo, se o regime dos ventos apresentaria alguma relação com o tempo sobre o mar.

Embora as redes meteorológicas mais bem sucedidas sejam um produto do século XIX, o primeiro grande impulso deve-se à *Societas Meteorologica Palatina*, formada durante o século XVIII. Fundada na cidade alemã de Mannheim em 1780, teve como seu primeiro ato solicitar às principais universidades, faculdades e academias científicas sua cooperação para a coleta de dados, oferecendo em contraponto todos os instrumentos padronizados necessários, sem nenhum custo. Como resposta trinta sociedades e cinquenta e sete instituições aceitaram a tarefa, e com isso receberam um “kit” inicial, contendo os instrumentos (barômetro, termômetro, higrômetro, eletrômetro, ‘biruta’, pluviômetro e bússola) devidamente calibrados e um caderno com instruções, que incluía, por exemplo, o horário das observações a serem realizadas às 7, 14 e 21 horas. A *Societas Palatina* coletou dados da América do Norte, do Mediterrâneo, da Rússia e de toda a Europa Central, os quais eram publicados em suas *Ephemerides*. Com a morte de seu fundador em 1790, a liderança da organização sofreu um forte abalo, situação que se agravou ainda mais diante das crises políticas decorrentes da Revolução Francesa, levando ao fim da sociedade, sendo que seu último boletim, para o ano de 1792, foi publicado apenas em 1795.

Contudo, apesar da quantidade crescente de registros instrumentais a respeito do tempo atmosférico, existe uma grande diversidade de dados e informações relevantes a serem obtidos a partir dos diários mantidos em períodos muito anteriores ao advento dos instrumentos meteorológicos, seja para a

reconstrução de padrões de circulação atmosférica, seja para uma compreensão mais adequada da evolução da meteorologia.

Neste contexto manter um jornal ou diário era um modo de reduzir o tempo atmosférico a alguma espécie de ordem, e também uma tentativa de compreender seus eventos, relacionados de diversas maneiras à vida humana. Os diários variavam em forma, conteúdo e estrutura, mas possuíam uma característica em comum: os eventos atmosféricos seriam sempre considerados em relação a outras ocorrências (meteorológicas ou não), como o preço dos grãos ou a proliferação de doenças. Pode-se sugerir que, esta produção de diários do tempo, seja um resultado em larga escala da empreitada de ‘civilizar a natureza’. Os diários tornaram-se importantes fontes de dados (apesar de imprecisos), tanto para historiadores quanto para meteorologistas, sendo considerado por ambos uma espécie de pré-história da meteorologia considerada científica. Discutiremos agora algumas características relevantes destes registros pré-instrumentais.

Por exemplo, segundo JONES *et al.* (2001), podemos encontrar um dos mais antigos relatos escritos sobre o tempo no território polonês, datado do inverno de 940/941 e nos informa que esta estação foi relativamente fria. As notas do século X são extremamente escassas, mas a frequência destes relatos tende a crescer com o passar do tempo cronológico. Estas descrições singulares usualmente se referem a eventos climatológicos ou hidrológicos pontuais e extraordinários, ou seja, caracterizam alguns fenômenos extremos do tempo meteorológico. Frequentemente eles provêm evidência de condições médias do tempo sobre um longo período, como um mês ou estação. Sobre esta base os diários do tempo meteorológico eram diferenciados pela regularidade de descrições as quais foram mantidas, por muito tempo, como notas marginais nos calendários ou diários eclesiásticos e astronômicos.

Através do trabalho de THORNDYKE (1966) podemos ter acesso a algumas transcrições das observações registradas em um desses diários, especificamente para o período de 1º de setembro de 1.400 a 25 de junho de 1.401. Infelizmente não há informações a respeito do autor responsável pelos registros, nem da localização na qual foram realizados. Apesar destas lacunas é possível identificar algumas características interessantes, a começar pela assiduidade dos registros, que

correspondem a um ano de observações com pouquíssimas interrupções. Assim, as anotações eram diárias, freqüentemente com uma divisão entre manhã, tarde e noite, destacando como principais aspectos a presença de nuvens, a sensação térmica (quente ou frio), ausência ou ocorrência de chuva e a direção e intensidade do vento (relativos). Inicialmente não parece haver nenhuma padronização da descrição, contudo, ao longo do relato, sobretudo ao fim do ano, o observador parece ter se habituado a certa “nomenclatura padrão”, embora não possamos garantir que houvesse um esforço consciente em estabelecer vocabulário específico para os fenômenos observados. Além disso, as descrições passam a apresentar maiores informações, indicando, por exemplo, se as nuvens eram finas ou espessas, assim como seu formato e o efeito do vento sobre as árvores, ou se a chuva era fina, pesada, rápida ou estendida. Também não parece haver nenhuma preocupação explicativa, concentrando-se apenas sobre o registro das características visuais e térmicas mais facilmente identificáveis.

Ainda segundo JONES *et al.* (2001), retornando ao território polonês, poucos seriam os diários meteorológicos conhecidos. O primeiro deles consiste em observações meteorológicas realizadas na Cracóvia do século XVI, por professores da Academia de Cracóvia. O professor Marcin Biem, da cidade de Olkusz, sistematicamente observou as condições do tempo durante o período de 1.502-1.540 e suas notas formam a base de dados mais importante para estes anos. Existem ainda notas complementares de outros professores para os dias em que Marcin não realizou observações. Também existem referências a um registro de 62 anos a partir de 1536, realizado na cidade de Olesnica. Outras séries importantes são aquelas registradas por Johann Kepler (1.628-1.630) e Friedrich Buethner (1.655-1.699). Também no século XVII Jan Antoni Chrapowicki, um nobre polonês, manteve um diário com anotações quase diárias para o período 1.656-1.685, constituindo-se em importante referência para as pesquisas que buscam reconstruir as condições atmosféricas passadas. Outra característica que deve ser ressaltada refere-se ao fato de muitos registros breves (entre três e sete anos) apoiarem-se em hipóteses sobre a recorrência do tempo meteorológico em dependência dos astros. Infelizmente não foi possível ter contato com o conteúdo original destes registros, de forma que passamos a depender de informações indiretas acerca dos mesmos.

O já mencionado astrólogo e teólogo Marcin Biem constitui-se em uma das figuras mais importantes para estudos desta natureza. Suas observações sobre o tempo eram regulares e cuidadosamente anotadas em uma base diária para 682 meses, contendo 5.915 entradas. Em suas anotações identificam-se três fases: 1.502-1.507; 1.524-1.531 e outros períodos intermitentes. Biem observou não apenas o tempo, mas também fenômenos astronômicos, como eclipses e cometas. Acredita-se que Biem tenha mantido correspondências com Copérnico, e que tenha realizado observações astronômicas para fornecê-las ao famoso astrônomo.

Além de Biem outros professores realizaram importantes anotações meteorológicas: Michal of Wislica (1.699 entradas entre 1.527-1.555), Bernard de Biskupie (1685 entradas entre 1.510-1.531), Jan Muscenius (1.649 entradas entre 1.555-1.568) e Mikolaj Sokolnicki (934 entradas entre 1.521-1.531). Outra possível investigação para os registros de Biem estaria voltada para a análise de notas marginais sobre cheias e inundações, algumas especialmente desastrosas como as de 1.505, 1.515 e 1.528 com o transbordamento de diversos rios, com destaque para o rio Vistula, fazendo o autor relatar inclusive os tipos de prejuízo decorrentes do evento (casas destruídas, pontes levadas pelo rio, plantações arrasadas e outros). Se considerarmos os três períodos para os quais as notas de Biem são mais completas (1.502-1.507, 1.527-1.531 e 1.535-1.540) é possível investigar a frequência de dias com ocorrência de determinados fenômenos. Com isto são estabelecidas comparações especulativas entre os dados do século XVI e os do século XX para diversos fenômenos, por exemplo, no caso da precipitação não há diferença sensível em relação a quantidade de dias com chuva, embora não seja possível comparar a quantidade de precipitação.

Outro diário importante, conforme citamos anteriormente, é o de Jan Antoni Chrapowicki, que realizou registros de 1.656 a 1.685. Em seus registros percebemos seu entusiasmo para assuntos de natureza meteorológica, levando-o a realizar registros diários e, em certos casos, mais de um registro por dia. Sete volumes de seus diários foram escritos contendo, além das observações sobre a atmosfera, considerações de ordem astronômica, política e econômica, infelizmente, a maior parte dos volumes originais foi perdida, restando somente dois originais e algumas cópias fiéis dos volumes restantes, mantidas por seus sucessores. O período que apresenta maior confiabilidade para registros meteorológicos compreende o

intervalo entre 1.656-1.667, tanto por serem baseados nos volumes originais, quanto por apresentarem apenas 112 dias sem anotações meteorológicas, ainda que apresentem problemas de homogeneidade, uma vez que o autor do diário, devido a compromissos profissionais, era constantemente forçado a viajar por longos períodos pelo território polonês. Nas ocasiões em que eram registradas mais de uma entrada por dia temos observações pertinentes à nebulosidade e, novamente, ao estado do céu. Assim como nos outros exemplos, elementos como precipitação e temperatura são descritos em aspectos qualitativos, sendo impossível compará-los com dados instrumentais, mas permitem, por exemplo, estabelecer aproximadamente as estações, além de considerações sobre a direção e intensidade dos ventos. A seguir, um exemplo de suas anotações para janeiro de 1.660 (In JONES *et al.*, 2001):

- “1. Cloudy day, thaw in afternoon
2. Cloudy day, quite a heavy snowfall in the morning
3. Humid day with cold yet westerly wind
4. Snowing in the morning, severe snowstorm, then fine weather, it began to freeze in the evening
5. Humid day with cold wind, quite heavy snow in the evening
6. Severe frost in the night and morning, then wind and fine rain in the afternoon, yet very cold
7. Humid day with westerly wind
8. Cloudy in the morning, then severe frost and fine weather with strong wind
9. Frosty in the morning, then thawed a great deal
10. It was freezing in the morning, then thawed, quite heavy snowfall in the night, snowstorm with the wind
11. Frosty day with westerly wind and snowfall
12. Frosty day, snowing for a while
13. Cloudy day with severe frost and wind, in the evening severe gale with snowstorm and dry snow

14. During the night and in the morning a severe snowstorm with frost, then cleared up for some time and overcast once more
15. Severe frost and northerly wind all day
16. Frosty day, eased in the morning
17. Cloudy and cold day
18. Hard frost and clouds
19. Fine weather, a frosty day with a wind
20. Frosty day, strong wind, calm evening
21. A little more settled, calm day
22. Cloudy morning with strong wind, then fine weather, calm yet cold
23. Cloudy day and thawed, fall of snow
24. Cloudy day with wind and severe frost, a heavy snowstorm
25. Fine weather, frosty
26. Fine weather, strong frost, calm
27. Dark and cloud all day, very frosty in the morning, then a fall of rime
28. Very cold day with wind, cloudy
29. Frosty and cloudy day, snow at times
30. Fine weather day, wind
31. Cold and cloudy day, strong and cold wind, decreasing in the evening, light fall of snow." (JONES *et al.*, 2001, pág. 21-22).

A cidade de Cracóvia tem uma das universidades mais antigas da Europa, a Universidade Jagiellonian (antiga Academia de Cracóvia), fundada em 1364. JONES *et al.* (2001) assume que a comparação sistemática de prognósticos astrológicos e do tempo meteorológico observado foi desenvolvida na escola de matemática e astrologia desta Academia a qual, naquela época, era um centro de liderança e referência nestes campos, com a função primeira de testar a validade das predições astrometeorológicas. A publicação em massa dos calendários astronômicos (também conhecidos como efemérides) a partir de fins do século XV

propiciou um meio adequado para a divulgação de tais observações, além de reservar espaços em branco para que os leitores pudessem fazer suas próprias considerações. Muitas informações meteorológicas podem ser obtidas a partir das anotações contidas em tais efemérides, ainda que a maioria das observações seja bastante sucinta devido ao espaço restrito. A mais antiga cópia conhecida de uma efeméride contendo entradas meteorológicas está depositada na Biblioteca da Universidade Jagiellonian, datando de abril de 1468, com uma única frase indicando a temperatura (*“frigore temperato”*) de um dia santo. Ainda que seja insuficiente, este tipo de registro constitui o padrão da imensa maioria das informações meteorológicas do período pré-instrumental, salvo raras exceções que apresentam considerações sobre estações ou anos. Em geral trata-se de anotações sucintas e baseadas em palavras-chave que caracterizam um período de tempo (cronológico) a partir de alguma ocorrência meteorológica que tenha se destacado (*“dies clara et calida”*, *“pluvia in nocte copiosa”*).

Ainda a respeito de registros e concepções pré-instrumentais sobre a atmosfera e o tempo meteorológico, cabe destacar alguns elementos do trabalho de VARENIUS (1734). O livro apresenta uma forma de texto baseada em proposições e suas respectivas justificativas ou falsificações. A respeito da atmosfera o autor se baseia na concepção então predominante da teoria das exalações de Aristóteles e não parece apresentar nenhum juízo crítico ou negativo a respeito desta proposição. Cabe ressaltar que apesar da recorrência da palavra *‘weather’*, não há uma abordagem classificatória, apenas descritiva, assim como na maioria dos assuntos abordados pelo livro. Um ponto interessante refere-se à palavra *‘climate’*⁶⁶ poucas vezes utilizada, mas que possuía um significado razoavelmente distinto ao atual (para a climatologia da geografia).

⁶⁶ A primeira aparição da palavra *‘climate’*, nesta obra de Varenius, surge no contexto de explicações causais e circunstanciais (efeitos locais) em correlação com os padrões de ventos. Estabelece também a associação entre nuvens escuras e mau-tempo, conhecimento proveniente dos navegadores, que teria se misturado aos provérbios populares. Em um tópico sobre tempestades, visa ampliar as considerações sobre os ventos, detalhando suas especificidades locais e periódicas, destacando suas relações com as tempestades. A atenção parece se concentrar sobre os tipos de tempo que resultam em mau-tempo, mas a abordagem é vaga.

Conforme apontamos anteriormente, a Teoria das Exalações de Aristóteles busca a explicação tanto no calor celestial (Sol e Lua), como naquele proveniente no interior da Terra. Assim, grande parte do esforço explicativo de VARENIUS (1734) está baseado neste trabalho, embora pareça misturar a tradição aristotélico-escolástica com alguns elementos provenientes da experiência. A atmosfera e o ar são tomados como dois corpos distintos, resultantes das exalações e interagem sobre a Terra.

Dessa forma as exalações seriam responsáveis pela origem do ar, que por sua vez originaria os ‘vapores finos’ e as nuvens. Independentemente de sua explicação causal, as exalações estão associadas ao que ‘move’ a atmosfera, ou seja, o que provoca seus fenômenos. Em VARENIUS (1734) a explicação para estas diferenças se mostra claramente astronômica: (i) diferente elevação do Sol, (ii) diferentes fases da Lua, (iii) o surgimento e ‘queda’ de outras estrelas e (iv) o fator geográfico da proximidade com áreas úmidas ou secas. Cada tipo de superfície terrestre emitiria um tipo específico de exalação destacando-se o Vapor (água) e a Fumaça (coisas secas), oferecendo também uma breve caracterização das diferentes propriedades exaladas (aquosa, salina, sulfúrica, terrestre e espirituosa).

A respeito da óptica da atmosfera, os diferentes tipos de refração são considerados em associação com as propriedades e o formato físico das partículas exaladas. Há uma diferenciação entre o claro e limpo (com mais partículas secas) e o ar escuro (com partículas úmidas), associando a umidade à possibilidade de chuva. A explicação sobre a ascensão das exalações se daria pela ação do calor, ainda que o processo seja apresentado de forma obscura. Dessa forma o principal elemento responsável pela dinâmica da atmosfera seriam os ‘vapores’ oriundos das exalações. VARENIUS (1734) também apresenta uma divisão da atmosfera entre superior, intermediária e inferior, aparentemente classificada desta forma devido aos fenômenos observados em diferentes altitudes. Por fim, o autor também estabelece uma diferenciação bastante clara entre a densidade do ar frio e aquela do ar quente – inclusive associando alguns fenômenos a esta diferença - e sobre as camadas imaginadas da atmosfera parecendo mesmo haver um reconhecimento da troposfera, considerada as duas primeiras partes – inferior e média – na qual vivemos e na qual se produzem fenômenos como chuva, granizo e neve. Há ainda

considerações a respeito da altura estimada das nuvens, no entanto não há um esforço classificatório.

Finalizadas as considerações acerca de algumas características e exemplos de registros pré-instrumentais da atmosfera, prosseguiremos agora para algumas considerações fundamentais a respeito dos primeiros registros meteorológicos instrumentais, destacando-se o papel do barômetro. Segundo GUIJARRO (2005) o barômetro conheceu uma extraordinária difusão no Século das Luzes. Sua construção relativamente simples, sua ampla variedade de aplicações e a facilidade que oferecia a interpretação de suas leituras, além de ser útil para a predição do tempo, explica sua presença em diversos centros, dependências e residências. O êxito e as expectativas despertadas pelo barômetro são comparáveis ou quiçá maiores que as produzidas por outros instrumentos da época, como o microscópio e o telescópio. O barômetro apresentava dois objetivos básicos: a determinação do tempo atmosférico e o cálculo da altura das montanhas. Assim o barômetro acompanhou a geógrafos e físicos em suas expedições terrestres ou marítimas destinadas a estudar os traços climáticos dos territórios inexplorados. Porém, o barômetro também foi empregado, junto com outros instrumentos, para realizar coleções diárias de registros quantitativos cuja finalidade era fornecer, uma vez realizados os cálculos médios e selecionados os valores extremos, uma descrição do ‘temperamento’ e constituição da atmosfera de uma determinada localidade, ou então com propósitos comparativos, de outros pontos geográficos.

Precisamente neste contexto, membros da *Royal Society* assumem a idéia de manter diários médico-meteorológicos. Seguindo esta proposta, no século XVIII destacam-se algumas personalidades pela manutenção deste tipo de registro sistemático no qual se combinam dados locais do tempo com a informação de diferentes enfermidades. Durante este período os diários mantiveram um caráter descritivo e provisional, mesmo quando não se sabia a utilidade do que estava sendo registrado – afirmava-se que, em qualquer caso, podiam ser úteis para posteridade. Assim, a tabela de observações devia conter indicações diárias sobre o vento, a temperatura, e o tipo de dia dominante (sereno, nublado), do comportamento do ar (ocorrências de mudanças bruscas na temperatura), dos fenômenos ou meteoros notáveis, das fases da Lua e as correspondentes leituras barométricas.

Segundo GUIJARRO (2005) o estabelecimento de redes de observadores, cujos antecedentes se remontam a meados do século XVII (ou seja, pouco depois da invenção do baroscópio, convertido posteriormente em barômetro), não tinha somente o propósito de determinar as correlações específicas da suposta influência do meio ambiente sobre as enfermidades. As redes também teriam se constituído com a convicção de que a reunião das leituras oferecidas pelos instrumentos, acompanhadas de outros dados, contribuiria de maneira essencial ao estabelecimento de valores estatísticos médios e extremos (temperatura, pressão e chuva) de caráter local, valores que poderiam ser comparados com outros lugares. GUIJARRO (2005) destaca, para a Espanha, o modelo principal dos formulários meteorológicos: as informações termométricas eram apresentadas em três colunas, os ventos e estado do céu (nublado, sereno, encoberto, nuvens com relâmpagos e etc.) – também com três colunas, seguindo os padrões das academias internacionais para observação e publicação. Com respeito aos registros e tabelas confeccionadas em outros centros europeus, somente alguns detalhes se apresentavam de forma diferente, como a inclusão ou não de outras categorias (nas espanholas, por exemplo, seria difícil encontrar dados referentes à direção ou força do vento, ou umidade).

As invenções do barômetro e do termômetro marcam o nascimento do estudo da física da atmosfera, e da quantificação responsável pela conceituação mais sofisticada sobre sua estrutura. Partindo do ponto de vista histórico, o que hoje chamamos de física estava incluído naquilo que Aristóteles chamava de meteorologia, ou seja, fenômenos naturais do universo material. Tais fenômenos incluem: vento, nuvens, chuva, neve, granizo, calor, luz e óptica atmosférica, a física destes fenômenos foi estudada e construída em laboratório, mas o estudo comparativo, dependente das condições reais, mostrou-se algo muito mais complexo. De modo que não há uma concepção universalmente aceita sobre a circulação geral da atmosfera que contemple suas mudanças periódicas e ocasionais, que possa formar uma base teórica de referência. Dessa forma, cada autor acaba criando ou reavaliando seu ponto de partida, dificultando o avanço por meio do progresso cumulativo, principalmente em relação à circulação superior e à distribuição dos campos de pressão e calor na alta troposfera.

A este respeito SHAW (1932) elabora uma breve crítica a respeito da visão fragmentária com a qual se tem trabalhado classicamente a meteorologia. Segundo este autor, para sua efetiva cientifização, seriam necessários: 1) aperfeiçoamento dos instrumentos e ampliação do alcance das observações; 2) o uso deste equipamento de forma ordenada, em rede, para obtenção de séries sistemáticas; 3) a coordenação destas observações para representar a estrutura e circulação da atmosfera conduzindo a leis indutivas para aplicação do conhecimento sobre o tempo meteorológico e 4) ao desenvolvimento de teorias físicas e dinâmicas da circulação, tanto para o globo quanto para o local. Enquanto estas etapas são construídas, cabe questionar quais os progressos realizados a este respeito, uma vez que, desde a antiguidade à invenção do barômetro, o conhecimento meteorológico prático foi dominado pelo *weather-lore*, o qual não sofreu grandes alterações desde a obra de Teofrasto. De certa forma, os instrumentos parecem ter carregado parte deste anseio, sobretudo o barômetro, uma vez que as alterações na coluna de mercúrio eram prontamente associadas a mudanças no tempo, tanto que em pouco tempo foi lançado o barômetro circular que continha uma agulha que se movia de acordo com a variação da coluna de mercúrio e apontava para as seguintes condições: Chuva, Chuva Forte, Tempestade, Bom, Bom com Nuvens e Muito Seco. Ainda que não se saiba a procedência destas indicações, não houve demora na utilização destas inscrições entre os modelos mais populares.

Quando se difundiu a ineficiência de tais procedimentos exclusivamente baseados na leitura do barômetro, logo surgiram outras instruções para a utilização correta do referido instrumento, destacando-se aquela elaborada por Robert Fitzroy, enquanto responsável pelo serviço meteorológico inglês. Com o advento instrumental, cresceu uma concepção comum de que o caminho para o progresso da meteorologia seria unicamente dependente de novos instrumentos e experimentos que proporcionassem dados cada vez mais precisos e em maior quantidade. Assim, admitia-se que caso não fossem encontradas soluções com dados que apresentassem uma precisão de duas casas decimais, deveríamos buscar uma precisão de dez casas decimais e assim por diante. Contudo, as cartas sinópticas mudaram esse panorama, e forçaram os observadores e pesquisadores a olharem além do ponto restrito de uma única estação, forneceram um quadro mais amplo e complexo, ainda que muitos tentassem, em vão, aplicar resultados

exclusivamente laboratoriais a análises reais. A questão que despontou foi: como, a partir dos milhares de dados coletados, seria possível identificar elementos que permitam traduzir a estrutura da atmosfera em uma linguagem científica?

Finalmente, há o início da observação padronizada referente às variáveis visuais, as quais exigem outro tipo registro, como anotações e contagem do número de ocorrências. Entre estas observações não-instrumentais, destacamos: neblina, orvalho, geada, trovão, relâmpagos e os fenômenos ópticos. Para tais registros foi elaborada uma convenção internacional de símbolos e regras específicas, contudo, nos registros das marinhas navais e mercantis convencionou-se, na Inglaterra, realizar notações a respeito do ‘estado do tempo’, pois este seria fator de maior importância para tais atividades. Nebulosidade e visibilidade são outros elementos relevantes, mas para os quais o registro numérico ainda encontra empecilhos. Para as nuvens, por exemplo, o método mais comum consiste em repartir o céu em quadrantes e estimar as proporções cobertas por nuvens. Para a visibilidade a quantificação foi obtida a partir da seleção de objetos posicionados em distâncias sucessivas e conhecida, obtendo-se a seguinte escala:

- “0 Dense fog, objects not visible at 50 metres
- 1 Thick fog, objects not visible at 200 m
- 2 Fog, very bad visibility, objects not visible at 500 m
- 3 Bad visibility, objects not visible at 1000 m
- 4 Very poor visibility, objects not visible at 2000 m
- 5 Poor visibility, objects nor visible at 4000 m
- 6 Moderate visibility, objects not visible at 10.000 m
- 7 Good visibility, objects not visibly at 20.000 m
- 8 Very good visibility, objects not visible at 50.000 m
- 9 Excellent visibility, objects visible beyond 50.000 m” (SHAW, 1932, pág. 19).

Esta escala de visibilidade nos parece fundamentalmente importante, uma vez que podemos inferir o campo de visão do observador comum, aquele que produz e reproduz os ditados do ‘*weather-lore*’ de modo mais preciso, o que pode

nos levar a considerar a escala espacial dos tipos de tempo (ou ao menos de sua identificação) como algo intermediário entre a escala local e a regional, mas certamente inferior à dimensão dos processos observados em cartas sinópticas, a partir das redes de estações meteorológicas, as quais foram criadas a partir de iniciativas das primeiras academias científicas.

3.5 O papel das Academias Científicas

Em geral, quando se aborda o tema das academias científicas, em uma perspectiva histórica, o primeiro nome que se destaca é o da *Royal Society*, uma das instituições científicas mais importantes do Renascimento. Contudo, neste tópico, não nos deteremos sobre esta academia, uma vez que a quase totalidade dos artigos analisados foi obtida a partir dos periódicos desta instituição. Dessa forma, a *Royal Society* e o seu papel serão abordados com maiores detalhes nos capítulos subseqüentes. Sendo assim, neste tópico nos concentraremos sobre a importância e influência da *Societas Meteorologica Palatina*⁶⁷, a qual pode ser considerada a primeira entidade científica com uma orientação exclusivamente meteorológica.

Além da *Societas Palatina*, discutiremos brevemente a respeito de outras instituições que realizaram registros meteorológicos, ainda que tenham exercido um papel menor. Assim, começemos pelo que parece ter sido o modelo pioneiro, a já mencionada *Accademia del Cimento*. Esta instituição se destaca não apenas pelo ineditismo de sua iniciativa, mas também pelo fato de ter sido a primeira a obter, oficialmente, uma autorização da Igreja Católica, fato de importância crucial para seu funcionamento adequado, uma vez que evitava posteriores investigações ou pressões católicas sobre as atividades desenvolvidas. Fundada em 1.657 pelo Príncipe Leopoldo de Médici e pelo Grão-Duque Ferdinando de Médici, a *Accademia del Cimento* apresentava como principal objetivo a difusão da ciência italiana, concentrando-se sobre as repercussões dos experimentos de Galileo e Torricelli e seus procedimentos de investigação acerca do mundo natural. Para esta tarefa a

⁶⁷ Infelizmente, a maioria dos textos originais da *Societas Meteorologica Palatina* foi produzida em latim, o que dificultou em muito a consulta ao conteúdo original. Assim, a pesquisa foi realizada a partir de fontes indiretas.

Accademia contava com a maior coleção de instrumentos científicos da época e, durante o período em que esteve ativa, constituiu-se em um centro de referência para filósofos de toda a Europa. Assim como muitas instituições posteriores, a *Accademia* não apresentava nenhuma estrutura ou programa de pesquisa previamente definidos, funcionando ao sabor dos interesses de seus membros e dos assuntos que se destacavam nas reuniões periódicas. A *Accademia del Cimento* encerrou suas atividades em 1667 com a publicação da obra “*Saggi di Naturali Esperienze*” (“Ensaio das Experiências Naturais”), a qual apresentava o resultado de diversas experiências realizadas nos campos da pneumática, magnetismo, som, óptica e outros.

Outra instituição importante foi aquela fundada quatro anos após o surgimento da Royal Society, a Academia de Ciências de Paris, fundada por Luís XIV em 1666. Em contraposição ao modelo britânico, a iniciativa francesa possuía uma origem governamental, e esperava-se que realizasse contribuições nas áreas militar e de engenharia. Apesar do foco científico, a Academia também passou a ter um papel político importante, tornando-se, em muitos casos, alvo de acirradas disputas por cargos públicos. Assim como na experiência italiana, a instituição parisiense contava com uma grande coleção de instrumentos científicos, voltados, majoritariamente, para investigações de ordem física e biológica. Apesar de muitos de seus membros terem publicado o resultado de suas pesquisas de forma dispersa, somente no século XIX – quando já havia sido incorporada ao Instituto da França – passou a publicar periódicos regulares, denominados “*Comptes rendus de l’Académie des Sciences*”. Em relação às observações meteorológicas podemos destacar que o Observatório de Paris, criado junto com a Academia, por muito tempo funcionou antes como depósito de instrumentos e posto de observação astronômica do que para fins meteorológicos propriamente ditos. Segundo BARBOZA (2002), somente após um projeto de reestruturação da Academia, o Observatório de Paris passou a contemplar atividades meteorológicas. Com isso foi elaborado uma espécie de manual de orientação que definia dois tipos de observações meteorológicas: (i) abarcava as ocorrências ditas acidentais, contemplando a formação de nuvens, a ocorrência de tempestades, neve, granizo e até mesmo a queda de bólidos, e (ii) as observações consideradas regulares, contemplando temperatura, pressão atmosférica, umidade do ar e direção e velocidade dos ventos. Contudo, o primeiro

tipo de observação parece ter predominado mesmo entre os observadores oficiais tanto pela falta de treinamento em operar corretamente os instrumentos, quanto pela falta de comprometimento com os horários estabelecidos para as observações, o que prejudicava a posterior análise e comparação dos dados.

Nos casos de Espanha e Portugal, com a Real Academia de Medicina e Ciências Naturais e a Academia de Ciências de Lisboa, respectivamente, podemos identificar grandes esforços, ainda que tardios, em participar da cena científica européia. Contudo, tais instituições tiveram início em meados do século XVIII e somente algumas décadas depois conseguiram se consolidar. No caso da Espanha, segundo GUIJARRO (2005) um dos principais agravantes seria a falta de verbas para aquisição de instrumentos e para publicações, o que teria debilitado as atividades desta academia. Ainda sobre a Espanha, as observações meteorológicas destacam-se pela sua relação constante com a medicina, sendo posteriormente iniciado um tímido programa de investigação da relação entre as condições atmosféricas e a ocorrência de enfermidades. Já em Portugal, os estudos meteorológicos foram direcionados para um aspecto prático: o estudo da disponibilidade hídrica em relação às variações pluviométricas.

Por fim temos a *Societas Meteorologica Palatina*. Fundada em setembro de 1.780, por Karl Theodor, a sociedade foi planejada como uma rede internacional e permanente de observadores meteorológicos. Ao mesmo tempo Karl Theodor reuniu alguns funcionários para organizar e dirigir a sociedade, além de cuidar das publicações e das análises dos dados registrados. A partir disso foram enviados convites a vinte e sete universidades e academias científicas, para as entidades que aceitaram a proposta foram enviadas instruções detalhadas sobre a realização das observações, instrumentos calibrados e formulários padronizados.

Os dados coletados foram publicados nas *Ephemerides* da sociedade entre 1.781 e 1.795. Em média o projeto contou com cerca de trinta e uma estações (o número de estações participantes oscilou consideravelmente), entre os Urais e a América do Norte. Esta experiência coordenada e funcional conseguiu realizar grande parte dos objetivos anteriores e dos esforços contemporâneos em relação à conquista de uma base empírica para uma 'meteorologia exata'.

Segundo CASSIDY (1985) o projeto também conseguiu, em muitos casos, superar os obstáculos referentes à comunicação e à instrumentação, organizando uma estrutura que não encontraria paralelos até meados do século XIX, com o advento dos escritórios governamentais de meteorologia. Ainda de acordo com CASSIDY (1985), a *Societas Palatina* tornou-se também o último ímpeto para que a meteorologia se livrasse da herança aristotélica, além de fornecer os dados utilizados para a confecção das primeiras cartas sinópticas. A meteorologia do século XVIII pode ser caracterizada pela transição de elementos das ciências físicas, como a observação aleatória e elaboração de hipóteses, para a ‘física experimental e exata’, a qual se concentrava sobre a utilização de leis físicas e matemática aplicada sobre uma ciência experimental.

Uma das principais vantagens da *Societas Palatina* encontrava-se na facilidade em trabalhar com instrumentos padronizados, evitando muitos erros que foram comuns em outros projetos, pois os artesãos de instrumentos já eram capazes de fabricá-los em grande escala e com propriedades idênticas, em colaboração com “cientistas” físicos. A este fator alia-se a viabilidade e o interesse econômico nas observações meteorológicas para a agricultura e o comércio, sobretudo para os governos, diante da possibilidade de obter maiores lucros e maior produtividade, evitando assim períodos de grandes fomes.

Contudo, isso nos revela que muito pouco era conhecido sobre a meteorologia, ou o que ela poderia vir a ser. Parece-nos que a população em geral, e muitos dos filósofos naturais, não sabiam exatamente o que esperar da coleta dos dados meteorológicos. Dessa forma, àquela época, não era raro encontrar homens que se ocupassem do registro meteorológico a partir de uma perspectiva puramente empiricista, avaliando apenas as médias mensais, provenientes de observadores voluntários que trabalhavam sem qualquer tipo de instrumento padronizado ou rotina sistemática. A *Societas Palatina* remediou boa parte destes defeitos com seus próprios instrumentos, cuidadosamente selecionados, assim como os locais e os observadores, além de instruções e formulários padronizados. Preferindo-se academias, monastérios ou universidades, locais nos quais o trabalho poderia ser continuado com a morte do observador atual. Os pacotes com os instrumentos incluíam um barômetro, dois termômetros de mercúrio de Réaumur, um higrômetro e, em alguns casos, uma agulha para declinação magnética. Outros instrumentos

como biruta, pluviômetro e dispositivos para detectar a eletricidade do ar eram cuidadosamente descritos nos manuais, para que fossem construídos localmente. Cada estação recebia anualmente doze formulários, um para cada mês. As observações dos instrumentos deveriam ser realizadas às 7:00, 14:00 e 21:00, usando a simbologia estabelecida por Johan Hemmer, um dos membros dirigentes da sociedade.

Buscando uma utilidade prática para os registros realizados, Johan Hemmer proclamou a agricultura e a medicina como os motivos fundamentais do projeto. Com isso esperava-se que uma melhor compreensão das vicissitudes do tempo trouxesse benefícios em ambas as áreas. Para a convicção de Hemmer, CASSIDY (1985) cita o trabalho de Giuseppe Toaldo, o qual recebeu um prêmio por seu trabalho em 1774 ao descobrir alguns efeitos físicos do tempo atmosférico sobre as plantas.

Com isso, muitas novas investigações buscando relações de regularidade com o tempo foram realizadas, destacando-se o período de crescimento das plantações, migrações de animais, a posição dos signos do zodíaco, as fases da lua, a mortalidade mensal e outros dados demográficos. Essa amplitude de hipóteses confirma nossa sugestão anterior de que não se sabia exatamente o que esperar dos estudos meteorológicos. Contando com esta argumentação não foi difícil para Hemmer convencer eleitores e líderes locais a auxiliarem o projeto.

O projeto e a publicação anual das *Ephemerides* continuaram sem problemas até a morte de Hemmer em 1790, como resultado de sua inalação contínua de mercúrio enquanto trabalhava sobre os instrumentos. Segundo CASSIDY (1985), como Hemmer não havia estabelecido um sucessor, o projeto todo caiu sobre seu colega médico Johann Melchior Gütthe, que tentou passar a missão para o Secretário da academia, Andreas Lamey, contudo a natureza pessoal do projeto era óbvia, pois a organização e controle morreram junto com Hemmer, ainda que as observações e publicações tenham continuado por algum tempo. A este acontecimento seguiram-se períodos de dificuldades financeiras para a manutenção das publicações. Já fragilizado desde 1790, o projeto colapsou completamente em 1792 quando o exército francês cruzou o Reno, tendo seu último volume publicado em 1795.

O objetivo da *Societas Palatina* era reunir dados confiáveis e de longo-prazo, a partir dos quais padrões e regularidades poderiam ser percebidos. A sociedade então buscou e aceitou a participação daqueles mais inclinados à observação do que à análise. Praticamente não houve interação entre aqueles que organizaram o projeto e aqueles que tentavam construir uma ‘física experimental’ do tempo através de estudos detalhados de fenômenos individuais, leituras instrumentais e hipóteses geofísicas.

Desde que tais estudos freqüentemente envolviam outras ciências, especialmente química e hidrodinâmica, pessoas como Cavendish, Lavoisier, Dalton, DeLuc e Lichtenberg, constituíram uma comunidade de ‘meteorologistas’ não-participantes. A seleção dos participantes de acordo com sua devoção à observação se reflete nas ocupações daqueles que participaram do projeto, destacando-se padres e monges, além de professores de física e astronomia. A comunicação era um problema grave, basta constatar que das trinta e sete estações que participaram apenas oito enviaram seus registros durante todos os doze anos do projeto. Sobre as vinte e sete estações estrangeiras, nunca houve resposta sobre onze delas, incluindo todas que foram convidadas nas Ilhas Britânicas. O envio de instrumentos frágeis era outro problema relevante.

Fiel aos objetivos empiricistas do projeto, todos os dados recebidos de cada local eram publicados na íntegra nas *Ephemerides*, assim como qualquer análise, curiosidade ou estudo suplementar enviado pelos observadores. Todos os dados voluntários nos primeiros anos concentravam-se sobre o barômetro e suas possíveis variações e causas. Algumas das primeiras representações gráficas e noções de variabilidade média surgem nestes estudos.

Uma das principais motivações do projeto, a esperança de que os prognósticos detalhados do tempo poderiam ser facilmente derivados a partir de dados precisos, encontrou, na experiência, sua refutação empírica final. Por dois anos consecutivos foram publicados volumes intitulados “*Comparatio annorum collectorum*”, reunindo as tabelas dos dados anuais, mas sem comentários ou análise. O intento aparente seria facilitar a percepção dos padrões e regularidades nas leituras mensais e anuais. Embora mais gerais do que locais, e com concepções estáticas, o objetivo, segundo CASSIDY (1985) ainda estava longe de uma noção de

clima, e mesmo de uma proto-concepção de zona, a qual já fora publicada nas *Ephemerides*.

3.6 Alguns aspectos sociais pertinentes ao estudo do tempo nos séculos XVII, XVIII e XIX

A partir dos pontos discutidos anteriormente, seguiremos para o encerramento deste capítulo com uma breve abordagem acerca de alguns aspectos sociais relevantes para o estudo do tempo meteorológico. Tais características abarcam desde a influência do pensamento aristotélico, por meio da doutrina meteórica, até a criação das primeiras instituições governamentais relacionadas à meteorologia e às redes de estações, destacando-se o caso inglês.

Conforme já apontamos, segundo JANKÓVIC (2000) os primeiros interesses meteorológicos de fato teriam sido os meteoros incomuns, e não as observações numéricas. Este estudo empírico dos meteoros, também denominado como “tradição meteórica”, corresponde a uma aproximação única entre os fenômenos emblemáticos da atmosfera, a teoria meteorológica aristotélica e a crença na intervenção divina. Assim, seria possível identificar alguns elementos que nos permitiriam diferenciar esta experiência empírica da meteorologia de outras abordagens semelhantes em relação ao mundo natural. Destacamos, dessa forma, as seguintes características desta suposta tradição meteórica identificada por JANKÓVIC (2000):

1. A tradição meteórica correspondia, neste sentido, a uma crônica individual dos *meteora* de Aristóteles. Conseqüentemente, muitas ocorrências naturais, consideradas hoje pertencentes a outras disciplinas, foram rotuladas como meteorológicas durante este período. Isto é ilustrado, por exemplo, pela organização dos resumos do *Philosophical Transactions*, sobretudo no início do século XVII, no qual marés, terremotos, meteoros, vulcões eram eventos considerados domínio da meteorologia;
2. A tradição meteórica era qualitativa e descritiva, preferindo a autenticidade do testemunho à teoria. Contudo, a teoria meteorológica das exalações era compatível com a tradição meteórica em um aspecto: a suposição de que o objeto de interesse da meteorologia seriam os *eventos*, e não os

processos de longa duração ou itens tangíveis, tais como rochas, plantas ou animais. Neste, e somente neste sentido, a tradição meteórica pode ser interpretada em princípio como uma investigação empírica dos meteoros clássicos;

3. As notícias meteóricas eram narrativas personalizadas do extraordinário, do chocante ou do raro. O conteúdo destas notícias era caracterizado como “anormalidades no tempo”, assim, o “incomum” era mais valorizado do que o “normal” em relação aos padrões do tempo. A tradição meteórica não se ocupava, portanto, em descobrir uma concepção global do tempo atmosférico;
4. Os autores destas reportagens, geralmente, preferiam a linguagem comum, coloquial, ao invés do linguajar técnico ou culto. De acordo com JANKÓVIC (2000), esta ‘coloração doméstica’, mostra como estes autores se sentiam familiarizados com o assunto, e como o tempo fazia parte de suas vidas cotidianas. Esta característica também tornaria mais difícil a tarefa de transformar as ocorrências atmosféricas em um objeto adequado ao propósito analítico;
5. Finalmente, os escritores meteorológicos eram predominantemente homens letrados das províncias. Sendo assim, pertenciam a uma cultura ativa de observação e trabalhos de campo, distanciando-se das rotinas de escritório. Até fins do século XVIII, a reportagem meteórica pairava amplamente nos livros de história natural e compreendia a mais da metade dos artigos meteorológicos publicados no *Philosophical Transactions*.

Deste período em diante, os ‘meteorologistas’ foram crescentemente convidados a ver sua investigação como uma empreitada quantitativa e laboratorial. A pneumática de laboratório e os mapas de tempestades, por exemplo, levaram a meteorologia para os ambientes internos, para o escritório, enfatizando a mensuração. A meteorologia passava a ser concebida como uma descrição *sinóptica* dos estados do tempo em diferentes lugares, assim como evidenciava a necessidade da descrição do tempo meteorológico no cronológico. O tempo atmosférico precisava ser mapeado em uma grade espaço-temporal, com seus nós

correspondendo às medições realizadas em postos observacionais remotos. De acordo com JANKÓVIC (2000), a idéia da observação contínua do tempo teria sido formulada inicialmente por Blaise Pascal, ao escrever sobre o barômetro instalado aos pés do monte *Puy-de-Dome*.

Contudo, o estudo do tempo ainda era marcado pela coexistência de duas abordagens empíricas distintas – a reportagem qualitativa do extraordinário e a mensuração quantitativa do ‘tempo-contínuum’ –. O eventual aceite do programa quantitativo-contínuum não pode ser interpretado como natural ou inevitável, mas antes como a aceitação de suas vantagens relativas sobre a reportagem meteórica. Ao fim do século XVIII, um ou mais aspectos da reportagem meteórica, – metodológico, teológico, social – deixaram de obter apoio entre os escritores meteorológicos. Mas a aceitação da abordagem instrumental ocorreria apenas um século após a sua promulgação, o problema não seria a falência da tradição meteórica, mas sua longa herança metodológica. A história do início da meteorologia moderna reflete, em vários aspectos, a história da tradição meteórica.

As primeiras concepções modernas sobre os meteoros concentravam-se sobre a descrição de tempestades violentas, a ocorrência de auroras incomuns e granizos com formas estranhas, assim como eventos intensos de frio, calor, neve, cheias e secas. Estes ‘meteoros’ arruinavam propriedades e interrompiam a vida, sendo comumente interpretados como avisos e castigos divinos. Porém, durante o século XVII, alguns escritores passaram a desafiar a autoridade destes presságios, combatendo a dimensão simbólica e pública que tais fenômenos adquiriram. Com isso, tem-se uma grande iniciativa frente às instruções morais e ideológicas, sobre as quais repousavam o cerne da literatura seiscentista e setecentista a respeito dos fenômenos atmosféricos, representados como sinais da vontade divina. Uma vez que a maioria destes eventos era local, parecia natural considerá-los como castigos ou advertências direcionados para comunidades específicas, cidades, casas ou mesmo indivíduos.

Na corografia⁶⁸ os meteoros ganhavam destaque porque eram locais, assim reforçavam a identidade regional e evidenciavam a região sobre os mapas culturais

⁶⁸ um dos primeiros gêneros modernos executado sobre a base dos condados e devotado à história local, genealogia, antiguidades, e história natural.

e geográficos do país. De acordo com JANKÓVIC (2000), diversas regiões adquiriram identidade através de suas características atmosféricas, e, por sua vez, este era caracterizado por suas regiões: tempestades de Cornish, as águas de Yorkshire, a salubridade do ar de Norfolk, estes elementos deixavam de ser apenas peculiaridades naturais, mas assumiam uma dimensão reconhecidamente histórica.

O apelo da corografia neste sentido repousa sobre a habilidade de distinguir – ao invés de buscar similaridades – entre os lugares e criar a personalidade das regiões. Estas diferenças buscam tornar o condado significativo em um mapa nacional, assim como a vida de seus moradores. Nas corografias do século XVII, estas formas de individuação tornaram-se enredadas com a diferenciação geográfica da natureza. De forma que curiosidades sobre a história natural local e sobre topografia tornaram-se um aspecto próprio da cultura de representação. Defendia-se que o tempo, o solo, as águas, e a paisagem determinavam um lugar e o caráter de alguém, assim como as relações civis.

Destaca-se que uma discussão sobre o ‘ar’ ou ‘temperatura’ de uma dada região poderia determinar sua salubridade e superioridade em comparação a outras regiões. Novamente, usando a interpretação de JANKÓVIC (2000) como base, pode-se estender a relevância do método corográfico a outros gêneros modernos devotados a investigação da natureza. A afinidade entre meteorologia corográfica e a história incomum do tempo descrita no *Philosophical Transactions* pode ser vista como baseada no foco comum de ambos os projetos em identificar curiosidades em uma base local/regional. Dado o caráter de miscelânea dos primeiros volumes do *Philosophical Transactions*, sua história natural e temas antigos podem ser vistos como partes – distinguíveis apenas em teoria – de um grande projeto corográfico ‘atomizado’ em pedaços de informações fornecidas pelos coletores provincianos. Esta visão pode ser justificada pela análise histórica demonstrando que os interesses topográficos dos correspondentes provinciais da *Royal Society* correspondiam um grande número de artigos publicados nos primeiros *Philosophical Transactions*.

Em um senso mais geral, o requerimento para usar o método da inspeção pessoal significava o exame sensorial da evidência material, o que garantia a precisão, confiabilidade, e o valor de tais descrições. Ao insistir sobre o impacto

físico das situações meteorológicas não-usuais, os filósofos naturais setecentistas estavam constantemente borrando a distinção entre o relevante e o superficial. A maior parte do grupo de artigos meteorológicos do *Philosophical Transactions* lidava com eventos testemunhados por filósofos naturais, geralmente indicando sua trajetória ou comportamento (posição de um halo, tremores, direção de tempestades e informações sobre seus efeitos nas pessoas, terra e propriedades). O tempo atmosférico não-usual sempre recebeu destaque. Registrar tais fatos era uma atividade exigente, pois, os ‘meteorologistas’, estando literalmente dentro do seu objeto de pesquisa, precisavam fazer um esforço para tornar seus relatos em algo com caráter objetivo.

Com essa característica, os primeiros reportes meteorológicos eram densos em detalhes circunstanciais. Porque os ‘meteorologistas’ escreviam sobre eventos que já haviam ocorrido em público, seus relatos eram mais propícios a serem permeados por comentários vulgares sobre a causa, extensão ou intensidade destes fenômenos. JANKÓVIC (2000) defende que, se a reportagem meteorológica tinha um significado na busca por uma identidade regional, não surpreende que seu esforço fosse essencialmente provincial. Mas se nos parece que a participação provincial na meteorologia empírica se deu por ‘mini-observatórios humanos’, isto se deve ao fato de que a coleção de dados era vista como uma aquisição de conhecimento, associadas à noção do pertencimento local. Destaca-se o fato de que não importa o quanto esses registros possam parecer importantes para a constituição da moderna meteorologia, na época eram consideradas contribuições secundárias, principalmente sob o prisma das academias científicas. Contudo, a maioria destes diaristas se recusava a colaborar com os pesquisadores metropolitanos e muitos mantinham seus dados apenas para repassarem para algum ilustre intelectual das províncias, em oposição aos *virtuosi* da *Royal Society*. JANKÓVIC (2000) ressalta que esta recusa se deve ao interesse em valorizar os aspectos locais e regionais, ao invés de se submeter a uma pretensa teoria global da atmosfera, além do desejo de não ver seu trabalho tornado anônimo pelos cálculos e correções dos ‘altos cientistas’ da metrópole.

Cabe considerar que, tanto nos jornais quanto nos diários e calendários o tempo era considerado um elemento da história natural dos lugares e províncias, e não o clima. Aliás, a palavra ‘*climate*’ raramente aparece nos registros, assim para

os narradores da época, o tempo era mais interessante quanto mais extremo. Essas crônicas provinciais da meteorologia evidenciam o axioma clássico de que a meteorologia se ocupa dos meteoros e não do tempo, de eventos e não de processos. Durante a segunda metade do século XVIII, no entanto, mudanças culturais e teóricas causaram considerável impacto sobre esta imagem. Ao fim do século estas mudanças começaram a desafiar tanto as fundações da tradição meteórica quanto da meteorologia teórica. Com isso a meteorologia tornava-se a investigação do tempo e não dos meteoros individuais. Contudo, mais do que descobrir as causas destas mudanças, seus líderes buscavam por regras, correlações e padrões subjacentes à evolução e não apenas ao estado do tempo. Através da descoberta do tempo em fluxo os naturalistas diminuíram a significância dos meteoros individuais e breves, e desvalorizaram tanto a teoria das exalações como sua expressão empírica na reportagem meteórica. Como ficará claro adiante, a ênfase mudou da filosofia experimental do ar para a racionalização dos sinais prognósticos, da explicação causal para as regras de previsão.

Contudo, esta mudança de orientação não ocorreu livre de problemas, os quais não eram restritos a questões metodológicas. De fato, os limites do conhecimento meteorológico podem ser vistos como determinados pela natureza dos próprios meteoros. Acrescenta-se, a inabilidade de muitos observadores de chegar a termos que poderiam diminuir a ambigüidade, de forma que encontramos um grande número de metáforas e expressões obscuras quando se pretendia descrever certa característica ou fenômeno. O reconhecimento destas dificuldades terminológicas representa, em parte, a falta de disciplina observacional e lingüística de muitos autores. Para resolver estas dificuldades teóricas, metodológicas e observacionais os filósofos naturais começaram a questionar sua herança clássica, pensando os ‘meteoros’ como algo diferente dos estudos empíricos empreendidos até então.

Para JANKÓVIC (2000), ao enfatizar a média e a uniformidade em meteorologia, a teologia natural foi uma fundação para uma *ciência* do tempo. Contrária às crenças da irregularidade das ‘afeições’ dos ares, e contrária as noções dos meteoros como *intrinsecamente* locais, o discurso da teologia natural abriu a possibilidade para o tratamento dos meteoros dentro de um quadro ordenado, fazendo-os confiáveis às metodologias científicas da época. A crença na natureza

como um *sistema* poderia, neste sentido, ‘regular o pensamento científico tanto na construção de soluções aceitáveis, quanto da escolha de problemas’. A natureza como um sistema era o coração da teologia natural a qual, provia a base para os trabalhos de Edmund Halley, John Arbuthnot, Willem’s Gravesande, Richard Kirwan, Jean De Luc e mesmo Charles Darwin. Na história da meteorologia, este princípio moldou o modo como os praticantes definiram o objetivo e o conteúdo do estudo, quando ao pressuporem que o tempo era governado por leis racionais, auto-regulado, com padrões, e um sistema finito de processos interconectados.

A partir deste momento, deu-se a ampliação do abismo entre o interesse dos filósofos naturais nas ocorrências únicas como enchentes, tempestades e auroras, e as regulares e cíclicas. Este abismo também pode ser representado pela divisão de caminhos entre o ‘entusiasmo’ meteorológico e uma nova ciência do tempo. As origens desta abordagem moderna repousam sobre a conjunção da visão do tempo como um sistema ordenado por leis, associado à tradição dos prognósticos de tempo. Os contribuintes da emergente teoria do tempo reconheceram que a agenda de uma ciência dos meteoros teria que ser capaz de identificar mudanças de longo-prazo, padrões recorrentes, e se possível, métodos de previsão. Segundo JANKÓVIC (2000), torna-se clara também a oposição entre os moradores do campo e os da cidade, seja por ofensas públicas, ou pelo desprezo mútuo pela contribuição de ambos os lados para a questão. Por exemplo, os pastores e profissionais associados não aceitavam que homens urbanos, presos em seus escritórios soubessem mais sobre as mudanças naturais do que eles, em seus anos de experiência profissional.

Deste ponto em diante o conhecimento do tempo seria apresentado como se estivesse estabelecido sobre uma nova autoridade – aquela das pessoas que vivem nas ruas e pastagens, unicamente situadas para descobrir as regularidades escondidas nas mudanças do tempo. Mas os pastores e fazendeiros eram aptos a superar as tarefas simples, mesmo sem educação formal, pois não estavam presos aos limites do raciocínio hipotético. Apesar de não serem mestres meteorologistas, tinham elevado conhecimento proveniente de uma experiência ocupacional. O conhecimento do tempo era uma adaptação ‘biológica’ às mudanças no ambiente com os prognósticos de regras servindo como ferramentas de sobrevivência. Observar tais mudanças era considerado uma parte necessária da vida diária de

marinheiros, pastores e fazendeiros. De fato, a obrigação de constante atenção à alteração na atmosfera teria dotado os homens menos letrados com certo grau de presciência de algumas alterações caprichosas.

O retorno à antiguidade, por meio da valorização dos almanaques e dos provérbios do tempo, contudo, não foi resultado apenas de atitudes céticas em relação à filosofia laboratorial dos meteoros, nem meramente um preenchimento para a astrometeorologia. De fato, em meados do século XVIII, autores interessados no estado e utilidade do conhecimento agrometeorológico, encontraram, em textos antigos, informações que se mostraram essenciais. Sendo assim, não nos espanta o fato de ter aumentado significativamente o total de publicações sobre regras do tempo, indicando que uma audiência alternativa estava ganhando voz.

Para JANKÓVIC (2000), o fim do século XVIII viu os filósofos naturais anunciarem uma nova meteorologia. Resultados da pesquisa química, elétrica e pneumática durante a segunda metade deste século, definiram novas temáticas e prioridades práticas, enquanto a descoberta das origens extraterrestres dos meteoritos estreitava o escopo do objeto tradicional da disciplina. A quantificação deslocou as narrativas da tradição meteórica, médias tornaram-se mais relevantes que os extremos, e os fenômenos recorrentes mais significativos do que as singularidades. A região sublunar, o domínio dos meteoros, havia sido reconstruída em um fluído de comportamento previsível. Na literatura relevante do período (principalmente enciclopédias e monografias), a meteorologia cessou de ser uma ciência dos meteoros ao se tornar uma investigação físico-química sobre a natureza do ar atmosférico e sua circulação planetária. A unificação da pesquisa eletroquímica, por um lado, e das teorias sobre as origens extraterrestres dos meteoros flamejantes de outro. Como um resultado, o campo semântico dos 'meteoros' e da 'meteorologia' sofreu alterações que colocaram um fim à compreensão clássica da disciplina.

Isto nos revela que o desenvolvimento da meteorologia no fim do século XVIII não pode ser explicado apenas em termos de uma 'transformação' interna à disciplina, a qual tomou lugar durante um período de intensa pesquisa químico-pneumática. Com isso, tais fenômenos foram removidos do temário meteorológico e a noção tradicional da meteorologia, que lidava com as 'meteoros' surgidos no

domínio sublunar, perdeu seu significado principal. A meteorologia clássica perdeu seu conteúdo compreensivo e seu escopo e, quando os baixos meteoros caíram sob a influência química e elétrica, assim o domínio bem-definido da meteorologia caiu por terra, tornando-a obsoleta e fragmentada. De outro lado, uma nova abordagem analítica continuou a mover a meteorologia nos gabinetes e laboratórios, associando-a a mensurações, tabelas, gráficos e médias. Com isso a autonomia da meteorologia passa a ser reconhecida apenas da dimensão dos processos em investigação, e não mais pela composição física ou pelo comportamento dos meteoros.

Estas mudanças significaram uma remoção da prática meteorológica dos locais cotidianos para os lugares em um mapa. Assim, os relatos de aparições meteorológicas individuais, que representavam a maioria dos artigos, apresentaram rápido declínio, sendo relegados ao gênero de miscelâneas e curiosidades, perdendo espaço nas grandes publicações filosóficas em prol das tabelas e registros regulares dos instrumentos. Esta nova roupagem quantitativa e regular ganharia espaço também nos jornais comuns. Neste momento há também um rápido declínio da preocupação teórica com a meteorologia, de forma que a quase totalidade dos esforços eram direcionados para a quantificação, buscando estabelecer uma base extensa o suficiente para a construção de uma “história natural da atmosfera”. Em oposição à tradição anterior a precisão foi valorizada como um sinal de diligência, habilidade e impessoalidade. A isso se associa a necessidade manifesta de atuar sinteticamente, emitindo maiores e melhores juízos gerais a partir de inferências particulares, ou a aproximação da realidade a partir de uma série de modelos de complexidade crescente. Ao invés de tratar a atmosfera como um caos de fluídos, uma nova meteorologia, que aspirasse ao status científico, deveria abordar seu objeto pelo exame de comportamentos habituais, ou através de algumas variáveis e processos isolados. Esta nova perspectiva e expectativa sobre a meteorologia foi construída por uma sociedade que passou, gradualmente, a desacreditar a experiência tradicional, pois seria incapaz de satisfazer as novas necessidades metodológicas da disciplina.

Em direção ao século XIX, a meteorologia passa a se destacar por questões associadas à previsão do tempo. Conforme citamos na introdução do capítulo, o caráter premonitório conferiu grande atenção à investigação meteorológica, ainda

que sob um ‘tiroteio’ de críticas e sátiras. Neste cenário, no século XIX, os prognósticos do tempo eram discutidos junto a assuntos religiosos e místicos, evidenciando certa suspeita em relação aos métodos científicos até então utilizados. A capacidade preditiva era demonstração de poder, a qual a recém-institucionalizada ciência meteorológica não conseguia cumprir adequadamente. Com isso, a meteorologia, apesar de seu arcabouço instrumental, muitas vezes distanciava-se, no imaginário popular, da concepção racional e lógica de ciência, sobretudo quando outros ramos científicos progrediam a passos largos, não apenas na explicação dos fenômenos do mundo natural, mas também na profusão de um modo específico de viver e pensar.

ANDERSON (2005) enfatiza a valorização social da astronomia e as recorrentes tentativas de transposição de seus princípios para a sociedade, em um período em que as “leis sociais” eram tomadas como certas, e sua assertividade dependeria apenas da inadequação dos dados. A predição aqui ganha novos contornos, pois sua vantagem não se resume em estabelecer as condições futuras, mas também de conseguir explicar eventos de um passado remoto, que não estão mais disponíveis à investigação direta. A pesquisa, cada vez mais científica e menos filosófica, contemplando áreas como geologia, paleontologia e astronomia, passa a relacionar a identidade nacional, a história e a modernidade.

Assim a predição de eventos futuros ou passados (retrodição) encontra seu ponto comum no fato de que, através de procedimentos racionais e científicos, seria possível estabelecer um conhecimento preciso sobre eventos que não estavam ao alcance da observação direta. Ainda que não se possam testar as retrodições, deveria proceder-se com confiança nos métodos e na crença da uniformidade da natureza, uma vez que o mesmo caminho utilizado para indicar eventos futuros seria usado para reconstruir aqueles passados.

Sob esta hipótese ANDERSON (2005) sugere que a meteorologia começou a olhar de forma mais atenta para os eventos passados, em busca de padrões que pudessem se repetir, já que as predições futuras não encontravam êxito significativo. Muitos problemas referentes à previsão do tempo meteorológico na Inglaterra Vitoriana apresentam dificuldades à interpretação se não considerarmos o amplo espectro de idéias sobre predição, profetas e profecias. Discussões sobre método e

epistemologia levam diretamente a considerações quanto ao caráter da comunidade científica e sua possível liderança nas sociedades modernas, principalmente quando a previsão do tempo falhou publicamente tantas vezes, não conseguindo se consolidar como um modelo científico razoável. Não se trata, portanto, de analisar apenas a meteorologia, mas o contexto no qual a ciência foi construída. A previsão meteorológica era vista como uma atividade de risco, pois poderia abalar a reputação de qualquer cientista dedicado e bem-intencionado. Infelizmente, poucos acreditavam que valia a pena incorrer neste risco, sendo que a maioria preferia não tratar deste assunto, deixando-o para os astrólogos e autores de almanaques, que se mostravam ainda bastante populares, apesar da crescente desvalorização dos ditados populares sobre o tempo, os quais eram comumente associados à tradição da meteorologia aristotélica.

Embora os escritórios oficiais e associações de meteorologia tenham se empenhado, ao longo do século XIX, em estabelecer formas de previsão do tempo, o pioneirismo na publicação de previsões (ou predições) do tempo, não compete a tais organizações, mas sim aos almanaques, os quais realmente definiram a ‘meteorologia popular’. Os almanaques, uma herança moderna dos cadernos conhecidos como lunários ou calendários perpétuos, se apresentaram cada vez mais populares e presentes na Inglaterra do século XIX, sobretudo após 1830, quando o controle governamental sobre o material impresso foi praticamente abolido. Adaptando suas tradicionais previsões sobre política e fenômenos naturais, não foi difícil abarcar a predição meteorológica e o debate sobre suas possibilidades modernas. As profecias populares sobre o tempo meteorológico são, em verdade, mais do que uma sombra na história da meteorologia. Contudo, as abordagens populares, expressas em meios de grande circulação (como jornais ou periódicos a preços acessíveis), alcançavam um público muito maior do que o conhecimento produzido pelas elites científicas e distribuído de modo mais restrito. Assim, do ponto de vista da autoridade científica, os almanaques e seus profetas, provocavam comparações constantemente problemáticas para as posições oficiais. Segundo ANDERSON (2005), não raramente, assuntos de cunho estritamente científico eram abordados por publicações de caráter esotérico como o *Zadkiel's Magazine* ou *Record and Review of Astrology, Phrenology, Mesmerism and Other Sciences*.

Esta autora considera ainda que, apesar dos limites traçados entre conhecimento popular e científico terem se fortalecido ao longo daquele século (XIX), não podemos enfatizar que houve uma fragmentação do contexto cultural comum, pois era cada vez mais difícil identificar separadamente a audiência específica de cada uma dessas abordagens. Em grande parte, essa maior circulação de informações deve-se a fatores alheios à meteorologia, como a expansão das editoras, o surgimento de novas técnicas de reprodução para ilustrações, diminuição dos impostos sobre o papel, novas técnicas de impressão e serviços postais a baixo custo. Todos estes fatores tiveram uma importância essencial para esta disciplina, dado seu apelo em relação à comunicação de massa.

Um dos temas preferidos destas publicações seria a possível influência lunar sobre as condições do tempo atmosférico, que atingiu tanto o circuito astrológico quanto o científico, desde o século XVIII em diante. Especulava-se sobre a relação entre as tempestades e as fases da lua, sobre o aumento da intensidade dos ventos quando a visibilidade da Lua era obstruída pela nebulosidade ou mesmo sobre a influência lunar em relação à eletricidade atmosférica, entre outros fenômenos que não eram explicados satisfatoriamente à época. Um exemplo marcante refere-se ao trabalho de William e John Herschel (pai e filho) que, apesar de terem apenas um artigo⁶⁹ publicado sobre a influência lunar, logo foram considerados como profetas por parte de seus leitores. Isto se deve ao fato de que, em 1815, ao publicarem seu “Quadro do Tempo” (Figura 3.6.1), afirmavam que o leitor poderia, sem dificuldades, identificar qual gênero de tempo seria o mais provável de ocorrer.

⁶⁹ “*Philosophical consideration of the attraction of the Sun and Moon*”, segundo ANDERSON (pág. 50, 2005).

Figura 3.6.1 – Quadro do tempo de William e John Herschel 1815 (Anderson, 2005, pág. 51).

Contudo, ambos os autores empenharam grande esforço em esclarecer que não eram, nem pretendiam ser profetas, mesmo com a popularidade que alcançaram com este artigo. Embora as idéias sobre a influência da Lua em relação à atmosfera terrestre fossem compartilhadas abertamente, principalmente nas décadas de 1830 e 1840, a recusa dos autores torna-se compreensível em face do fato de que, era muito comum, tais concepções relacionarem-se à astrologia. E, naquele período, a astrologia não apenas era uma atividade intelectualmente

questionável, como criminalizada. Neste debate, os novos astrometeorologistas argumentavam que sua disciplina seria a única a obter êxito ao estabelecer relações entre os fatos observados e uma teoria explicativa para os fenômenos do tempo meteorológico. A crescente circulação das teorias astrais teve um impacto fortemente negativo em muitos gabinetes meteorológicos oficiais, nos quais a teorização passou a ser mal-vista, enfatizando-se apenas a coleta sistemática e precisa de dados.

De acordo com FLEMING *et al.* (2006), em sua pesquisa meteorológica, John Herschel (1792-1871) trata de uma transição entre uma abordagem majoritariamente qualitativa e um estudo fundado sobre leis físicas em associação com o instrumental matemático e elevado nível de abstração. J. Herschel entrou em cena justamente quando esta forma de investigação se consolidava na meteorologia, liderando boa parte das pesquisas mais relevantes entre 1820-1870. Simultaneamente via o tempo meteorológico a partir de uma perspectiva geral, integrativa, capaz de suportar a redução analítica de fenômenos atmosféricos a causas físicas particulares e leis matemáticas. J. Herschel ainda buscou articular um método que interconectasse as relações causais dos fenômenos físicos. Com isso ele explicava a atmosfera em face das propriedades físicas e químicas da matéria. Com isso o tempo meteorológico local era cada vez mais considerado um “espécime do global”. Com o seu trabalho, a cultura dos ‘*country airs*’ era suplantada pela física da circulação planetária, de modo que o tempo meteorológico agora era visualizado como algo decorrente das escalas superiores de circulação.

John Herschel praticou sua meteorologia em uma tradição da física terrestre, a qual via os geo-fenômenos com a visão proveniente da filosofia natural. A possibilidade de um estudo sistemático surgiu cedo no século XIX, segundo Herschel todas as ciências progridem da nomenclatura e classificação para a busca de leis e causas, ou seja, da história natural para a filosofia natural. Compreender a meteorologia significava compreender como os fluídos aéreos se comportam em todas as situações de pressão, temperatura e etc., sendo que a geografia física demonstrava a aplicabilidade de leis em grande escala, o que inclui a meteorologia, revelando relações mútuas e interativas que mantém juntas as partes inter-relacionadas do mundo. Herschel buscou analogias que comprovassem as leis encontradas em laboratório, de forma a declarar sua posterior utilidade na

investigação da atmosfera *in loco*. Contudo defendia que, apesar da necessidade de teorização, os pesquisadores não poderiam se prender a explicações racionais, mas indemonstráveis.

Segundo FLEMING *et al.* (2006), J. Herschel teria apresentado sua melhor expressão de uma visão geral da meteorologia em seu livro "*Meteorology*". Neste trabalho a meteorologia foi caracterizada parte de uma ciência dinâmica, de modo que se a atmosfera não fosse móvel alguém poderia calcular suas causas. A mobilidade, no entanto, tornou os fenômenos atmosféricos muito mais complexos, e conduziu a "dificuldades mecânicas de ordem muito elevada". O autor lamentava que o fenômeno do movimento em fluídos elásticos estava entre os mais resistentes ao tratamento dinâmico, mesmo quando as causas eram "conhecidas e calculáveis". Com isso Herschel concluiu que a meteorologia não poderia ser uma ciência estritamente dedutiva, mas deveria recorrer à indução. Para Herschel somente as "causas derivativas" seriam responsáveis pelo aumento exponencial da complexidade dos fenômenos abordados, recomendando que os meteorologistas, orientados tanto pela observação quanto pelos aspectos dinâmicos, focassem sua atenção às "leis derivativas ou subordinadas". Com isso Herschel deliberadamente impunha sua visão sobre a meteorologia, considerando a atmosfera um fluído físico-químico, a ser estudado com base em observação cuidadosa e fundamentada pela teoria mecânica.

Para isso Herschel estabeleceu dois passos para a edificação de uma teoria para a meteorologia: (i) considerar quais agentes ou causas podem ajudar a produzir dado fenômeno; (ii) considerar quais leis podem regular a ação destes agentes. Segundo FLEMING *et al.* (2006), Herschel pretendeu construir considerações teóricas sobre a circulação geral, tempestades e os ventos alísios, chegando, ao que parece em uma primeira aproximação da noção de "massas de ar". Além disso, o autor também teria estabelecido uma teoria de ondas na atmosfera bastante coerente, embora não conseguisse comprová-la, escrevendo novamente sobre "massas de ar", e sobre a associação dos padrões de ventos aos padrões barométricos, variação esta que seria responsável pelo movimento ondulatório do ar, em 1857. Tais ondas seriam responsáveis pela ocorrência de tempestades, sobretudo ao se cruzarem, embora muitas de suas suposições tenham sido superadas ou simplesmente esquecidas, cabe lembrar que suas construções

teóricas seguiam a tendência geral do século XIX, ou seja, eram construídas a partir das propriedades térmicas e dinâmicas dos gases, a partir de observações sistemáticas.

ANDERSON (2005) também dedica parte substancial de seu trabalho à análise dos almanaques Vitorianos, devido a seu público abrangente e seu poder como formador de opinião. Este modelo de publicação remonta a uma longa tradição da literatura popular, constituindo-se como marca de uma época: a estabilidade da forma dos almanaques⁷⁰ do século XIX em relação aos dos séculos anteriores, com seus calendários, posições astronômicas, profecias, ensaios científicos (história, folclore, estatística, política, economia), recomendações para jardinagem e serviços domésticos, indicações de remédios caseiros e, finalmente, previsões do tempo. Tudo isso contribuiu para que tais publicações alcançassem grande popularidade e credibilidade entre a massa dos leitores. Os almanaques impactaram todas as classes sociais, tendo cada título um nicho específico. Nesta miscelânea temática, os calendários sem dúvida ocupavam uma posição de destaque.

Não tardou para que, no início da década de 1830, os principais almanaques com artigos de astrometeorologia fossem severamente investigados pelas autoridades oficiais. Embora não fosse difícil evidenciar elementos de astrologia, a maioria dos autores trabalhava com pseudônimos, o que realmente colocava um obstáculo à identificação dos nomes por trás destas publicações. Mas os almanaques também se destacavam pelos artigos científicos, obviamente, a meteorologia e a predição do tempo eram temas permanentemente em pauta, assim como a validade dos métodos de investigação da atmosfera, ainda que a postura apresentada tivesse mais relação com o folclore do que com a moderna racionalização da disciplina. As previsões anunciadas atendiam todos os gostos, expressas nas formas de poemas ou canções populares, detalhavam as regras tradicionalmente utilizadas para a previsão do tempo do ano seguinte. Porém, como era de se esperar, tais previsões nunca se concretizavam da forma como haviam

⁷⁰ Destinados à literatura de massa, os almanaques eram uma ótima oportunidade de lucro, ainda que, no século XIX, a maior parte dos títulos fosse controlada por uma única companhia, o mercado era suficientemente grande para autores aventureiros. Segundo estimativas de Anderson (2005) os volumes mais procurados vendiam, em média, entre 570.000 e 800.000 cópias, excluindo-se aqui as vendas realizadas no mercado informal.

sido anunciadas, tornando a meteorologia um assunto sem credibilidade, fazendo com que, por quase duas décadas, fossem substituídos (nos almanaques sérios) por temas astronômicos. Em 1848, quando voltaram a ser publicadas, em profusão, notas sobre assuntos meteorológicos, a ênfase havia mudado bastante, ao invés das previsões poéticas eram publicados tabelas e colunas de dados oficiais, prezando agora pelo rigor da informação, e valorizando a descrição mensal, em caráter genérico, dos fenômenos atmosféricos. Paulatinamente as associações e gabinetes meteorológicos oficiais passaram a ser pauta dos almanaques, mesmo aquelas que lutavam ativamente contra a astrometeorologia e o charlatanismo generalizado que permeava os almanaques em relação aos assuntos da atmosfera.

Em parte, essa busca por maior rigor na apresentação de seus conteúdos reflete a preocupação, de alguns títulos, em estabelecer referências confiáveis e perpétuas em lugar das inúmeras instruções equivocadas e efêmeras, assim o prognóstico meteorológico era considerado cientificamente dúbio, e, portanto deixado de lado. Todavia, este modelo de almanaque era destinado a leitores de classe média e alta, não sendo representativo das obras que arrebatavam as multidões e lotavam as livrarias e bancas. Segundo ANDERSON (2005), neste período dois trabalhos, dentre muitos outros⁷¹, chamavam atenção: *Murphy's Weather Almanac* e *Zadkiel's Almanac*.

Quanto ao Zadkiel, seu almanaque tinha um apelo claramente astrológico, ainda que recorresse às previsões meteorológicas como forma de validar suas teorias a respeito da influência dos astros. Ou seja, tratava-se de uma cruzada pelo reconhecimento científico da astrologia. A influência de Murphy e Zadkiel foi tanta que o termo astrometeorologia passou a ser utilizado, por seus leitores, como sinônimo de previsão do tempo. Zadkiel ainda promoveu uma disputa pública com a posição dos órgãos oficiais. Segundo o astrólogo, a sociedade tinha o direito de receber prognósticos de tempo, pois esta seria a única utilidade da meteorologia, assim, o governo não deveria restringir suas atividades à coleta e tabulação de dados que não possuíam qualquer valor prático. Esta querela expôs uma série de questões relativas à função social da comunidade científica, à identidade e autoria

⁷¹ Alguns exemplos: *The Meteorologist*; *Ombrological Almanac*; *Whistlecraft's Almanac*; *Orion's Prophetic Guide and Weather Almanac*; *The British Weather Almanac and Rural Diary*; *Meteorological Almanac and Monthly Weather Ephemeris*; *Lunar Almanac* e *Bushell's Weather Almanac*.

sobre as idéias veiculadas (uma vez que Zadkiel era um pseudônimo) e sobre a autoridade dos argumentos científicos. Neste cenário os profetas do tempo tornavam-se autoridades públicas, contrastando fortemente com o trabalho quase anônimo dos observadores e cientistas. Com isso, percebemos que os relatos sobre profecias populares do tempo mostram tanto um embate entre autoridade científica e pessoal, quanto o caráter frágil de que se revestiram grande parte das especulações teóricas em meteorologia ao longo deste século. Este fato somente mudaria com a formação e o fortalecimento de departamentos governamentais de meteorologia. Tais empresas propiciavam a observação coletiva, o registro e intercâmbio de informações e dados confiáveis, e a realização de deduções a partir do que fora observado. Segundo ANDERSON (2005) tratava-se de superar a glória dos profetas individuais pelo progresso lento e coletivo das redes de estações meteorológicas, seus observadores e instrumentos.

Em 1853, Robert Fitzroy (um dos pais do prognóstico do tempo meteorológico), esboçou um texto no qual comentava que, idealmente, um meteorologista necessitaria conhecer profundamente assuntos sobre “marés – correntes – ventos – temperatura – magnetismo – eletricidade - atmosfera”. Dada a dificuldade de encontrar homens hábeis em todas estas esferas do conhecimento, a meteorologia demonstra, mais uma vez, a necessidade de um trabalho coletivo para o seu progresso. Neste assunto destaca-se a figura de Fitzroy e seu trabalho no Departamento Meteorológico, ao compreender a imposição do caráter coletivo à tarefa de registrar e analisar os dados meteorológicos passou a distribuir instrumentos aos oficiais de navios e a reunir seus livros de registros, bem como estabelecer uma rede telegráfica de observação e publicar avisos de tempestades e previsões gerais sobre o tempo meteorológico. Tais características foram fundamentais para a formação de uma cultura científica profissional acerca da meteorologia, o que inclui a hierarquização das autoridades pessoais e institucionais envolvidas no processo de financiamento, realização e divulgação desta atividade científica. A criação de postos científicos em instituições governamentais⁷² trouxe uma nova dinâmica para a relação entre o conhecimento popular e aquele

⁷² Inúmeras são as Associações Científicas que passam a atuar ao lado do Governo Britânico: geologia, paleontologia, geografia, meteorologia, magnetismo, astronomia, biologia, microbiologia entre outras.

considerado científico, e seus respectivos líderes. Além de ser uma clara indicação do poder nacional que a ciência adquiriu, a opinião desta elite científica torna-se também oficial. Governantes passam então a procurar conselheiros científicos, e estes declaram que a independência (não-interferência governamental) constitui uma dos fundamentos dos escritórios científicos, ainda que sejam mantidos por fundos públicos.

Para ANDERSON (2005), a gestão de Fitzroy na direção do Departamento de Meteorologia estimulou e ampliou o debate entre uma ciência modelo e aquela direcionada aos problemas práticos e populares. Seu sistema de sinais nas áreas costeiras aliado às suas previsões multiplicou a atenção direcionada para a meteorologia, tornando-a alvo de crescente interesse e julgamento público, sobretudo em relação aos benefícios materiais que poderiam ser obtidos a partir de previsões mais precisas. Dentro de toda a incerteza promovida pela meteorologia, a credibilidade científica dos institutos oficiais desgastava-se cada vez mais, chegando ao ponto de dispensar os prognósticos do tempo, evitando sua responsabilidade moral diante do público que utilizava este serviço.

A primeira sugestão formal para uma rede de observadores ocorreu em 1663 por Robert Hooke, membro da *Royal Society*. Nesse momento, grande parte das discussões sobre meteorologia não versavam sobre os prognósticos, especulações acerca do movimento atmosférico ou dos dados coletados, mas sim de como organizar este serviço e coletar tais informações. Uma das exceções foi o trabalho de Heinrich Dove⁷³, o qual obteve reconhecimento imediato com a publicação de seu livro *The Law of Storms*, obra em que propunha uma explicação para a circulação atmosférica baseada na rotação terrestre e nas variações provenientes da radiação solar incidente, concluindo ainda que as tempestades fossem resultado do contato entre “ares com propriedades distintas”. Contudo, o fato que o levou a ser condecorado pela *Royal Society* de Londres, foram seus estudos comparativos extensivos sobre a distribuição da temperatura pelo globo (apresentados em forma de mapa), os quais, segundo o conselho dirigente da referida sociedade, indicariam o “verdadeiro espírito da investigação indutiva, estabelecendo uma ordem sobre

⁷³ Aluno de H. W. Brandes, o qual, por sua vez, é considerado o autor das primeiras cartas sinópticas em 1820, usando dados obtidos pela *Societas Meteorologica Palatina*.

fenômenos geralmente confusos”. A honra recebida por Dove e a posterior encomenda de quinhentas cópias de seus mapas pela *British Association for Advancement of Science* (BAAS) são fortes indicadores dos valores que orientaram a pesquisa meteorológica na Inglaterra do século XIX. Essa valorização pela abordagem indutiva também pode ser percebida através da repercussão do trabalho de William Birt. Entre 1843 e 1849, segundo ANDERSON (2005) Birt investigou dados em busca de regularidades mensais que pudessem sustentar evidências de que as tempestades eram causadas pelo cruzamento de imensas ondas barométricas.

Porém, para muitos homens de ciência daquela época, tais esforços não passavam de especulações desprovidas de sentido e utilidade. A pressão sobre a pesquisa de Birt tornou-se crescente a tal ponto que, em 1849, a BAAS determinou que o projeto fosse abandonado, direcionando o autor para uma nova investigação sobre eletricidade atmosférica. Outro elemento revelador da postura adotada pelos órgãos oficiais em relação à meteorologia foi a questão envolvendo o Observatório de Kew. Construído em 1769 para servir como observatório particular de George III, caiu em desuso e foi abandonado em 1840, quando o governo decide doá-lo para a *Royal Society*, tornando-o um centro de desenvolvimento de instrumentos de alta precisão para observações meteorológicas e magnéticas, bem como permitiu o esboço e desenvolvimento preliminar dos primeiros instrumentos auto-registradores. O observatório tornou-se também centro de manutenção e calibração para termômetros, barômetros e higrômetros. A solução adotada para o Observatório de Kew, além de apresentar uma relação exemplar entre as fundações científicas e o apoio governamental, destacava também a busca incessante pela precisão instrumental. Podemos dizer que o tripé “observações detalhadas - instrumentos sofisticados – medidas padronizadas” constituiu-se no cerne do desenvolvimento da meteorologia na Inglaterra Vitoriana. Neste ponto sobressai-se o papel dos gabinetes e departamentos meteorológicos, pois tais objetivos somente puderam ser alcançados por meio de um esforço coletivo dirigido por uma autoridade central.

A natureza coletiva da investigação científica se faz bastante presente na meteorologia, talvez porque as redes de estações sejam uma necessidade ditada pela escala do fenômeno, uma vez que nesta nova orientação busca-se outra escala, que não a local, mas, ainda sim, dependente do campo de visão dos

observadores. O valor da informação recolhida a partir destas redes depende tanto do tamanho das operações quanto do controle de elementos individuais. Pela mesma razão, ou seja, pelo fato dos elementos de uma rede de estações meteorológicas serem tomados como parte de um todo, o trabalho de administração torne-se óbvio, levando ao constante intercâmbio de observações coordenadas, instrumentos e orientações. Não surpreende, portanto, o fato de que as redes de estações meteorológicas não eram todas iguais.

De acordo com ANDERSON (2005), dentre as inúmeras iniciativas, públicas e privadas, para gerir tais estações, destacamos o caso de George James Symons, responsável pela criação da *British Rainfall Organisation* (BRO), foi uma das maiores e marcantes associações científicas do século. Symons conseguiu reunir milhares de observadores, incluindo locais remotos, fazendo registros diários sobre precipitação. Talvez a característica mais importante da BRO tenha sido sua capacidade de mobilizar pessoas das mais diversas classes sociais e com interesses e talentos igualmente distintos em prol de um trabalho científico. Trabalhando como um dos assistentes de Robert Fitzroy (quando este foi diretor do Departamento de Meteorologia), Symon desenvolveu grande interesse pelas estatísticas sobre precipitação, principalmente por causa das grandes estiagens que marcaram a década de 1850 na Inglaterra, além de buscar meios de aperfeiçoar o debate sobre uma possível mudança climática. Assim, por iniciativa própria, começou a organizar a BRO. Utilizando seus contatos na *British Meteorological Society* e no *General Register Office*, conseguiu difundir e desenvolver seus objetivos rapidamente. Ao fazer anúncios em mídia impressa solicitando voluntários para a coleta de dados, conseguiu alistar mais de mil observadores, chegando a 2.100 voluntários em 1887. Estes números continuaram crescendo, e Symons passou a contar com uma das maiores bases de dados do período, incluindo doações de antigos livros de registros e informações detalhadas sobre condições características de tempo, sobretudo provenientes do meio rural. Como uma forma de retorno a esses agradecimentos, todos os voluntários recebiam publicações da British Rainfall (sendo cobrado o frete), que reuniam mapas e formulários elaborados a partir dos dados que eles mesmos haviam coletado, além de trazer publicadas as sugestões de seus voluntários, fossem em relação ao gerenciamento da rede ou ao registro dos dados.

Um capítulo importante da “meteorologia oficial” deve-se a Robert Fitzroy que, em 1854, foi encarregado da direção do Departamento de Meteorologia, um órgão que era constantemente desacreditado e visto com maus olhos pela população e políticos em geral. A introdução de boletins de previsão do tempo meteorológico atuou como catalisador para vários assuntos diferentes. Isto acirrou a distinção entre o valor científico de observações acuradas e a utilidade imediata das mesmas. E, por causa da falibilidade das previsões, inúmeras críticas foram levantadas contra Fitzroy e seu departamento, principalmente pelo fato de um órgão público endossar tal atividade. Ainda neste cenário, Fitzroy teve que articular interesses de associações comerciais, do governo, da marinha e do público civil em relação aos boletins de previsão do tempo. Tal configuração o levou a declarar, em 1857, que sua gestão teria dois objetivos primordiais: (i) fornecer dados acurados e adequados ao tratamento científico; (ii) auxiliar a navegação por meio da aplicação do conhecimento meteorológico. Esta declaração moldou o trabalho do Departamento e marcou o início da controvérsia, desenvolvida posteriormente, a respeito da previsão do tempo.

Para ANDERSON (2005), com o departamento tornando-se o centro nevrálgico de uma extensa rede telegráfica, o controle de Fitzroy sobre tamanho fluxo de informações foi novo motivo para críticas ao seu “abuso de autoridade”. Fitzroy passou então a distribuir instrumentos padronizados para comerciantes e pescadores que estivessem dispostos a ajudar, em troca obteria vastos registros sobre pressão atmosférica, temperatura do mar e do ar, umidade, vento, nebulosidade, correntes marítimas e variação magnética, que eram organizados em novos livros, classificados de acordo com a “quadra oceânica” da qual provinham. A partir do momento em que estes procedimentos para coleta de dados em alto mar constituíram-se em rotina, Fitzroy direcionou o foco do Departamento para outras questões de ordem prática, como o desenvolvimento de novos instrumentos para a observação em navios, a elaboração e divulgação de um manual de observações e, finalmente, uma campanha para o uso do telégrafo na transmissão de avisos de tempestade. Coincidentemente, em outubro de 1859, uma forte tempestade arrasou dezenas de portos ingleses, causando o naufrágio de mais de trezentos navios, destacando-se o caso do navio *Royal Charter*, que bateu à costa, fazendo com que cerca de quinhentos tripulantes perdessem suas vidas. Este episódio dramático

forneceu um novo fôlego para a campanha de Fitzroy, bem como fez com que a meteorologia se tornasse o centro das manchetes. Com isso, em 1860, Fitzroy conseguiu incorporar à sua rede de avisos treze estações britânicas com informações horárias e outras cinco localizadas no continente, que transmitiam dados diários. Em agosto de 1861, teve início a publicação de previsões para 48 horas, que contemplavam informações sobre direção e intensidade do vento, além de breves considerações sobre o tempo vindouro. Interessante ressaltar que tais previsões eram divididas de acordo com cinco regiões de tempo: *North Britain, Ireland, Central, East Coast* e *South England*. Com isso a gestão de Fitzroy não só havia deixado para trás a tradição do Departamento de coletar, tabular e divulgar os dados meteorológicos, mas havia estruturado uma nova e mais ampla rede de coleta que permitia a realização de análises sinópticas para previsões quase imediatas. Estas novas atividades transformaram o Departamento de Meteorologia, principalmente em relação às despesas para o uso da rede telegráfica, mas outras necessidades tornaram-se crescentes: como maior espaço físico para elaboração das cartas sinópticas e armazenagem do imenso volume de registros, e também um serviço de mensageiros para que as informações fossem enviadas aos jornais rapidamente. Porém, este rápido desenvolvimento dos benefícios práticos da atividade científica trouxe riscos consideráveis ao associar a atividade do “filósofo natural” à do comerciante. Desde alterações no mercado de seguros de navios e mercadorias até o próprio preço destes produtos, o Departamento de Meteorologia colocou-se numa posição em que, ao mesmo tempo em que suas atividades eram alvo de uma “vigilância científica”⁷⁴ cada vez mais restrita (em relação aos métodos e princípios orientadores de suas atividades), a exigência de “novos produtos e melhores resultados”, por parte do comércio, e setores associados, aumentavam consideravelmente a pressão pública sobre o trabalho do Departamento dirigido por Fitzroy.

ANDERSON (2005) destaca que em 1865, diante da crescente pressão sobre seu trabalho, e passando por uma crise depressiva, Robert Fitzroy cometeu suicídio, o que, obviamente, impactou a sociedade inglesa, sendo manchete nos jornais de

⁷⁴ Não faltam referências a pesquisadores que, individualmente, a partir do primeiro boletim de previsão do tempo publicado por Fitzroy, passaram a coletar os dados, após os eventos citados, para conferir minuciosamente a validade das previsões estabelecidas pelo Departamento.

maior circulação. Para muitos meteorologistas daquela época a morte de Fitzroy surgia como um alerta para os riscos inerentes ao exercício de uma atividade científica tão exposta à pressão da opinião pública. Outras posições expressaram claramente uma concepção que correlacionava fortemente as qualidades morais de um indivíduo ao desenvolvimento de qualquer atividade científica. Para estes críticos, Fitzroy era uma fraude, e seu trabalho não teria passado de um “esforço vulgar e falacioso” para sua autopromoção. Tem início então um debate público julgando a responsabilidade de Fitzroy frente aos problemas que agora dominavam o Departamento de Meteorologia, agora dirigido por Thomas Babington. Neste quadro, por ordem da *Royal Society*, as previsões do tempo foram abolidas da rotina de serviços do Departamento, mantendo-se apenas os avisos sobre tempestades, mas sob a condição de que aumentassem sua porcentagem de acerto. A principal crítica à conduta de Fitzroy, e o que levou ao fim dos boletins de previsão, é o fato de que sua proposta teria afastado o Departamento de seus deveres científicos (coleta e tratamento estatístico dos dados meteorológicos), ao priorizar previsões elaboradas sem nenhum conjunto de regras previamente estabelecido ou sem o apoio de cálculos e outras “evidências matemáticas”.

Para os críticos, a postura de Fitzroy, ao incentivar a produção destes relatórios, apresentava um comportamento demasiadamente subjetivo, baseado antes na experiência individual e em “anotações mentais impossíveis de reprodução”, o que, obviamente, ia contra a concepção científica vigente. Assim, o argumento decisivo para o fim da elaboração e publicação das previsões do tempo foi que nem o empirismo, nem os recursos lógicos poderiam prover um conteúdo científico a este trabalho, sendo assim passível de associação com os profetas de almanaques. Neste caso o temor do governo era de que o público, ao confundir o conhecimento científico (e oficial) com aquele promovido pelas previsões, ao se deparar com a imprecisão desta última, acaba-se por desvalorizar também a posição oficial. Esta contenda também levantou a questão da responsabilidade dos indivíduos encarregados de publicar as posições dos órgãos oficiais. A partir da morte de Fitzroy, os avisos de tempestade, eram agora assinados pelo funcionário encarregado pela sua elaboração e não mais pelos dirigentes das instâncias superiores. Em face desta discussão o Departamento foi renomeado Gabinete Meteorológico e seria dirigido por um comitê, e não mais por um diretor. Esta atitude

apenas confirmou o interesse em conferir uma nova identidade ao serviço meteorológico na Inglaterra Vitoriana, característica esta que seria erguida sobre as bases do conhecimento quantitativo e da precisão instrumental. Dessa forma a pesquisa e a autoridade do conhecimento meteorológico estariam indissolivelmente ligadas ao uso da probabilidade.

Tal dedicação aos aspectos numéricos pertinentes ao tratamento científico do tempo atmosférico revela os ideais e métodos da ciência no século XIX. Ainda segundo ANDERSON (2005) a opinião da comunidade científica era unânime em relação ao valor das informações quantitativas: nenhum ramo do conhecimento humano poderia abrir mão destes elementos caso pretendesse evoluir além de sua “infância”. Conforme citamos anteriormente, o novo Gabinete Meteorológico concentrou seus esforços no aperfeiçoamento dos observatórios, tanto com novos instrumentos padronizados como pelo trabalho de observadores treinados, com o objetivo de desvelar a uniformidade e universalidade das leis responsáveis pela dinâmica atmosférica. Contudo, a maior fragilidade desta nova política era justamente a natureza da precisão em si. Para ANDERSON (2005), os comentários de Jean-Baptiste Biot, matemático e filósofo francês, acentuaram esta crítica ao afirmar que as práticas inglesas para observações horárias e o desenvolvimento de instrumentos auto-registradores ou fotográficos eram completamente inúteis, enquanto os meteorologistas não fossem capazes de atender as demandas práticas de fazendeiros e marinheiros. Evidentemente esta crítica refere-se ao procedimento indutivo empregado pela maioria dos meteorologistas, mas incorpora também outros problemas bastante significativos, a saber: o papel público que os números desempenhavam e o suporte que formas de conhecimento quantitativo forneciam para uma visão determinística da natureza. Neste contexto, a estatística e a probabilidade desempenharam uma função essencial ao permitir que as milhares de cifras coletadas pelos observatórios pudessem ser trabalhadas de forma genuinamente científica, transformando o acaso e a incerteza em índices racionalmente elaborados.

A estatística mostrou-se a resposta ideal para o problema do que fazer com uma massa de dados correspondentes a fatos particulares, baseando-se largamente na utilização de um ferramental probabilístico, que visava eliminar as variações incoerentes e promover a exatidão. Estas técnicas tornavam-se os guias ideais para

orientar os meteorologistas na identificação de ordens ou regularidades subjacentes às leis naturais do movimento atmosférico. Soma-se a este fato a crescente identificação do conhecimento produzido oficialmente com os números, e a estatística⁷⁵ torna-se, em muitos casos, um elemento a favor da autoridade. Com isso o Gabinete Meteorológico poderia se afastar das polêmicas discussões acerca do valor e utilidade de seus procedimentos e dados, suprimindo críticas aos julgamentos pessoais e à mera especulação, principalmente ao ampliar a gama de instrumentos auto-registradores, que eliminavam o papel do observador meteorológico. Contudo, as contendas públicas envolvendo o Gabinete Meteorológico estavam longe de se encerrar. Como as estatísticas meteorológicas afastavam-se cada vez mais do conhecimento considerado prático, como as previsões elaboradas por Fitzroy, por exemplo, novamente surgem argumentos que dividem a opinião pública e colocam em oposição explícita a estrita observação com fins estatísticos e aquela voltada para aplicações práticas. Embora o serviço meteorológico pretendesse uma espécie de blindagem com o crescente foco nos números e índices estatísticos, a opinião pública continuava a hostilizar esta abordagem que, além de não melhorar os resultados anteriores, ainda desprezava a experiência e o conhecimento individual acerca dos processos locais da dinâmica atmosférica. Trata-se de um debate no qual os dois lados, por meios distintos, buscam caracterizar a natureza da relação entre eventos locais e os padrões globais (ou continentais) do comportamento atmosférico.

Com a ampliação da rede de observatórios e com as novas atividades destinadas ao tratamento estatístico dos dados, assim como com a manutenção e aquisição de novos e melhores instrumentos, o orçamento do serviço meteorológico estava entre os mais elevados dentre os escritórios científicos. Evidentemente, também existem críticos a este aspecto, inclusive difundia-se nos jornais a sugestão de “pagamentos por resultados” para o serviço meteorológico. Uma vez que este, apesar de todos os gastos, tornava inacessível ao público a maior parte de seus produtos e resultados, fazendo com que, novamente, muitos interessados no assunto declarassem que se tratava de um investimento inútil e sem propósito a coleta de dados que não fosse orientada para a elaboração de prognósticos.

⁷⁵ Etimologicamente, a palavra ‘estatística’ pode ser considerada “informação para o estado”.

Segundo ANDERSON (2005), na década de 1870, um novo golpe foi direcionado à postura do Gabinete Meteorológico: o questionamento sobre a validade de observações precisas como um fim em si mesmo. Por exemplo, George Airy, um dos divulgadores desta crítica, lembrava ainda que, como nem todos os instrumentos foram substituídos por aparelhos auto-registradores, cada observador gerava um erro particular, característico, que deveria ser levado em consideração no momento em que os dados fossem tabulados. Airy afirmava ainda que sem esta preocupação, os dados obtidos com os instrumentos auto-registradores, ao serem incorporados às planilhas estatísticas junto aos outros dados, também perderiam sua validade científica, posto que seria virtualmente impossível distinguir, nas médias produzidas, a influência daqueles erros provenientes dos observadores.

Robert Scott, ao assumir a direção do conselho do Gabinete Meteorológico, e depois de certa calma em relação às polêmicas e críticas envolvendo o serviço meteorológico, passou a, gradualmente, retomar algumas atividades de ordem prática, além daquelas destinadas ao Observatório de Kew e à expansão da rede de observatórios. Em 1873 Scott sugeriu ao comitê a retomada dos boletins de previsão, agora com alcance de 24 horas (ao invés das 72 horas estabelecidas por Fitzroy). Todavia, devido à forte resistência interna, somente em 1877 estas atividades foram retomadas, incluindo o lançamento de um volume com considerações sobre as condições características do tempo atmosférico contemplando todas as regiões do país. Como era de esperar, cria-se grande expectativa em relação aos novos boletins e à sua precisão. Contudo, mesmo contando com dados mais precisos, com observadores treinados e com uma ampla rede de estações (condições inexistentes quando Fitzroy dirigia o então Departamento Meteorológico), o resultado continuava aquém do esperado. Logo, a conclusão da comunidade científica era de que, para a meteorologia os números não eram capazes de prover respostas precisas ou adequadas. Assim, enquanto o público tentava compreender se os boletins deveriam ser considerados mais ou menos errados ou corretos, os pesquisadores levantavam outra questão: como definir e mensurar o que deve ser considerado preciso? Surge então, para a meteorologia, a proposta de trabalhar com diferentes níveis de precisão. Ainda que parecesse uma possibilidade promissora, a realidade é que a estatística e a probabilidade apenas ofereciam um modelo muito pobre sobre o “sistema natural”.

Não era possível, portanto, estabelecer *a priori* proporções sobre todas as variedades de configuração do tempo atmosférico que poderiam ocorrer. Ou seja, mesmo recorrendo-se à estatística como recurso para identificação de regularidades e das leis que orientam tal comportamento, a meteorologia parecia apontar para outras necessidades. Neste contexto, intensifica-se a investigação acerca de fenômenos potencialmente associados com o comportamento atmosférico, como o desenvolvimento das plantas, por exemplo. Isso conferiu um indicador qualitativo ao trabalho dos estatísticos, para que pudessem de modo mais apropriado, distinguir as variações mais significativas nos dados coletados. Cabe ressaltar que as médias e demais dados estatísticos produzidos privilegiavam as dimensões temporais em detrimento das espaciais. Com isso, neste período, a estatística meteorológica era modelada e difundida de modo bastante distinto de dezenas de outros campos que também passaram a utilizar estes recursos.

Para ANDERSON (2005), outro fator que contribuiu fortemente para prejudicar as estatísticas meteorológicas oficiais frente ao público refere-se às regras utilizadas para estabelecer algumas cadeias de tempo nos boletins produzidos por Scott, as quais, curiosamente, eram uma espécie de apanhado de informações empíricas, baseada na experiência dos observadores. Assim, conforme um crítico da época acentuou se, apenas uma destas regras estivesse errada, toda uma cadeia de contingências seria invalidade ou analisada incorretamente. Por fim, somam-se a estas críticas a questão da aplicabilidade das estatísticas meteorológicas. Engenheiros, por exemplo, não raramente questionavam o privilégio da regularidade em detrimento da singularidade, ou seja, do ponto de vista prático, de manutenção das infra-estruturas urbanas, os episódios “irregulares”, como estiagens ou cheias, tornavam-se mais importantes do que as médias. Surgia então, em meados do século XIX, na Inglaterra Vitoriana, um grande movimento de insatisfação em relação ao modo como as estatísticas meteorológicas vinham sendo produzidas, apresentadas e utilizadas. Neste contexto, a despeito da proibição da astrologia e seus profetas do tempo, a sabedoria popular a respeito da atmosfera mostrava-se persistentemente valiosa e mais acurada do que as estatísticas oficiais, fazendo com o que os meteorologistas se confrontassem com o problema de evidências que escapam ao domínio matemático.

Frente à insatisfação com as estatísticas, surgem os mapas sinópticos, que conferem um novo significado aos dados coletados, sendo uma das inovações mais impactantes da meteorologia do século XIX, constituindo-se em um grande esforço de atribuir forma e estrutura às forças invisíveis da atmosfera. O melhor exemplo do poder da representação bidimensional foram as isóbaras. Ainda que tenham incorporado os dados numéricos em uma apresentação visual, os mapas foram capazes de apontar as limitações de uma abordagem exclusivamente numérica e dos programas de pesquisa que os produziram. O novo apelo visual, como era de se esperar, trouxe novas perspectivas e reflexões aos meteorologistas, e tornou marcante a expressão “*meaning at a glance*”, que se referia à capacidade de compreender de forma adequada as condições atmosféricas a partir de uma única análise visual. Contudo, esta expressão também era utilizada para definir a capacidade de agricultores e marinheiros (entre outros) de perceber mudanças no tempo. Trata-se da sabedoria popular a respeito do tempo. Esse apelo visual associado ao conhecimento popular (ou ‘natural’) sobre o tempo exerceu enorme influência nos debates que envolveram a meteorologia na Inglaterra Vitoriana, inclusive em relação ao desenvolvimento de instrumentos. Os mapas surgem neste contexto como um modo de resgate à meteorologia científica, capaz de intersectar diferentes aproximações ao problema do estudo do tempo, também oferecem nova perspectiva sobre as limitações de uma abordagem exclusivamente estatística, sobretudo face à precisão da sensibilidade proveniente da sabedoria popular. Dessa forma, mapear a atmosfera foi, e permanece sendo, uma das feições críticas da ciência meteorológica moderna. Com o surgimento de novas instituições e práticas ao longo dos séculos XVIII e XIX, os mapas adquiriram uma importância crescente. Através da experimentação com formas e convenções da carta sinóptica, os cientistas puderam mostrar como compreendiam sua atividade e o papel deste trabalho face ao público. Ao fim do século XIX, uma genealogia padronizada passou a estabelecer as primeiras convenções cartográficas para esta forma de representação, iniciando um período de “estabilização” em relação ao desenvolvimento dos mapas do tempo meteorológico.

Com isso focaremos na inovação atribuída a Brandes, o mapa sinóptico, o qual se tornou o mapa mais comumente associado ao desafio e promessa da previsão do tempo. Em 1848, um jornal londrino, o *Daily News*, começou publicar o

estado do tempo (*"the state of the weather"*), tomado às 9:00 horas do dia anterior em cerca de trinta cidades da Inglaterra e Escócia. Na Inglaterra a primeira versão publicada dos mapas surgiu em 1851, na Grande Exibição de Londres (evento científico no qual, diversos pesquisadores, apresentavam suas pesquisas e inovações). Observações do tempo, agora enviadas por telégrafo, eram publicadas diariamente em um grande mapa da Grã-Bretanha, e versões em litografia eram vendidas para os visitantes. O Instituto Smithsonian similarmente apresentou observações telegráficas a partir de sua rede de estações a partir de 1856 em diante, e os jornais passaram a publicar informes diários. Em particular, a construção de mapas sinópticos de tempestades propiciou aos cientistas desta época uma poderosa experiência psicológica a respeito da descoberta de uma nova ordem natural a partir do agrupamento de detalhes. Assim o trabalho com as cartas de tempo e com os padrões isobáricos eram capazes de alterar completamente a atitude de um pesquisador face às mudanças do tempo. Os mapas também convenceram muitos meteorologistas a visualizar a atmosfera em termos de correntes opostas de ar aquecido e resfriado, as quais seriam responsáveis pelos pequenos turbilhões, carregados ao longo de largos corpos de ar em movimento, produzindo condições de tempestade. Ou seja, tratava-se de uma versão das teorias termais e convectivas dos ciclones, similar a outros modelos que emergiam entre meteorologistas europeus e americanos. Tais aproximações deviam muito à contribuição de Dove e sua insistência de que as mudanças atmosféricas dependiam da alteração entre correntes polares e equatoriais. Por um lado os mapas alçavam a meteorologia ao panteão das ciências modernas, por outro, a ênfase em mapear os processos atmosféricos ressaltou o relacionamento entre os objetivos práticos da ciência e o interesse dos navegadores e comerciantes. Ainda que tais interesses práticos tenham alavancado o desenvolvimento da disciplina, eles também a distanciaram dos interesses "filosóficos".

A ausência de um conjunto de convenções no processo de mapeamento dificultou todos os debates acerca do valor ou direcionamento sobre o trabalho meteorológico. Contudo, a maior parte das críticas a respeito das cartas referia-se a aparência confusa das mesmas, que seriam ilegíveis para a maioria dos interessados, inclusive outros profissionais dedicados à meteorologia. Com a evidência da multiplicidade de formas de representação, e de que nem todas eram

compreensíveis a todos os meteorologistas, tornou-se comum questionar a posição do meteorologista oficial, ou seja, as cartas sinópticas estabeleceram um meio de questionar a especialização. Embora os mapas carregassem a promessa de transmitir ao leitor uma compreensão imediata, a partir de um único vislumbre, em comparação com a prática dos profetas populares, esta tarefa revelou-se notoriamente difícil.

Segundo FLEMING *et al.* (2006), associa-se a este fato a dimensão das novas redes telegráficas, que possibilitaram um acesso público muito maior aos dados. Com um jornal e um barômetro em mãos, qualquer indivíduo poderia se tornar uma espécie de centro de previsão. O retorno à publicação diária das cartas indicou uma pífia compreensão do interesse popular na meteorologia. O jornal científico *Nature* esperava que as cartas pudessem providenciar “meios de levar o público a ganhar algumas idéias sobre as leis que governam as mudanças no tempo. Assim que aparecem em nossos jornais matutinos poderemos esperar por uma compreensão mais inteligente das dificuldades com as quais qualquer tentativa de predizer o tempo destas ilhas se depara para um período de até vinte e quatro horas.” De acordo com este relato os mapas eram importantes, pois evidenciavam a dificuldade de realizar previsões precisas. O artigo da *Nature* ainda consagrou um número razoável de páginas ao processo de produção dos mapas, ressaltando os custos e avanços tecnológicos envolvidos, reafirmando, assim, a posição de superioridade do Gabinete Meteorológico Central na Inglaterra, uma vez que nenhum outro observador ou entusiasta poderia desfrutar dos mesmos recursos, ao menos não individualmente. Com isso os mapas enfatizavam a escala global da ciência ao mesmo tempo em que tornavam o observador individual menos visível, assim como as condições locais tornavam-se menos importantes.

Em sua obra *Meteorographica*, Francis Galton apresentou uma série de 93 mapas do tempo europeu, para dezembro de 1861, com três entradas diárias para este mês. Com isto Galton tornou-se pioneiro ao identificar e representar o então nomeado ‘anti-ciclone’ (regiões de alta pressão rodeadas por ventos movendo-se no sentido anti-horário). Para Galton este tipo de mapa também teria a função de eliminar os “desvios locais”, favorecendo assim as escalas de circulação superiores. Os trabalhos de Galton, através de suas técnicas de impressão e de transição de uma escala local para global, evidenciam seu esforço em consolidar uma

representação esquemática. Seus mapas, dispostos em seqüência, continham informações sobre precipitação, nebulosidade, pressão atmosférica, temperatura e velocidade e direção do vento. Com esta obra Galton marcou a transição de uma visão fragmentária de diferentes observações locais para uma visão altamente esquemática da atmosfera, separada da visão do observador e do ponto de observação. O papel dos mapas em sublinhar uma mudança dos relatos locais dos fenômenos meteorológicos também emerge com os trabalhos de Urban LeVerrier, no Observatório de Paris. LeVerrier assumiu a direção do Observatório Imperial de Paris em 1854, alguns meses antes de uma tempestade ciclônica destruir a armada francesa na Criméia. Solicitado a investigar o caso LeVerrier concluiu, em 1855, que as condições que antecederam a tempestade possibilitariam a previsão da mesma, e que poderia ter sido emitido um aviso para a tripulação na Criméia. A partir deste evento LeVerrier conseguiu argumentar a favor de uma rede telegráfica de observatórios e de um sistema de aviso de tempestades, iniciado ainda na década de 1850. Com os mapas sinóticos das tempestades, apresentando seus movimentos através da Europa, os meteorologistas franceses insistiram sobre a insignificância das condições locais.

As tempestades raramente são fenômenos localizados, além disso, por mais que as condições do solo, topografia ou cobertura vegetal exercessem influência sobre a formação de nuvens baixas, nada disso influenciaria os fenômenos mais amplos da atmosfera, sendo de pouca importância. Tais fenômenos seriam completamente independentes das condições locais. A distinção entre fenômenos abrangentes e tempestades locais, como aquelas produzidas em regiões montanhosas, considerou estes últimos eventos como situações 'errôneas' e de nenhuma importância para a compreensão das leis da atmosfera. Um segundo item que merece destaque nos mapas franceses refere-se ao dinamismo representado. Ao invés de colocar cartas em seqüência, em uma única imagem tínhamos a seqüência da tempestade deslocando-se a cada hora ou meia-hora. Durante esta era, meteorologistas buscaram desenvolver um equilíbrio entre o exagero dos detalhes e seus agrupamentos, provenientes de observações particulares, e leis dinâmicas gerais. Eles também tentaram encontrar um equilíbrio entre a meteorologia como ciência pública, ocupada com a previsão do tempo, e a pesquisa puramente científica. Como parte do senso de importância científica dos mapas, os

meteorologistas reconheceram que os mapas moldaram novas relações entre formas de conhecimento populares e especializadas. Qualquer mapa do tempo oferece, simultaneamente, um método conveniente para sumarizar dados, uma forma de tornar a atmosfera inteligível, e um objeto público que definiu a identidade da meteorologia moderna. A experimentação com os mapas de tempo nos Estados Unidos, Inglaterra e França revelam uma drástica mudança nos padrões de representação, e mesmo de tabulação dos dados, visando evidenciar como os fenômenos transcendem a escala local.

Contudo, apesar da crescente valorização das cartas sinópticas em direção a uma meteorologia científica, no mesmo período também podemos observar, segundo ANDERSON (2005), um grande processo de revalorização do já mencionado '*weather-lore*'. O significado desta sabedoria popular acerca do tempo evidenciava a dificuldade dos pesquisadores em traçar, de forma precisa, tais informações a respeito da natureza a partir de seus instrumentos. Fato notável que, na maioria dos casos, os mais elevados níveis de habilidade eram associados aos homens e mulheres mais rústicos, voltados à vida rural ou no mar, sem nenhum tipo de educação formal. Esta característica coloca em crise a estabilidade da hierarquia da inteligência e da sensibilidade, pois se trata de uma área do conhecimento na qual maior instrução não necessariamente implica em uma fonte de superioridade em relação aos conhecimentos adquiridos. Neste caso o 'homem europeu urbano' tornava-se o mais "cego e surdo" na leitura, reconhecimento e compreensão dos sinais mais evidentes de mudanças no tempo atmosférico.

Os instrumentos, considerados um tributo de poder à ciência, também eram compreendidos enquanto soluções imperfeitas para o problema das observações naturais. Eram tomados como uma resposta ao conhecimento sensorial, prático e efetivo da sabedoria popular, ainda que estes últimos não pudessem ser expressos numericamente. Fato curioso que em alguns casos, a leitura dos barômetros era feita em conjunto com os prognósticos populares, buscando-se uma posição intermediária. Esta sabedoria popular, assim como levantou dúvidas sobre a função e os limites da precisão, também apontou para os problemas deste conhecimento em escala local. Ou seja, trata-se de um conhecimento que não pode simplesmente ser transportado para outras áreas ou prontamente adquirido por uma mente destreinada. A este respeito, a sabedoria popular a respeito do tempo evidenciou o

problema que a meteorologia enfrentava ao tentar alcançar uma compreensão ampla e geral da atmosfera a partir de informações locais.

Os meteorologistas entenderam claramente que sua tarefa seria replicar uma experiência profundamente local utilizando-se de uma rede nacional e internacional de instrumentos e observadores destinados a obter informações de validade universal. Outro aspecto relevante que passou a receber atenção devido ao contraste com a sabedoria popular foi a própria linguagem utilizada. Assim, os meteorologistas deveriam tanto encontrar expressões que fossem corretas e compreensíveis para a população, mas distintas daquelas usadas pelos profetas astrológicos, ao mesmo tempo em que buscavam meios objetivos de transmitir ou replicar as concepções e interpretações extra-instrumentais provenientes da sabedoria popular. Não raramente, observadores oficiais admitiram a superioridade dos “especialistas locais” na tarefa de previsão do tempo.

Enquanto os serviços de meteorologia dos Estados Unidos e Inglaterra buscavam meios de adequados de registrar e interpretar as nuvens, marinheiros e fazendeiros realizavam esta tarefa com razoável facilidade e grande eficácia. Os meteorologistas que não eram hábeis na leitura das nuvens eram comumente relacionados aos médicos que “apenas detém-se às pulsações, não buscando um histórico completo do paciente”. Este comentário expressa de modo conciso e claro a dificuldade de centenas de observadores de traduzir corretamente, para os termos científicos, a configuração do céu⁷⁶. Conhecimento este que não pode ser aprendido através de livros, uma vez que nenhuma terminologia, por mais sofisticada que seja, poderá expressar a flexibilidade e dinâmica inerentes às nuvens e à configuração do céu. Assim, esta sabedoria popular sobre o tempo representava, acima de tudo, rapidez e eficiência na interpretação do céu e previsão das condições subseqüentes. Objetivos almejados por todos os serviços meteorológicos daquela época. Em outras palavras, essa discussão sublinhou uma grande diferença entre a sensibilidade artificial dos instrumentos e a superioridade daquela sensibilidade ‘natural’, ainda

⁷⁶ “To an experienced eye the forms and movements of the clouds and the general aspect of the sky are eloquent... but save seamen, and among intelligent and observant nations, farmers and herdsmen, there are few who have learned their language and can rightly interpret it; while such knowledge as those possess is for the most part empirical and little capable of being harmonized with facts and translated into the language of physical science.” (BLANFORD, 1889, pág. 56, *apud*, ANDERSON, 2005, pág. 184).

que neste último caso os benefícios tenham se mostrado exclusivamente locais e notoriamente difíceis de expressar em outros contextos. Tais condições tornaram o trabalho do meteorologista e dos serviços meteorológicos bastante delicados e expostos, sobretudo pela dificuldade encontrada em justificar o orçamento, os instrumentos e teorias utilizados, face aos frágeis resultados apresentados. A rede telegráfica e a carta sinóptica realmente se tornam fundamentais para a recuperação do prestígio da investigação científica da atmosfera, o primeiro pela velocidade na transmissão de informações e o segundo pela possibilidade de fornecer, pela primeira vez, uma visualização simultânea das condições atmosféricas além da escala local.

Estas considerações em relação à visão e à sensibilidade encontram grande apelo não apenas no público em geral, mas também na comunidade científica. Parcialmente, pode-se atribuir esta característica ao desenvolvimento e difusão de novas técnicas de impressão que facilitaram e reduziram o custo dos processos associados, por outro lado, há, tradicionalmente, grande importância associada à evidência visual. Um dos primeiros exemplos, dentro do Gabinete Meteorológico, foi a “estrela de vento” desenvolvida por Fitzroy. Tais representações gráficas sintetizavam direção e intensidade do vento, bem como o número de observações associado a cada informação apresentada. Fitzroy continuou trabalhando em novas formas de representação gráfica para expressar as características da atmosfera até que, em 1857, passou a plotar os dados obtidos na região do Atlântico Norte, produzindo as primeiras cartas sinópticas produzidas de modo sistemático e diário. Segundo ANDERSON (2005), Fitzroy acreditava que por meio desta sequência de cartas seria possível expressar consecutivamente a série de estados simultâneos da atmosfera, como se um observador localizado acima do Atlântico Norte olhasse para baixo a intervalos regulares.

A partir do estudo destas cartas Fitzroy passou também a argumentar, na mesma linha de DOVE (1862), que a atmosfera deveria ser compreendida em termos de disputa entre correntes de ar aquecidas e resfriadas, as quais produziriam turbulências locais que, por sua vez, seriam deslocadas por corpos maiores de ar que as envolvessem, levando assim às grandes tempestades. O trabalho com as cartas sinópticas, ao evidenciar o “curso ordinário da natureza”, também ampliou a confiança de Fitzroy de que a previsão do tempo não somente era possível, mas sim

um dever público a ser realizado diariamente, levando ao início dos boletins, publicados a partir de 1860. Na mesma época, devido ao elevado custo de transmissão exigido pelas companhias britânicas de telegrafia, Fitzroy desenvolveu um código para transmitir o maior número de informações pelo menor custo. Estes códigos foram aperfeiçoados posteriormente para que se adequassem às representações simbólicas utilizadas nas cartas sinópticas, ou seja, ao invés de transmitirem os dados diários separadamente, os observadores repassavam informações já sintetizadas e agrupadas ao escritório central, sendo que os dados isolados eram enviados posteriormente para o arquivamento. Cabe ressaltar que, neste período, diversas áreas administradas pelo governo e que estavam em constante contato com o público, passaram por uma verdadeira reforma em relação às simbologias e terminologias utilizadas. Este movimento, segundo as opiniões oficiais, justifica-se principalmente pela agilidade alcançada pelas novas representações gráficas no processo de comunicação e educação científica. Contudo, muitas destas representações, ao invés de apresentarem uma sistematização coerente e de fácil compreensão para todos os públicos, mostrou-se, muitas vezes, como uma fonte de inúmeros erros de interpretação, tanto por parte dos autores quanto dos leitores. De certa forma, pode-se dizer que muitos dos autores passavam dos “fatos científicos” para opiniões e palpites pessoais, camufladas através dos códigos ou simbologias, distanciando-se do conhecimento científico considerado legítimo. Em face destas novas controvérsias, alguns escritórios meteorológicos passaram a contar com o auxílio dos “especialistas locais” na elaboração dos símbolos, no intento de expressar as percepções aguçadas da supracitada sabedoria popular a respeito do tempo, contudo, os resultados ficaram aquém do esperado. Os motivos para isso são variados, desde o caráter irremediavelmente local (lembramos que estas cartas eram elaboradas em escala sinóptica) do qual parece se revestir esta sabedoria, até a rejeição, por uma parcela significativa da comunidade científica em relação a este tipo de iniciativa.

Assim, através desta perspectiva histórica sobre alguns aspectos pertinentes ao desenvolvimento da meteorologia observamos que a evolução teórica tem sido constantemente dificultada pela necessidade ou ausência dos fatos. Fato evidente ao considerarmos o livro de Aristóteles, aceito como o texto-básico da meteorologia por aproximadamente dois mil anos. Isto também é verdade para o período seguinte

à invenção do barômetro, quando a termodinâmica e o movimento dos fluídos eram assuntos de estudos especiais, e ainda é verdade atualmente quando os volumes e artigos contendo dados e descrições da atmosfera são demasiadamente numerosos, ultrapassando em muito as especulações de origem teórica.

Por teoria meteorológica compreendemos, em uma perspectiva idealizada, o tratamento do fenômeno do tempo como uma ciência completamente organizada, que seja capaz de definir os parâmetros a serem mensurados, seus axiomas, princípios e leis, os quais seriam baseados em um processo indutivo associado a esquemas explicativos. Considerado sob o ponto de vista estritamente físico a meteorologia pode ser usualmente tomada como um caso específico da dinâmica, seus axiomas corresponderiam às leis do movimento e o comportamento do ar na atmosfera seria determinado em laboratório, enquanto seus postulados são considerados aproximações do método de fluxos e suas extensões e seus teoremas são, por fim, cálculos do estado da atmosfera de hoje a partir dos estados de ontem (ou anteriores). Evidentemente, há uma vasta quantia de contribuições teóricas para a meteorologia, fragmentárias, baseadas em condições e pressuposições limitadas, mas não há uma teoria da circulação geral efetivamente satisfatória. Segundo SHAW (1932), seria como escrever notas de rodapé para um texto que não foi construído. Neste sentido destacam-se, para o século XIX, os trabalhos de Hann, com seus manuais de climatologia e meteorologia, que se constituem, em grande parte, compilações de outros autores do mesmo período. Apesar do esforço de Hann, suas obras monumentais ainda transparecem tais descontinuidades, por exemplo, áreas geográficas ou elementos meteorológicos são linhas divisórias e não constituintes da circulação geral da atmosfera.

Outro empecilho que tem agravado este quadro refere-se às aproximações matemáticas utilizadas para os prognósticos, pois, por mais avançados que sejam os cálculos, ainda não são adaptados para as necessidades práticas. Para seguir avançando se faz necessário assumir posições teóricas que não podem ser derivadas apenas das cartas sinópticas.

4. O estudo do tempo atmosférico no século XVII

Antes de avaliarmos a contribuição e importância das obras referentes ao tempo meteorológico, no século XVII, faz-se necessário apresentar algumas considerações acerca das fontes utilizadas. Em primeiro lugar, cabe esclarecer que, apesar da relativa facilidade em se encontrar referências de materiais pertinentes ao estudo da atmosfera e do tempo no século XVII, não se pode dizer que a localização e o acesso a estes materiais sejam igualmente fáceis. Um dos motivos deve-se à constante presença de erros em relação às referências, seja pelo nome dos autores, pelo título das obras ou pela data de publicação.

Outro fator impeditivo encontra-se na própria disponibilidade das obras, uma vez que praticamente todo o acesso a estas referências ocorreu por meio de acervos digitalizados e distribuídos gratuitamente em sites de bibliotecas universitárias e organizações que promovem a iniciativa de disponibilizar obras antigas em domínio público. Contudo, grande parte do material referenciado não pôde ser obtido a partir destas fontes, limitando em muito a quantidade de obras que puderam ser analisadas integralmente para a elaboração desta dissertação, um exemplo pode ser encontrado nos supostos registros meteorológicos das academias científicas do século XVII, brevemente comentadas no capítulo anterior.

Ainda neste tópico pertinente ao acesso aos textos originais do século XVII, destaca-se também o menor volume de material disponível, sobretudo em comparação com os séculos XVIII e XIX. Nesta questão deve-se lembrar do custo da impressão e distribuição de livros e periódicos no século XVII, bem como da dificuldade em encontrar tais obras preservadas, para que fossem, enfim, restauradas, digitalizadas e distribuídas através dos serviços citados. Parece-nos válido atentar para outras duas características que tornaram a leitura e análise destes textos em uma tarefa demasiadamente laboriosa, a saber: a necessidade de lidar com versões arcaicas dos idiomas contemporâneos, incluindo palavras, expressões e mesmo letras que entraram em desuso, e a presença das teorias antigas acerca dos eventos atmosféricos. Em relação à primeira característica, nos confrontamos com a freqüente exigência de consultar dicionários dos períodos abordados, tarefa que também se mostrou um desafio, dada a dificuldade em

encontrar tais materiais e em avaliar a confiabilidade dos mesmos. Já em relação à compreensão adequada das antigas teorias sobre a atmosfera, principalmente aquelas de cunho aristotélico (geralmente associadas a estudos de natureza corográfica), tornou necessários inúmeros “desvios” no cronograma de leituras, a fim de que se pudesse apreender corretamente qual era a concepção predominante acerca dos fenômenos atmosféricos, e como tais idéias eram justificadas e disseminadas em contextos históricos distintos.

Por fim, em relação às fontes trabalhadas, ressalta-se o fato de que a quase totalidade dos textos analisados para este capítulo foram produzidos em inglês, devendo-se a isso o fato de que os periódicos e livros neste idioma apresentavam as melhores referências, além da possibilidade de serem obtidos em formato digital, como foi o caso dos artigos do *Philosophical Transactions*, da Royal Society. Destacamos ainda a importância conferida ao aspecto instrumental da investigação atmosférica durante o século XVII, fazendo com que a imensa maioria dos trabalhos e artigos analisados detenha-se exclusivamente sobre estas questões. Tais materiais abarcam desde a diversidade de modelos para o mesmo tipo de registro, por exemplo, barômetros com dois ou três tubos, barômetros aneróides, barômetros adaptados para navegação e etc., até a fabricação, considerando os processos e instrumentos utilizados, e a calibração adequada dos instrumentos.

Apesar dos aspectos característicos dos estudos atmosféricos no século XVII, apresentados anteriormente de acordo com a argumentação de JANKÓVIC (2000), mostrarem-se adequados para a maior parte do material analisado, sobretudo em relação ao caráter provincial e episódico dos relatos do tempo, não podemos deixar de lado contribuições importantes e que demonstram claramente, já no século XVII, o interesse em superar a abordagem da tradição meteórica baseada no pensamento de Aristóteles e propor uma nova forma de racionalização a respeito da atmosfera. Neste caso, o principal contraponto às idéias propostas por JANKÓVIC (2000) seria a própria diversidade de trabalhos relacionados a atmosfera, seja em conteúdo ou em termos de orientação teórica, conforme apresentaremos ao longo deste capítulo.

Em linhas gerais, quando se pensa em contribuições ao desenvolvimento dos estudos sobre a atmosfera no século XVII, alguns aspectos são facilmente identificáveis, entre eles a famosa hipótese de Edmond Halley a respeito da origem

e circulação dos ventos alísios, o advento instrumental e a possibilidade de quantificação dos parâmetros atmosféricos, e em uma proporção mais modesta, o papel dos provérbios do tempo.

Conforme destacamos acima, o trabalho de Edmond Halley se mostrou fundamental para o avanço dos estudos atmosféricos, sobretudo por ser um dos principais teóricos de seu período. Discutiremos agora algumas de suas contribuições, que consideramos essenciais para o estudo do tempo meteorológico. Em primeiro lugar, temos a questão da pressão atmosférica, ou elasticidade do ar, expressão comumente utilizada para explicar as variações barométricas. Segundo HALLEY (1705) a elasticidade do ar seria equivalente ao peso ou pressão exercida pela compressão do ar. Com isso seria possível identificar, através de locais com altitude conhecida, a variabilidade desta elasticidade. Neste texto Halley também considera o ar e a atmosfera como o conjunto de um corpo inalterado, sendo ambos os elementos constituintes da superfície terrestre, atuando também processo de condensação. Ao contrário de outros autores do século XVII, ao abordar a atmosfera seus fenômenos, Halley demonstra uma preocupação genuinamente teórica, sempre demonstrando grande esforço em superar as especulações aristotélicas sob a luz dos novos conhecimentos da física, promovendo assim a ascensão de uma meteorologia orientada para a explicação física a respeito dos fenômenos atmosféricos, incluindo neste rol o tempo. Baseando-se nesta perspectiva Halley propõe algumas possibilidades de interpretação e explicação para as variações barométricas, do qual destacamos as seguintes suposições:

1. Com o tempo calmo, quando o ar apresenta indícios de chuva, o mercúrio costuma estar baixo;
2. Quando o tempo está sereno e estável, o mercúrio costuma estar alto;
3. Quando ocorrem ventanias sem chuva, o mercúrio encontraria sua marca mais baixa;
4. Quando o tempo está frio e calmo, o mercúrio costuma manter-se elevado;
5. Após grandes tempestades de vento, quando o mercúrio está baixo, costuma subir rapidamente após o término das tormentas.

A partir destas “regras” gerais, o autor passa a expor o que considera sua contribuição teórica para o assunto, sugerindo explicações para os eventos mencionados. Dessa forma, para o primeiro item, a provável explicação repousaria sobre a inconstância dos ventos das zonas temperadas, em associação a “absorção de partículas aquosas” que seriam responsáveis pelo maior peso do ar. Para o segundo item, a altura do mercúrio seria ocasionada pelo choque entre ventos opostos sobre o local da observação, o que atuaria forçando o ar carregado com “vapores” para cima, diminuindo o peso sobre a coluna de mercúrio do barômetro. O terceiro item seria causado pelo rápido movimento do ar durante as tempestades sobre a região atingida, acabaria deslocando parcialmente a pressão perpendicular, forçando o efeito visualizado sobre o barômetro, já a ausência de chuva seria explicada pela dissipação dos “vapores” devido à grande agitação das partículas aquosas, o que impediria sua condensação e conseqüente precipitação. E com este padrão o autor segue propondo explicações para as relações comumente estabelecidas entre as leituras do barômetro e certas feições do tempo atmosférico. Apesar de estarem, em grande parte, incorretas, tais explicações ainda carregam o mérito de associar os fenômenos atmosféricos a um sistema de ventos, ao invés de recorrer aos meteoros aristotélicos, ainda que sua influência se faça sentir, sobretudo por meio da concepção associada ao papel da “exalação dos vapores”, mas também não propõe nenhuma taxonomia ou sistematização para os fenômenos destacados.

Outra área de grande interesse para Halley refere-se à umidade atmosférica, englobando suas origens e qual seria o seu papel exato na atmosfera. Assim, Halley especula que a quantidade de “vapores aquosos” contida no “meio do ar” é considerável, e que a água contida nestas partículas exerce um papel fundamental na atmosfera, como pode ser demonstrado por meio das chuvas e neves. Contudo, a proporção e origem desta água ainda não haviam sido minuciosamente examinadas, o que se mostrava um grande obstáculo para a construção de uma verdadeira “meteorologia filosófica”. Assim, para estimar a quantidade de água sendo evaporada a partir do mar, Halley propõe que se deve considerar apenas o período em que o Sol está exposto, uma vez que durante a noite, pelo processo de condensação, teríamos o retorno de parte desta umidade. O autor também levanta a hipótese de que a ascensão destes “vapores” carregaria partículas de sal, ou outros

tipos de “misturas terrosas” que seriam fundamentais para o processo de formação das gotas de chuva, ou seja, Halley estabelece, já no século XVII, a necessidade dos núcleos higroscópicos, ainda que o conhecimento a este respeito se mostre razoavelmente vago. Neste sentido Halley estabelece uma associação muito clara entre a nebulosidade e o tempo atmosférico predominante, buscando assim compreender o tempo a partir dos processos de formação das nuvens, sempre conferindo grande importância aos fenômenos relacionados à chuva e às causas responsáveis pela variabilidade da umidade, tanto em locais distintos, quanto para estações.

Finalmente, em relação às contribuições de Halley para o desenvolvimento da meteorologia, não podemos deixar de mencionar a importância histórica do trabalho voltado para a análise dos ventos alísios. Neste artigo, de caráter eminentemente descritivo, Halley apresenta, a partir de informações coletadas por navios mercantes e por suas próprias observações, uma hipótese explicativa para a ocorrência dos ventos alísios e para as monções, sendo sua proposta considerada, por muitos autores, como o primeiro modelo de circulação geral da atmosfera. Sua maior contribuição neste texto parece ser a de apresentar descrições adequadas das correntes de vento, ainda que a explicação se mostrasse muitas vezes incorreta. Com tais descrições que superaram inclusive a influência da obra de VARENIUS (1734) sobre este tópico, Halley parece ter juntado as peças necessárias para o início de uma nova escala de observação para os fenômenos atmosféricos. Dessa forma, pode-se dizer que este artigo foi fundamental para a estruturação futura da abordagem sinótica – ainda que seja um modelo rudimentar sobre a dinâmica atmosférica -, uma vez que certos fenômenos, sobretudo tornados e grandes tempestades, passaram a ter suas causas relacionadas aos sistemas de ventos de grandes dimensões espaciais. Tal fator contribui ainda para despertar o interesse de outros autores para estas características, fazendo com que, gradualmente, a influência aristotélica fosse contestada, embora se mantivesse presente, principalmente pela “teoria das exalações”. Cabe ressaltar que neste artigo não há menção à noção de *weather*, indicando que Halley, ao investigar estes sistemas de circulação, já parecia se basear em alguma espécie de hierarquia entre os processos, embora esta suposição não fique explícita em momento algum.

Ainda em relação aos sistemas de ventos BOHUN (1671) nos apresenta um trabalho interessante e importante, para sua época, no qual realiza uma compilação das principais propostas explicativas sobre os ventos e suas causas. O primeiro ponto que merece atenção refere-se à grande diversidade de hipóteses explicativas, ainda que todas elas estivessem sob forte influência da argumentação aristotélica, mesmo com os avanços instrumentais e conseqüente superação da doutrina escolástica. Contudo, apesar das duras críticas apresentadas em relação à tradição grega sobre o estudo da atmosfera, a principal definição do livro, acerca do vento e suas causas, é a mesma proposta por Aristóteles, inclusive contrariando, em alguns aspectos, as informações obtidas pelos novos instrumentos. Com isso, vemos que a maior distinção entre as hipóteses de cunho aristotélico referem-se à quais “vapores” seriam atuantes em determinadas situações. Em contraponto, o autor também analisa hipóteses baseadas nas novas concepções físicas, sobretudo daquelas associadas ao papel do calor na atmosfera e à pneumática. Ressalta-se que as explicações estão constantemente associadas a processos locais e regionais, não apresentando uma proposta generalizante, como aquele apresentado por HALLEY (1686-1692).

BOHUN (1671) também pertence ao grupo de autores que considera o *weather* como algo a ser carregado pelo vento, levando-o a considerar que poderiam existir alguns “modos de tempo” específicos e que estes seriam carregados pelo vento – neste caso definido como “um corpo de ar heterogêneo” e não apenas como o movimento, conforme apresentado anteriormente – através da superfície terrestre, sofrendo alterações de acordo com as diferenças superficiais encontradas. Tal sugestão nos permite especular se, não seria neste momento, ou a partir deste tipo de concepção, que teríamos uma noção embrionária do que seria posteriormente denominado como “massa de ar”, ainda que não haja vestígio algum desta expressão nos trabalhos produzidos no século XVII. Se tomarmos a definição genérica comumente aceita que considera as “massas de ar” como “bolhas, bolsões ou parcelas de ar (de grande extensão horizontal), com características de temperatura e umidade específicas, geralmente associadas com a superfície subjacente”, pode-se encontrar uma concepção minimamente semelhante no trabalho de BOHUN (1671). Segundo este autor, os “ventos viajantes” que chegam a locais remotos, carregam, além do *weather*, diferentes espécies de ar, que sofrem

alterações decorrentes das diferentes exalações encontradas pelo percurso. Com isso, os “ventos viajantes” seriam tão influenciados pelas características terrenas do meio em que se encontra que “emprestariam” suas “propriedades e temperatura”, juntando-os ao *weather* que já vinha sendo carregado, contudo, cabe esclarecer, que não há nenhuma consideração quanto à dimensão espacial abarcada pelos referidos “ventos viajantes”. Também há uma associação bastante tímida acerca da origem das tempestades em associação com o encontro de correntes opostas de vento, o que formaria turbilhões, absorvendo as nuvens e “vapores” ao redor, o que levaria à formação das nuvens de tempestade. No mais, o autor dedica mais da metade de seu livro à descrição dos ventos tipicamente locais e regionais das colônias britânicas, tentando sempre buscar suas causas em fatores de mesma abrangência espacial.

Seguimos então com o trabalho de WOODWARD (1695) o qual se mostra, em grande parte, um trabalho de geografia física, apresentando-se fortemente descritivo, contudo, não deixa de fornecer ao leitor hipóteses explicativas acerca dos fenômenos abordados. As explicações podem ser consideradas como uma abordagem intermediária entre a proposta de Aristóteles, em sua *Meteorologica*, e as descobertas da física moderna, sobretudo em relação às propriedades térmicas do ar. Dessa forma, ao mesmo tempo em que o autor faz uso da teoria das exalações para explicar a origem de alguns dos “vapores” próximos à superfície, também recorre aos processos de evaporação e condensação para explicar a presença de água na atmosfera e a ocorrência de chuva. A atmosfera é abordada apenas no capítulo referente aos fluídos⁷⁷ do globo, e ainda sim em pequena escala, sendo a maior parte do capítulo destinada à descrição dos principais rios europeus e suas características, como comprimento, vazão estimada, afluentes, importância econômica e etc. Este capítulo também aborda, de forma razoavelmente detalhada os oceanos, considerando suas principais correntes e rotas comerciais.

Neste sentido o autor destaca que há uma perpétua e incessante circulação de água na atmosfera, a qual seria proveniente do globo em forma de vapor, e retornaria à superfície sob a forma de chuva, granizo, neve e orvalho, destacando o

⁷⁷ Cabe destacar que, na concepção de Woodward (1695) o fogo era considerado um fluido, enquanto o calor seria considerado uma variação de menor intensidade.

papel do ciclo hidrológico em garantir que tais quantidades sejam sempre equivalentes, ainda que estejam distribuídas de modo desigual sobre a superfície. A esta variação da distribuição da umidade, o autor apóia-se sobre a idéia de que os vapores flutuam na atmosfera, viajando através das nuvens, de forma que seria impossível que o fluxo fosse restaurado apenas perpendicularmente. Com isso busca explicar o motivo de muitas regiões receberem mais chuva do que a quantidade de “vapores” que emitem, e vice-versa. Contudo, merece atenção o fato de que esta mesma idéia justifica a variabilidade sazonal da precipitação, conforme demonstrado na citação abaixo:

“Nay, the very same Region, at one Season, sends up more in Vapours than it receives in Rain: and, at another, receives more in Rain than it sends up in Vapour. But the Excesses of one Region and Season compensating the Defects of the others, the Quantity rising and falling upon the whole Globe is equal; however different it may be in the several Parts of it.” (WOODWARD, 1695, pág. 133-134).

Com isso podemos perceber a ausência de uma concepção semelhante ao que conhecemos hoje por regime climático, revelando um aspecto interessante no qual a noção contemporânea de “clima”, concernente à existência de um padrão de circulação específico de acordo com as diferentes regiões climáticas, parece ter sido estabelecida somente após a consolidação dos registros meteorológicos quantitativos. Dessa forma, não raramente, encontramos em diversos textos do século XVII, a palavra “clima”⁷⁸ referindo-se antes a porções da superfície terrestre do que a algo relacionado majoritariamente à dinâmica atmosférica, ou seja, parece tratar-se de uma noção preliminar da atual idéia de “ambiente”.

Cabe ressaltar também que WOODWARD (1695) não apresenta nenhuma proposta acerca da existência de uma circulação geral da atmosfera, concentrando a explicação a respeito dos fenômenos atmosféricos nas escalas locais e regionais, de modo que a circulação dos “vapores” através das nuvens não ultrapassaria tais dimensões espaciais.

Discutiremos agora artigos e trabalhos de menor expressão, contudo, importantes para caracterizar o cenário geral do estudo do tempo meteorológico no século XVII. No artigo de HILLIER (1695-1697), temos, na primeira parte, uma

⁷⁸ Em nenhum momento deste artigo o autor utiliza a palavra *weather*.

descrição sucinta acerca dos costumes e modos de vida dos habitantes de *Cape Corse*, dedicando grande parte do texto aos óbitos, sobretudo dos casos possivelmente associados à causas naturais. Neste sentido HILLIER (1695-1697) busca relacionar, de modo direto e muitas vezes simplista, as características naturais e os óbitos, elaborando a partir disso um juízo sobre a “salubridade” local. Contudo, nosso interesse primordial neste artigo encontra-se em suas considerações a respeito do tempo meteorológico local, realizado entre os meses de novembro de 1686 e 1687. Relato este que se mostra essencialmente descritivo, semelhante a diversos outros trabalhos deste período, tanto em forma quanto em conteúdo. Destaca-se o fato de que, apesar do advento dos instrumentos meteorológicos e de sua rápida popularização e difusão por toda a Europa, neste período ainda há o predomínio do registro qualitativo do tempo, não apenas em relação a fenômenos episódicos como exalta JANKÓVIC (2000), mas principalmente para as observações rotineiras. Este tipo de registro apresenta razoável imprecisão na comunicação dos fenômenos, principalmente devido a ausência de alguma espécie de padronização terminológica. Ou seja, não é possível definir o que o autor considerava como frio ou calor, pois tais registros eram realizados a partir de sua própria sensibilidade térmica, e o mesmo ocorre com parâmetros visuais, como a nebulosidade, ou a intensidade da chuva, tratando-se assim, na realidade, de um registro sobre impressões acerca do tempo atmosférico, como tantos outros se mostraram.

Além destes fatores, destaca-se a variação da frequência com que são feitas as anotações, de forma que, apesar de apresentar considerações para quase todos os dias do período observado, não é possível encontrar nenhum esforço sistemático, sobretudo quanto aos horários, pois, enquanto alguns dias registram três entradas, que variam entre manhã tarde e noite, ou, em alguns casos, com as três anotações concentrando-se sobre manhã e tarde, muitos outros possuem apenas uma entrada. A mesma diversidade pode ser encontrada em relação ao conteúdo registrado, com alguns dias contendo descrições sobre a temperatura, os ventos, as nuvens e seus supostos efeitos sobre os animais e a vegetação, enquanto em outros dias são realizadas apenas vagas observações a respeito da sensação térmica. Nestes relatos também não há a utilização de nenhum tipo de expressão que pretenda ser sintética para expressar um determinado “estado atmosférico”, quanto à

nebulosidade, os aspectos visuais são descritos através da associação entre cor, forma e, em alguns casos, a suposta altitude da nuvem, mas não a aplicação de uma terminologia específica.

No artigo de DERHAM (1698) são apresentadas vinte e cinco categorias para o tempo meteorológico, todas referenciadas pela sensação térmica ou pelas características visuais registradas pelo observador, incluindo a intensidade dos ventos. Apesar disso, não parece haver um esforço nitidamente classificatório, ainda que o autor tenha usado sempre as mesmas expressões para suas anotações, ao contrário de outros observadores. A maior ocorrência parece se referir à situação de “tempo ruim”, destacando-se a nebulosidade. Não há referências à dimensão espacial do “*state of the weather*”, ao que supomos que se refira ao campo de visão do observador, reforçando a idéia de que seria uma característica anterior às redes de estações meteorológicas e, pertencente, portanto, à outra escala que não a sinóptica. Sobre a escala temporal, não parece haver grandes preocupações por parte do autor, uma vez que não há registro sobre a duração dos fenômenos ou faces do céu, apenas a indicação de sua ocorrência em determinado período do dia, seja manhã, tarde ou noite. Curiosamente não há registro de temperatura. Conforme apontamos no início deste capítulo, este artigo se constitui em um dos exemplos que contradizem a perspectiva de JANKÓVIC (2000), pois se trata de observações rotineiras, ao invés de se concentrar em fenômenos episódicos.

Em seguida temos TOWNELEY (1699), que, assim como no artigo de DERHAM (1698), apresenta vinte e cinco categorias de tempo, divididas da mesma forma que o trabalho supracitado, e apresentando, basicamente as mesmas características, incluindo na estruturação da tabela utilizada para os registros. Estas características devem-se ao fato de ambos os autores terem trabalhado juntos, para que pudessem comparar seus registros a partir de locais diferentes, obtendo dados para uma mesma cidade. Trata-se de um dos primeiros registros provenientes de uma atitude cooperativa entre observadores, esforço que auxiliou a consolidar uma prática que se tornaria essencial para o avanço da meteorologia.

GARDEN (1685), por sua vez, constrói mais um texto baseado em descrições acerca das correntes de vento observadas em suas viagens marítimas, contudo não apresenta especulações de ordem explicativa, contentando-se em relatar os

fenômenos observados. Apesar da razoável precisão das descrições estabelecidas, não se estabelecem possíveis relações entre os fenômenos de maior abrangência espacial, como os ventos alísios, e os eventos locais. Ao invés disso, recorre-se ao registro instrumental para estabelecer relações entre os dados e as observações.

Em outro trabalho temos uma linha de proposta teórica, buscando estabelecer hipóteses explicativas para as mudanças do tempo meteorológico. Assim, GARDEN e MIDDLETON (1685) propõem um relato inteligível acerca da ascensão dos “vapores”, do balanço das nuvens e de sua queda sob a forma de chuva, assim como para a origem e função dos ventos. Os autores destacam ainda a dificuldade de compreender a reação do barômetro às variações na “gravidade do ar”. Dessa forma, grande parte de suas considerações dedicam-se a analisar as propriedades físico-químicas recém descobertas do ar, como por exemplo, a elasticidade e sua “gravidade específica”. Tendo tais características em mente, dedicam parte substancial de seu texto à apresentação e explanação de teorias distintas a respeito da formação, ascensão e dissipação dos vapores. Chama-nos atenção o fato de que, apesar da grande atenção destinada ao barômetro, a maioria das hipóteses apresentadas não é baseada em registros numéricos, mas sim em observações a respeito das seqüências de transformações na aparência do céu. Com isso os autores destacam, explicitamente, a importância da observação direta dos fenômenos que se pretendem esclarecer, e, apesar da ainda influente doutrina aristotélica a respeito dos “vapores”, a concepção predominante neste artigo refere-se à física moderna, apresentando uma hipótese sobre a formação da chuva bastante semelhante às teorias contemporâneas. Contudo, embora muitas relações qualitativamente apropriadas tenham sido estabelecidas entre a variação barométrica e a aparência do céu, a causa responsável por tais variações ainda se mostraria um mistério. Os autores assumem ainda que o estabelecimento destas correlações e de sinais prognósticos têm se mostrado uma tarefa muito mais fácil do que o estabelecimento de explicações racionais para as mudanças na “gravidade do ar”, na direção dos ventos e na alteração das nuvens. Ressaltam também que um dos principais elementos a contribuir para o avanço desta questão tem sido a construção de descrições cada vez mais detalhadas sobre as alterações na aparência do céu. Outro aspecto interessante refere-se à própria concepção sobre o *weather* apresentada pelos autores, sendo interpretada como um curso de

acontecimentos, sendo constituído, necessariamente, de uma cadeia infinita de fenômenos, e não como um estado instantâneo ou passageiro da atmosfera. Por fim, destaca-se a importância de observações coletivas e sistemáticas, tanto para enriquecer aquele processo descritivo já citado, quanto para possibilitar o estabelecimento de comparações entre pontos de vistas distintos para os mesmos fenômenos.

Ainda nesta linha temos uma passagem interessante com um texto de autor anônimo (1672; vol. 7) que aborda alguns aspectos importantes do barômetro, sobretudo de fenômenos associados, ressaltando o fato de que se refere a um instrumento razoavelmente novo, e com pouco uso público. O instrumento é apresentado como algo de futuro duvidoso, sem perspectivas lucrativas e com sérias dúvidas quanto a sua validade e auxílio na investigação dos fenômenos atmosféricos. Há também uma breve explicação sobre o funcionamento básico de um barômetro de mercúrio. Contudo, o que nos interessa são as questões levantadas pelo autor para a investigação do tempo atmosférico, destacando-se, novamente, a “gravidade específica do ar” e suas variações. Assim, fica evidente que a investigação da pressão atmosférica tem exercido um papel essencial em relação à investigação do tempo meteorológico, ainda que em muitos dos artigos analisados, a correlação não seja estabelecida diretamente. Assim, o autor apresenta inúmeras anotações sobre as mais diversas condições atmosféricas e astronômicas – evidenciando, novamente, a dificuldade da maioria dos observadores em discernir o que observar e com qual intuito -, procurando quaisquer relações possíveis com as leituras barométricas, destacando sempre as ocorrências que lhe pareciam exceções, por exemplo, a diminuição da coluna de mercúrio após as tempestades. Em grande parte, todas as situações que fogem à regra são consideradas como decorrentes de problemas na calibração ou sensibilidade instrumental. Por meio deste artigo podemos avaliar a noção de *weather* como algo que extrapola a escala imediata e local, embora não exista referência a busca por um padrão de tempo meteorológico, caracterizando-se pela extrapolação (ou projeção) da sensibilidade térmica (ou do “ambiente atmosférico”, afinal não se refere apenas à temperatura) do indivíduo para todo o seu campo de visão, sendo então algo que depende consideravelmente da percepção do observador, discernindo drasticamente da proposta de padronização da percepção do tempo

atmosférico. Outro elemento que nos chama atenção, não apenas neste, mas em quase todos os trabalhos com esta característica (de observações casuais, buscando associar os fenômenos atmosféricos às leituras instrumentais, sem qualquer especulação teórica), refere-se à percepção dos ventos, e em certos casos, das nuvens, como fatores distintos do *weather*. Com isso, os ventos, responsáveis pelos movimentos do ar e dos “vapores” (considerados constituintes do ar), atuariam também na formação e transporte das nuvens, mas não do *weather*.

Já com WALLIS (1695-1697) temos um texto bastante simples, dedicado a explicar uma variedade de fenômenos, contudo, destaca-se a importância conferida aos relâmpagos e aos trovões, sendo considerados então fenômenos mais importantes devido a seus impactos físicos – em nenhum momento o autor se concentra sobre os possíveis prejuízos ocasionados pelo granizo. As propostas explicativas, curiosamente, partem dos aspectos sonoros e visuais dos relâmpagos e trovões, ou seja, pela associação das “explosões sonoras e luminosas” destes fenômenos com aqueles decorrentes das armas de fogo, o autor passa a levantar hipóteses acerca da composição química, defendendo que, para a ocorrência destes eventos, o ar deveria apresentar elevada concentração de nitratos e “vapores sulfurosos”.

Já em WALLIS (1698) revela exatamente a abordagem destacada por JANKÓVIC (2000), ou seja, trata-se do relato, eminentemente descritivo, a respeito dos efeitos de uma tempestade com relâmpagos. O autor dedica seu texto ao escrutínio de vestígios evidências dos prejuízos materiais e humanos relacionados à tempestade, buscando em certos momentos estabelecer justificativas religiosas – sob a forma de castigos e advertências – para o ocorrido. Em sua apresentação dos fatos, a concepção a respeito dos fenômenos atmosféricos parece depender exclusivamente dos argumentos aristotélicos. Apesar de não ser um texto relevante para o assunto principal desta dissertação, possui sua importância por caracterizar muito bem qual o teor e forma da maioria dos artigos apresentados à *Royal Society*, em relação aos fenômenos atmosféricos.

Outro relato curioso encontra-se no artigo de LANGFORD (1698), no qual o autor expõe sua experiência em prognosticar furacões⁷⁹, a partir de seu contato com os nativos das Ilhas Caribenhas, esclarecendo ainda que muitos dos sinais apontados pelos nativos poderiam ser identificados com uma antecedência de dez a doze dias, sendo que os prognósticos raramente mostravam-se incorretos. LANGFORD (1698), capitão da marinha inglesa, dedica grande parte de seu texto à descrição de suas experiências em prognosticar furacões, destacando cinco ocasiões, nos anos de 1657, 1658, 1660, 1665 e 1667, nas quais conseguiu identificar os sinais relacionados à ocorrência dos furacões, e com isso conseguiu poupar seu navio e tripulação de maiores prejuízos. Além disso, há também considerações acerca dos primeiros contatos com os nativos, e como teria ocorrido essa transmissão de conhecimentos. Contudo, apesar da alegada eficiência dos sinais para previsão do referido fenômeno, a explicação fornecida pelo autor baseia-se, majoritariamente, em aspectos da astrometeorologia, referindo-se às fases da Lua e sua visibilidade (embora não exista nenhuma diferenciação entre as nuvens), nos meses de julho, agosto e setembro. Outros aspectos interessantes relacionam-se a latitude em que ocorrem os furacões e a sua trajetória, os quais, ainda que bem conhecidos e descritos em detalhes, não apresentavam nenhuma explicação plausível.

Por fim, temos os trabalhos que consideramos mais relevantes, sendo o primeiro deles de ROBERT BOYLE (1725)⁸⁰, destacando-se o fato de que o autor não esclarece se considera o clima algo específico da atmosfera ou algo próximo à atual noção de meio-ambiente, mas certamente trata-se de algo vinculado aos fatores astronômicos. E para isso elenca os fatores necessários ao estudo da história natural de um país, que deverá seguir a seqüência: céus, ar, água, e a terra. Ao primeiro pertencem a longitude e a latitude do lugar, e conseqüentemente o comprimento dos dias mais curtos e mais longos, o clima, os paralelos, e as estrelas fixas visíveis; com suas respectivas constelações.

⁷⁹ Em muitas passagens no texto, o fenômeno é denominado “tornado”, porém, pela descrição do processo e de sua extensão, parece tratar-se, em verdade, de “furacões”.

⁸⁰ Trata-se da data de publicação da quarta edição. A primeira edição data de 1678.

Sobre o ar, devemos observar seu temperamento, como seu calor, secura e umidade, com suas respectivas medidas; seu peso, sua transparência, seu poder de refração, suas variações de acordo com as diversas estações do ano, e períodos do dia; assim como por quanto tempo os diferentes tipos de tempo continuam ocorrendo (*kinds of weather*), que tipo de meteoros o ar mais comumente sopra, em que ordem são gerados, e por quanto tempo duram e a quais ventos seguem. Deve-se observar também a que doenças e epidemias o país está sujeito e qual o estado usual do ar para os habitantes. A gravidade do ar deve ser aprendida pelo barômetro. Com isso, o ar inclui elementos que hoje são tradicionalmente considerados “climáticos”, incluindo a seqüência do tempo meteorológico, que já se mostra uma preocupação. Refere-se também ao “temperamento” do ar, expressão também utilizada em espanhol, associada a mudanças bruscas e imprevisíveis. A maioria das palavras associadas ao prefixo “*temp*” parece estar relacionada a mudanças imateriais (ou não palpáveis, ou talvez abstratas) de modo significativo, ou seja, alterações em aspectos relevantes.

Outros assuntos de interesse para a investigação da história natural de um país seriam os efeitos dos ventos sobre o mar, e o quão longe da superfície seus efeitos poderiam ser sentidos sobre a agitação do mar. Deve-se atentar também para os ventos e suas mudanças, localização da sua origem, duração e relação com outros ventos, sobretudo os alísios. Análise feita através de sinais visuais, podendo recorrer, muitas vezes, ao conhecimento tradicional do *weather-lore*.

Para observar e registrar todos os meteoros extraordinários, relâmpagos, trovões, e seus efeitos, *ignes fatui*, cometas e registrar seus locais de aparição e desaparecimento. A isso se seguem outras especulações de cunho corológico, visando caracterizar determinado local principalmente a partir de relações de intensidade e freqüência dos fenômenos observados e, quando possível, estabelecer parâmetros de comparação com outros locais já conhecidos. Por exemplo, se a variação diária de temperatura ou precipitação seria maior ou igual a outros lugares, e quais as conseqüências e causas disso.

Segundo BOYLE (1725) o ar significa o fluído fino, transparente, compressível e dilatável, no qual nós respiramos e nos movemos, aquele envolve toda a superfície terrestre até uma altura considerável (não parece haver uma diferenciação entre ar e

atmosfera), e difere do éter pela refração dos raios celestiais. O ar pode ser considerado tanto permanente quanto transiente. O autor segue apresentando uma noção bastante clara e adequada do papel do ar no ciclo hidrológico. Contudo, BOYLE (1725) também deixa claro sua incerteza em relação à natureza do ar (tanto por sua composição quanto por seu comportamento), garantindo que, apesar de todas as tentativas experimentais realizadas, ainda são necessárias muitas investigações para determinar sua natureza. A respeito disso, considera que podem existir três diferentes tipos de corpúsculos que constituem o ar: (i) as inúmeras partículas que, na forma de vapores ou exalações secas, ascendem da terra, água, mineral, vegetais, animais e etc. em uma palavra, qualquer substância elevada para os céus a partir do calor e então são dispersos na atmosfera.

O segundo pode ser mais sutil, e consiste nos átomos excedentes das inumeráveis partículas enviadas pelos corpos celestiais, e que causam, por impulso, a idéia de luz em nós. O terceiro tipo é constituído por suas partes elásticas, que garantem sua compressibilidade, contudo não há ainda uma hipótese plausível para explicar a origem e natureza destes corpúsculos. O autor segue então tecendo uma série de considerações sobre a elasticidade do ar e de outros materiais. BOYLE (1725) destaca que a elasticidade do ar se mantém de forma estrutural, ou seja, apesar da agitação externa, como o calor, que na verdade é um tipo de movimento. Cabe questionar se seria plausível considerar que a noção física do *weather* teria sido substituída pela concepção matemática (dominada pela estatística e probabilidade). Dada o histórico referente à especialização de disciplinas não é de se espantar que os filósofos dos séculos anteriores ao XIX tivessem uma formação multidisciplinar mais sólida e que, com o passar do tempo, tenhamos nos deparado com o empobrecimento dos conceitos. Boyle também destaca que, dentre as muitas características atribuídas ao ar, a que realmente o distingue de muitos outros fluídos e exalações, seria sua compressibilidade, fator que seria tomado como critério principal para identificação do ar (nos experimentos laboratoriais).

Em relação ao tempo meteorológico, BOYLE (1725) anota que às vezes, quando o tempo está escuro devido a presença de nuvens, o higroscópio não apresenta mudanças sensíveis, em outros casos, apresenta, quando podemos ver os vapores no ar. Segundo este autor, um astrônomo que freqüentemente toma a altura das nuvens, muito raramente encontra alguma das brancas quando o tempo

está firme, que esteja entre mais de três quartos de uma milha até meio milha da superfície terrestre. Em trechos do texto percebe-se claramente a influência aristotélica, a partir das proposições que associam os corpos celestes e seus movimentos ao comportamento do ar, incluindo aí especulações sobre os “espíritos” aéreos e sobre os “vapores” em relação a seus papéis na atmosfera. Em relação à teoria astronômica e sua eficácia e precisão (sobre o movimento e localização dos corpos celestes), BOYLE (1725) propõe o uso de diários do tempo meteorológico. Segundo ele, este foi o primeiro método utilizado pelos antigos, registrando em um diário histórico do tempo meteorológico e dos lugares, movimentos e aspectos dos planetas, com suas concordâncias e discordâncias, etc., o mesmo procedimento pode se mostrar decisivo para gerações futuras. Acrescenta ainda que os homens de sua época estejam mais bem equipados do que qualquer período anterior, sobretudo pela existência do barômetro e do termômetro. E com isso torna-se fundamental registrar a história do tempo meteorológico de nosso próprio período do que surgir, eventualmente, com sentenças como “nunca antes houve tanto calor”, “nunca fez tanto frio neste país”, as quais se mostram invariavelmente falsas. Além disso, tais registros auxiliam a completar a história natural de dado local. Por exemplo, o caso do Brasil, cujo registro destas informações mostrou não apenas que seu clima é habitável, mas também saudável. Sendo assim, pode se constituir em uma nobre tarefa o registro de observações precisas, pois pode ser utilizada como meio de superar os preconceitos deterministas. O autor segue tecendo considerações sobre o movimento do ar, embora tenha se limitado, em grande parte, a comentar relatos de rajadas de vento e tempestades, sobretudo aquelas registradas por marinheiros, incluindo aí considerações acerca da precisão instrumental e da dificuldade, naquele período, de fabricar instrumentos padronizados. Alerta ainda para o fato de que, quando se registra parâmetros numéricos, é essencial dar a localização em que a observação foi feita, pois, ainda que o estado do céu se mantenha inalterado, as considerações de observadores serão diferentes, assim como os dados. É necessário saber a localização para que se possa investigar as possíveis causas destas diferenças. Ao contrário de outros autores, Boyle não se propõe a estabelecer regras e significados para a elevação e queda do mercúrio no barômetro, destacando a inviabilidade desta prática visto que muito pouco se sabe sobre as causas destas variações. Destaca também que a maioria dos homens está tão acostumada a julgar as coisas a partir de seus

sentidos, que, pelo ar ser invisível, costuma-se atribuir pouco ao ar. Sendo considerado por muitos, inclusive acadêmicos, apenas como um receptáculo dos corpos visíveis, sem exercer qualquer ação sobre eles, a não ser por suas qualidades manifestas, como o calor e a umidade. O autor prossegue, até o final do texto, realizando considerações acerca dos processos fotoquímicos do ar (atmosfera) e suas possíveis causas, descrevendo inúmeros experimentos feitos na Inglaterra e em diversas de suas colônias, comparando então os resultados e estabelecendo hipóteses comparativas entre os resultados.

Em outro artigo, BOYLE (1666-1667) aborda fenômenos exclusivamente ópticos relacionados à atmosfera, comparando observações *in loco* com experimentos conduzidos em laboratórios, dedicando-se, principalmente, ao estudo da refração. Embora não aborde nenhuma concepção sobre a noção de *weather*, acreditamos que este texto possui um papel importante ao desmistificar alguns dos provérbios relacionados à cor do céu.

BOYLE (1725) também dedica parte substancial de seu trabalho à análise da salubridade dos ares, contudo, ao contrário das demais análises, o autor fundamenta suas argumentações apenas em suas próprias suposições, não estabelecendo critérios objetivos ou mesmo coerentes para estabelecer correlações causais entre determinadas características atmosféricas e a proliferação de doenças, sobretudo quando discorre sobre as colônias.

Na seqüência temos PLOT (1685), que nos apresenta a primeira representação gráfica referente à meteorologia de que temos conhecimento. Trata-se de um gráfico expressando a oscilação barométrica em relação aos dias do mês, algo simples, mas de importância fundamental para a meteorologia. O trabalho, assim como tantos outros, apresenta uma descrição diária do tempo meteorológico, para o período de um ano, baseando-se em caracterizações sucintas – ao contrário da maioria dos artigos enviados à *Royal Society* -, geralmente utilizando uma única expressão para definir cada período do dia relatado. Por exemplo, “*rain morning, fair at night*”, apesar da repetição de expressões utilizadas, não parece haver um esforço classificatório ou teórico neste sentido, em encontrar padrões de tempo. Outra característica deste registro refere-se ao fato de que certos elementos não apontados diariamente, ou seja, alguns dias são caracterizados apenas pela

nebulosidade, outros pela temperatura, e alguns ainda pela umidade. Com isso acreditamos que o autor tenha se concentrado sobre os aspectos considerados mais relevantes em cada dia observado, contudo não consideramos que seja possível o enquadrar naquela gama de observadores que preferiam os “eventos episódicos”. Em relação à percepção do *weather*, novamente temos uma distinção entre o tempo e os ventos, sendo que, neste caso, os últimos seriam responsáveis pelo curso do primeiro. Com isso nos parece que existem ao menos duas percepções distintas de *weather*, aquela dos observadores que parecem extrapolar a sua sensibilidade sensorial local a uma escala mais abrangente, ao alcance da visão, e que não seria “carregado” pelos ventos. A segunda seria esta apresentada por PLOT (1685), entre outros autores, de que o *weather* seria uma dada configuração da atmosfera, e teria sua própria mobilidade, relacionada aos ventos. Esta segunda abordagem parece se destacar entre os autores que demonstraram maior apreço pelo processo de consolidação científica da meteorologia fosse trabalhando pela padronização dos instrumentos e da observação, ou pela iniciativa deste artigo, relacionada ao registro gráfico dos parâmetros meteorológicos.

Temos ainda o trabalho de HOOK (1667), embora não seja extenso, é sem dúvida o mais importante para o tema desta dissertação. Trata-se do primeiro registro, ao que sabemos, a abordar a padronização das observações meteorológicas e do registro do tempo, e com isso, consideramos o primeiro esforço para criar um conceito a respeito dos padrões de tempo, aqui descritos pela expressão “*face of the Sky*”. Entre os elementos a serem observados, o autor elenca: a força e direção dos ventos, assim como as mudanças; as variações da temperatura do ar; a variação da umidade atmosférica; a variação da pressão atmosférica; além dos efeitos exercidos pela atmosfera sobre as pessoas e animais, incluindo também anotações sobre relâmpagos e trovões. Todos os parâmetros apontados, segundo o autor, devem ser observados e registrados em função dos novos instrumentos meteorológicos, e, em caso de mudanças significativas nos valores, deve-se retomar a observação do céu, na tentativa de tentar estabelecer relações causais. Por fim, o aspecto observacional que mais nos interessa encontra-se na “constituição e face do céu”, pois não se trata apenas da nebulosidade, mas sim dos fenômenos associados a uma determinada configuração do céu, mostrando-

se uma concepção abrangente a respeito do tempo meteorológico. Para as instruções deste parâmetro temos a seguinte descrição:

“The constitution and face of the Sky or Heavens; and this is best done by the eye; here should be observed, whether the Sky be clear or clouded; and if clouded, after what manner; whether with high exhalations or great white clouds, or dark thick ones. Whether those clouds afford fogs or mists, or sleet, or rain, or snow, etc. Whether the under side of those clouds be flat or waved and irregular, as I have often seen before thunder. Which way they drive, whether all one way, or some one way, some another, and whether any of these be the same with the wind that blows below; the colour and face of the sky at the rising and setting of the Sun and Moon; what haloes or rings may happen to encompass those luminaries, their bigness, form and number.” (HOOK, 1667, pág. 174).

HOOK (1667) prossegue então fornecendo instruções para a calibração dos instrumentos, para a construção de uma tabela padronizada, delimitando inclusive quais colunas deveria conter e qual o espaçamento adequado para cada informação, além de destacar a importância de estabelecer uma rotina de observação, respeitando os horários e locais, de certa forma, encontramos neste texto grande parte das instruções básicas para as observações meteorológicas realizadas atualmente. Finalmente, temos a proposta de HOOK (1667) para o estabelecimento de algumas classes de tempo, e com isso o que nos parece o primeiro critério de classificação do tempo, baseado exclusivamente em variáveis visuais:

“But for the Faces of the Sky, they are so many, that many of them want proper names; and therefore it will be convenient to agree upon some determinate ones, by which the most usual may be in brief expressed. As let **Clear** signify a very clear Sky without clouds or exhalations; **Checquer’d** a clear Sky, with many great white round clouds, such as are very usual in Summer. **Hazy**, a Sky that looks whitish, by reason of the thickness of the higher parts of the air, by some exhalation not formed into clouds. **Thick**, a Sky more whitened by a greater company of vapours: these do usually make the Luminaries look bearded or hairy, and are oftentimes the cause of the appearance of rings and haloes about the Sun as well as the Moon. **Overcast**, when the vapours so whiten and thicken the air, that the Sun cannot break through; and of this there are very many degrees, which may be expressed by a *little, much, more, very much overcast*, &c. Let **Hairy** signify a Sky that hath many small, thin, and high exhalations, which resemble locks of hair, or flakes of hemp or flax: whose varieties may be expressed by *strait or curv’d*, &c. according to the resemblance they bear. Let **Water’d** signify a Sky that has many high thin and small clouds, looking almost like water’d tabby, called in some places a Mackeril Sky. Let a Sky be called **Wav’d**,

when those clouds appear much bigger and lower, but much after the same manner. **Cloudy**, when the Sky has many thick dark clouds. **Lowring**, when the Sky is not very much overcast, but hath also underneath many thick dark clouds which threaten rain. The signification of *gloomy, foggy, misty, sleeting, driving, rainy, snowy*, reaches or racks variables, &c. are well known, they being very commonly used. There may be also several Faces of the Sky compounded of two or more of these, which may be intelligibly enough expressed by two or more of these names.” (HOOK, pág. 1667, 177-178,; itálico no original, grifo nosso).

Assim o autor nos apresenta dez categorias de tempo definidas formalmente de acordo com variáveis visuais, o que confirma a suposição apresentada anteriormente de que a dimensão espacial dos tipos de tempo estaria intrinsecamente associada ao campo de visão dos observadores, e não à escala sinóptica das redes de estações meteorológicas, ao menos a princípio. Destaca-se também a preocupação em observar e registrar aquilo que está ao “alcance de um olhar”, tendência que parece ser herdada dos provérbios sobre o tempo, assim como se mostrou influente também no século XIX, com o surgimento das cartas sinópticas. A tabela proposta por HOOK (1667) pode ser visualizada na Figura 4.1, abaixo.

Através das obras analisadas, podemos caracterizar o estudo dos tipos de tempo, no século XVII, ao menos para o universo de língua inglesa, uma abordagem essencialmente local e incipiente, ainda que tenhamos esforços significativos em romper com a tradição aristotélica e conferir uma dimensão mais científica a estes trabalhos. Contudo, nota-se, em grande proporção a influência aristotélica, a qual atuou sobre diversas concepções equivocadas a respeito da dinâmica atmosférica. Com isso encerramos este capítulo, ao qual daremos seqüência com a análise do estudo do tempo atmosférico no século XVIII.

A S C H E M E,

A T O N E

View representing to the Eye the Observations of
the WEATHER for a Month.

Days of the Month and Place of the Sun. Remarkable Houses.	Age and Sign of the Moon at Noon.	The Quarters of the Wind and its Strength.	The Degrees of Heat and Cold.	The Degrees of Driness and Moisture.	The Degrees of Preci- pitation.	The Faces or visible Ap- pearances of the Sky.	The notablest Effects.	General De- ductions to be made after the Side is fitted with Obser- vations: As,
14 II 12.46	8 12 4 12	W. 2 3 3 1/2 Perigee.	9 3/4 12 1/2 16	2 5 2 8	29 1/4 29 1/4 29 3/8	Clear Blue, but Yellowish in the N. E. clouded to- ward the S. checker'd Blue.	A great Dew. Thunder, far to the South. A very great Tide.	From the last Q. of the Moon to the Change the Weather was very temperate, but cold for the Season; the Wind pretty constant be- tween N. & W. A little before the last great Wind, and till the Wind rose at its highest, the Quick-sil- ver continu'd descending till it came very low; after which it be- gan to reaf- cend. &c.
15 II 13.46	8 12 4 10	N. W. 3 4 N. 2 1 1	9 3/4 8 1/2 7	2 5 2 9 2 10	29 1/4 29 1/4 29	A clear Sky all Day, but a little Check- er'd at 4 P.M. at Sunset red and hazy.	Not by much so big a Tide as Yesterday. Thunder in the North.	
16 II 14.37	10 at 7.25. A. M. II 10.8. &c.	N. Moon S. &c.	10 &c.	1 10 &c.	28 1/2 &c.	Overcast and very low- ing. &c.	No Dew upon the Ground, but very much upon Marble-stones &c.	

Figura 4.1 – Tabela para registro meteorológico (HOOK, 1667, pág. 179)

5. O estudo do tempo atmosférico no século XVIII

“If they could consider, nothing in Nature is certain, permanent and perfect, neither in ourselves, or what we do or think; then why do we expect it in the Air? Is it not subject to as many Chances, Variations and Mutations? Or why should we expect a Foreknowledge of it absolutely from the Barometer, and that it should force us to understand its Meaning infallibly?” (ORME & BEIGHTON, 1737-1738, pág. 254)

Ao abordarmos os trabalhos pertinentes ao século XVIII, um dos primeiros pontos a receber atenção refere-se às fontes utilizadas, as quais, embora apresentem maior acessibilidade quando comparadas ao período anterior, novamente mostram-se bastante restritas. Dessa forma, a maior parte dos trabalhos aos quais tivemos acesso pertence ao contexto dos idiomas inglês e espanhol, e ainda que alguns trabalhos franceses tenham sido analisados, os exemplares aos quais obtivemos acesso não podem ser considerados adequados como universo amostral. O século XVIII destaca-se por apresentar progressos substantivos em relação ao modo de pensar e investigar a atmosfera, sendo que as inovações propostas contemplam desde a forma de registro de apresentação dos dados meteorológicos até a elaboração de novas questões de ordem teórica e conceitual. Um dos exemplos mais claros a este respeito encontra-se sobre a preocupação crescente, mas não universal, em associar o tempo meteorológico local aos sistemas de circulação atuantes em escalas espaciais mais abrangentes. Outro elemento que merece destaque refere-se à gradual substituição dos relatos realizados por indivíduos, constantemente abordando fenômenos de caráter meteórico – na concepção aristotélica – por aqueles trabalhos concentrados sobre o registro diário, buscando não apenas as exceções, mas sim os padrões, o que seria o comportamento “normal” da atmosfera, e tais registros, comumente assumem um aspecto coletivo. E nestes mesmos trabalhos, que apresentam um esboço do que viria a ser a publicação de dados das redes de estações meteorológicas do século XIX, começam a ser publicadas e popularizadas as médias mensais e anuais dos registros meteorológicos. Estes são apenas alguns dos pontos a serem detalhados ao longo do capítulo.

Já no início do século, os trabalhos de TOWNELEY e DERHAM (1704-1705), LOCKE (1704-1705) e DERHAM (1706-107) nos permitem identificar um esforço de superação em relação aos relatos de “meteoros flamejantes” e das grandes tempestades, os quais foram grandes temas durante o século XVII. Em TOWNELEY e DERHAM (1704-1705), o intento classificatório está implícito na definição de um conjunto específico de expressões – como *“overcast”*, *“cloudy”*, *“frost”*, *“rain”*, *“fair”* entre outros, e suas subseqüentes combinações – as quais, embora não sejam definidas formalmente pelos autores, substituem as tradicionais descrições que eram utilizadas anteriormente. Outro aspecto que merece ser ressaltado diz respeito ao fato de que os registros passaram a ser apresentados mensalmente, dessa forma as expressões citadas passam a caracterizar uma síntese do tempo para um determinado mês, implicando em um significativo processo de abstração, sobretudo quando comparada ao padrão descritivo do século anterior.

Com JOHN LOCKE (1704-1705) temos um registro relevante, para o período de dezembro de 1691 ao mesmo mês de 1692, apresentando duas observações diárias (manhã e noite), para temperatura, pressão atmosférica, ventos, umidade atmosférica e tempo meteorológico. Para esta última coluna o autor desenvolve seu próprio princípio de classificação, guiando-se principalmente pela nebulosidade. Ao contrário do trabalho TOWNELEY e DERHAM (1704-1705) citado acima, LOCKE (1704-1705) apresenta formalmente sua definição para quatro categorias de tempo⁸¹ – *“cloudy”*, *“fair”*, *“covered”* e *“close”*. Embora em nenhuma das definições de tempo apresentadas exista alguma menção à chuva, as observações pertinentes a este fenômeno encontram-se nesta coluna. Este fato, embora pareça pequeno, pode ser considerado um indicador da grande ambigüidade acerca dos conceitos, então em formação, utilizados na investigação da atmosfera. LOCKE (1704-1705) também apresenta uma classificação própria para a força do vento, também em quatro categorias. Além disso, o artigo possui uma descrição detalhada dos instrumentos e procedimentos utilizados para a realização das observações.

Em DERHAM (1706-1707), temos um breve registro, em latim, para o ano de 1705, no qual os dados são apresentados a cada cinco dias, e como de costume, há uma coluna dedicada a apresentar a configuração do céu, a qual inclui desde a

⁸¹ Embora na tabela estejam presentes outras categorias que não foram previamente definidas.

ocorrência de chuva (mesmo com a tabela contando com uma coluna para pluviosidade), sensação térmica e nebulosidade. Neste caso não parece haver nenhum intento classificatório, uma vez que são utilizadas diversas nomenclaturas para caracterizar a configuração do céu, característica que nos lembra que, desde esta época, parece não haver palavra de origem latina adequada para substituir o termo *weather*. William Derham ainda apresenta outros dois trabalhos que merecem atenção. O primeiro deles, publicado em 1708-1709, um estudo sobre um grande inverno ocorrido em 1703, no qual além de apresentar uma descrição incrivelmente detalhada acerca das consequências deste inverno, o que inclui desde o congelamento dos rios, a diminuição na produção de alimentos, dificuldades no transporte e na comunicação, até problemas com o grande volume d'água decorrente do degelo, o autor apresenta uma série de hipóteses acerca das causas deste evento, e de como seria possível prevê-lo. Destaca-se o esforço de DERHAM (1708-1709) em articular aspectos da circulação sinóptica, regional e local (ainda que não fossem estas as nomenclaturas utilizadas para as escalas espaciais), neste caso, a principal preocupação do autor encontra-se sobre a significativa diferença espacial na precipitação de neve, fato que, segundo o autor, não encontra paralelo com a pluviosidade. O segundo trabalho traz uma comparação entre os registros barométricos e pluviométricos registrados em Zurique e Upminster, ambos trabalhando com os mesmos instrumentos e procedimentos observacionais. O primeiro destaque deste artigo refere-se à descrição mensal de seqüências de tempo meteorológico, junto a algumas hipóteses explicativas, prática esta que se tornaria recorrente em muitos trabalhos ao longo do século XVIII. Em relação às hipóteses explicativas, embora freqüentemente consigam relacionar com êxito diferentes sistemas de vento e seus efeitos sobre o registro barométrico, as causas responsáveis por tais ventos eram desconhecidas. O segundo destaque seria pertinente ao termo *weather* o qual, desta vez, é caracterizado pela ocorrência de chuva e pela variação barométrica, mas não há menção a nebulosidade.

A respeito deste autor devemos citar também seu esforço em publicar observações coordenadas em diferentes países, geralmente sob sua própria supervisão, assim como a publicação dos valores médios para pressão e temperatura, associadas a uma incipiente descrição de seqüências de tempo para uma base mensal. Sobre esta última característica temos, em DERHAM (1733-

1734)⁸², um exemplo valioso desta prática que se tornaria comum em diversos autores ao longo do século XVIII:

“In December the winds were moderate, and often in the Southerly and S.W. points, seldom Northerly. The 5 first days were cloudy and wet; then snow and frost the 6th, 7th and 8th; then cloudy to the 13th, then hoar-frost, and fair on the 14th, 15th, and 16th; then cloudy, with thunder, rain, snow, and frost, at diverse times, in the rest of the month” (DERHAM, parte II, 1733-1734, pág. 109).

Conforme apontamos, tais descrições são mensais e sempre associadas a tabelas com os valores correspondentes às médias mensais de pressão atmosférica e temperatura, as quais passaram a ser utilizadas tanto para reduzir os gastos com a publicação de dados diários, quanto para buscar meios de identificar as linhas gerais do comportamento atmosférico, tornando-se cada vez mais comuns e associadas às principais características sazonais. A este respeito DERHAM (1733-1734) escreve que:

“These observations have, with so great judgment, diligence and care, been made, some twice, and some thrice every day, that I wish they could be published as they are; but by reason they are too numerous and bulky to be capable of that, therefore I have contracted them as well as I could, to make them useful to the Society; and that not without a great deal of trouble, by reason of the difficulty to give a tolerable brief account of so great a variety and number of observations, as are those of the winds, and their strength, the weather, the barometer, thermometer, etc. of so many places, and so many times every day in the year. The most useful of the Barometrical Observations I have represented in the following table; which shews, at an easy view, the highest, lowest and mean heights of the quicksilver in every month at the several places.” (DERHAM, parte III, 1733-1734, pág. 335).

Em relação à coordenação de observações meteorológicas destacamos que Derham logrou reunir dados de ao menos quatro países, Inglaterra, Itália, Alemanha e Suécia, abarcando cerca de quinze postos. A partir de tais dados, o foco das análises encontra-se na descrição do comportamento mensal e na utilização das médias para confirmar ou acompanhar o comportamento sazonal, sendo que estas duas escalas temporais passam a ser comparadas com os dados coletados anteriormente. Ou seja, a investigação do tempo atmosférico ganha novos contornos temporais, antes associada exclusivamente aos registros diários, buscam-se

⁸² Partes II, III, IV e V.

elementos para identificar seqüências de tempo em escala mensal e sazonal. Cabe ressaltar, mais uma vez, que nestes trabalhos não há referência à palavra “clima”. Abaixo, na Figura 5.1, apresentamos o modelo de tabela utilizado por Derham na maioria de seus artigos.

(263)

A TABLE of the like Observations in the Year 1716, as those in the preceding Table, except the Rain in *New-England* which Mr. *Robie* omitted.

HARVARD-COLLEGE.

UPMINSTER.

Month.	Wind.	Weather.	Barom.	Winds.	Clouds.	Rain. Lib. Cent.	Weather.
Jan.	NW ²	Cold and Clear.	29. 62 59 76	WbN ⁰ NbW ⁰		8. 61	Thaw w ^a Misting & Cloudy.
Febr.	NwbW ¹ N ⁰ E ⁰	Cold hard Frost.	30. 15 18 21	NNE ² ¹		1. 76	Black Clouds.
Mar.	E ⁰ N ⁰ NW ¹	Rain. Fairer.	29. 42	WbN ⁰		1. 93	Fair.
April.	SE ¹ NW ⁶	Cloudy. Fair.	85 85 80	EbS ¹ ESE	S. S.	5. 04	Fair and Pleasant.
May.	N ⁰ E ¹ S ²	Fair.	30. 00 29. 97	N ²		9. 52	Fair warm Day.
June.		Rain.	94 98 30. 01	NNW ¹ NbE ⁴	NNW	8. 24	Cloudy. Rain. Fairer.
July.	NW ¹ ⁰	Fair and Cool.	29. 91 92 90	NW ⁰ W ³	NbE	4. 47	Fair Pleasant Day.
Aug.			88 88 92	W-W ¹ NW ⁴	NW	2. 11	Cloudy. Fairer. Cloudy.
Sept.	SW ² ⁶ ⁴	Fair and some Clouds.				9. 87	
Octob.	W ¹ SW ² S ¹	Fair. Hoar- Frost.	51 52 50	WbS ⁰ ⁰		15. 75	Close Dark Day. Rain.
Nov.	W ¹ WNW ¹ ¹	Fair and Pleasant.				4. 41	
Dec.	N ¹ NE ²	Cold and Raw. Snow.	68 87 M m 2	NbW ²		7. 16	Frost and Fair.

R E.

Figura 5.1 – Tabela para apresentação de dados meteorológicos por William Derham (1731-1732).

Ainda em relação à William Derham, cabe ressaltar o papel de destaque que exerceu neste temário, uma vez que, por determinação da Royal Society, seria responsável pela centralização, organização e publicação de artigos e registros meteorológicos enviados de toda a Europa. Posteriormente, com o falecimento de Derham, esta tarefa seria creditada a George Hadley. Apesar da tendência apresentada, em relação ao predomínio de registros diários e mensais, ainda são publicados, com menor frequência, artigos pertinentes aos “meteoros episódicos”. Como no caso de BARHAM (1717-1719) e GRAHAM (1720-1721), que destacam, respectivamente, eventos luminosos no céu da Jamaica e valores excepcionalmente elevados no barômetro. Contudo, devemos evidenciar que tais autores, que ainda se prestam a realizar observações de acordo com a tradição da doutrina aristotélica a respeito da atmosfera, geralmente encontram-se afastados de Londres, o que talvez possa indicar certo atraso em relação às novas tendências predominantes.

Porém, em relação aos livros publicados acerca do temário meteorológico, todos os títulos aos quais tivemos acesso, ainda abordam muitos assuntos a partir das concepções aristotélicas. Ressaltamos que dentre estes autores, poucos possuíam alguma relação com a *Royal Society*, ou mesmo faziam referência aos trabalhos publicados nos periódicos da instituição. Isto nos deixa claro que em nenhum momento o estudo do tempo meteorológico tornou-se objeto de interesse exclusivamente científico, assim estas publicações, com feições características dos almanaques, embora nem sempre conquistassem o mesmo êxito que seus predecessores, mantiveram-se vivas. A este respeito destacamos as obras de POINTER (1723) e MILLS (1773). O primeiro se caracteriza por apresentar uma compilação de poesias clássicas e provérbios populares destinados a previsão do tempo, muitas vezes desconsiderando os recentes avanços e críticas concernentes a esta tradição popular. Apesar desta gradual transição da autoridade dos estudos sobre o tempo meteorológico, entre a previsão popular e a investigação científica, que se fortaleceria no século XIX, este assunto jamais deixará de receber atenção e pressão do público acerca de seus resultados.

POINTER (1723) reúne diversos princípios de previsão do tempo, que contemplam desde sinais obtidos a partir do comportamento de animais e plantas aos planetas e demais corpos celestes. Os aspectos que recebem maior atenção

são aqueles destinados a prever mudanças bruscas nos ventos, além das grandes tempestades e ocorrência de “estações pestilentas”. Ressalta-se que nestas obras existem poucas referências às noções de “clima” e “atmosfera”, sendo que os principais termos utilizados são *weather* e *season*. Dentre os sinais compilados pelo autor, aqueles pertinentes aos ventos e às nuvens apresentariam as explicações mais bem construídas, ainda que, na maioria dos casos, ocorra uma nítida inversão entre causa e efeito. POINTER (1723) ainda apresenta uma extensa coleção de citações em grego e latim, conferindo-lhes autoridade absoluta acerca do temário meteorológico, afinal, se a expressão “meteorologia” possui raiz grega, como seus pensadores clássicos poderiam estar enganados acerca das causas dos fenômenos estudados?

Por fim, existem algumas considerações realizadas por POINTER (1723) que merecem nossa atenção, a começar pela sua definição do *weather*. Segundo este autor, o objeto da meteorologia seria o ar, o qual, com suas variações de temperatura, seria considerado o *weather*, sendo este a maior e mais nobre preocupação da humanidade. Outras considerações relevantes referem-se ao papel conferido às recentes hipóteses acerca da evaporação e precipitação enquanto fatores condicionantes de alterações do tempo em uma escala local. Ainda que POINTER (1723) se concentre sobre as idéias aristotélicas, o autor não ignora as últimas proposições referentes a estes processos, mesmo que os apresente com grande desconfiança.

Finalmente, acerca do trabalho de MILLS (1773), pode-se dizer que se constitui em um manual agrícola, contendo inúmeros provérbios e orientações acerca das condições atmosféricas para a agricultura e, ao dispensar tanto as idéias aristotélicas quanto aquelas dos pensadores da Royal Society, acaba por se concentrar exclusivamente no conhecimento popular a respeito do tempo. O principal tema deste livro encontra-se em suas orientações acerca de como realizar a observação do céu, de modo a identificar os elementos decisivos para a agricultura. Tais orientações baseiam-se no conhecimento prático dos fazendeiros e pastores, e parece não ter perdido sua efetividade.

Outro nome importante deste período é o de George Hadley, o qual embora tenha conseguido destaque em sua época, nos parece que a maior valorização

acerca de seu trabalho tenha sido conquistada postumamente. Em seu primeiro e principal artigo, HADLEY (1735-1736), temos uma nova proposta teórica acerca dos processos controladores da atmosfera, sobretudo em relação ao papel dos ventos alísios. Assim, HADLEY (1735-1736) evidencia o fato de que as causas subjacentes aos ventos alísios e aos ventos persistentes das latitudes médias não haviam sido adequadamente exploradas, merecendo então a atenção da comunidade científica. A partir desta preocupação, o autor passa a estabelecer hipóteses acerca das possíveis conexões entre processos de latitudes diferentes, concentrando-se majoritariamente sobre os ventos alísios. A este respeito, HADLEY (1735-1736) afirma que:

“For this reason it seems necessary to shew how these phaenomena of the Trade-Winds may be caused, without the production of any real general motion of the air westwards. This will readily be done by taking in the consideration of the diurnal motion of the earth: for, let us suppose the air in every part to keep an equal pace with the Earth in its diurnal motion; in which case there will be no relative motion of the surface of the Earth and air, and consequently no wind; then by the action of the Sun on the parts about the Equator, and the rarefaction of the air proceeding therefrom, let the air be drawn down thither from the N. and S. parts. The parallels are each of them bigger than the other, as they approach to the Equator, and the Equator is bigger than the Tropicks, nearly in the proportion of 1000 to 917, and consequently their difference in circuit about 2083 miles, and the surface of the Earth at the Equator moves so much faster than the surface of the Earth with its air at the Tropicks. From which it follows, that the air, as it moves from the Tropicks towards the Equator, having a less velocity than the parts of the Earth it arrives at, will have a relative motion contrary to that of the diurnal motion of the Earth in those parts, which being combined with the motion towards the Equator, a N.E. wind will be produc'd on this side of the Equator, and a S.E. on the other.” (HADLEY, 1735-1736, pág. 60).

Com isso o autor estabelece o cerne de sua interpretação acerca dos ventos alísios. Contudo, o aspecto mais relevante das publicações de Hadley, em relação ao tema desta dissertação, pode ser encontrado em seus artigos menos comentados, nos quais, ao assumir o papel centralizador de Derham a respeito dos dados meteorológicos provenientes de diversos postos instalados pela Europa⁸³, estabelece uma compilação de informações oriundas de diversos diários. Ao contrário de Derham, Hadley não tem como principal preocupação publicar as

⁸³ Por pouco tempo, Hadley passa a receber informações provenientes dos registros realizados também na América, sendo a comunicação interrompida posteriormente.

tabelas com a grande quantidade de dados obtidos, mas sim de comentar as características dos diários e dados, ressaltando quais elementos cada observador registrava, quais instrumentos eram utilizados, e como a observação era feita. Algo que nos chamou atenção se refere ao registro de nuvens encontrado no diário de George Lynne, no qual as nuvens seriam diferenciadas, em três classes, por sua altura e, em casos que as alturas fossem muito semelhantes, a diferenciação das nuvens ocorreria pelo registro de sua velocidade e direção. Infelizmente não obtivemos acesso a este diário para realizarmos uma análise em primeira mão, tampouco encontramos suas tabelas publicadas nas compilações da Royal Society. Dessa forma, as considerações de Hadley contemplam diversas questões centrais para a observação meteorológica, principalmente aquelas pertinentes à qualidade e calibração dos instrumentos, e à rotina de observação. Chamamos atenção para uma de suas reflexões, apresentada em HADLEY (1737-1738), a qual, segundo o próprio autor, aborda um dos pontos críticos da investigação meteorológica:

“First, I observe upon the Barometrical Tables of these two years, that they confirm former remarks made by Dr. Derham and others, of the consent of the barometers in places at a good distance from each other. Not only the monthly mean heights agree in the three diaries of these two years here in Englande, but also the greatest ascent and descent of the mercury happen commonly on the same day, and the barometers have been found to agree in their motions to an hour, so far asunder as Townly in Lancashire, and Greenwich near London, which is near 160 miles, although that might be partly accidental. The barometer at Crane-Court and Southwick, distant about 55 miles, being compared, seem very seldom to vary from their mean difference above $1/10$ and $1/2$ each way; at Southwick and Kent something more. From whence it might be expected, that the weather should be much the same in all these places; which nevertheless seems not to agree with accounts in some years from different parts in this Island, not very far distant: and I myself have observed sometimes clouds to lie in one part of the horizon for a great part of a day, which have discharg’d a large quantity of rain in places not far off, while the place, where I have been, has all the while enjoy’d fair weather, and vice versa.” (HADLEY, 1737-1738, pág. 171).

Por fim, em relação aos poucos dados publicados por Hadley, destacamos os valores médios pertinentes à variação da pressão atmosférica, informação que passa a receber cada vez mais atenção ao longo do século. Ainda em relação a reflexões referentes à dimensão espacial do tempo meteorológico, temos o artigo de ORME e BEIGHTON (1737-1738). O trabalho dedica-se a analisar as imperfeições dos barômetros que eram mais utilizados, incluindo críticas ao uso do barômetro

como instrumento de previsão, sem o auxílio de outras informações. Para iniciar a análise deste artigo, utilizaremos uma citação do texto introdutório, capaz de evidenciar a real preocupação dos autores:

“As we know nothing more wanting than a Theory of the Weather on Mechanic Principles; there does not seem any thing in all Philosophy of more immediate Concern to us than the State of the Weather. In order to which, a complete History of the Weather is necessary, to deduce from thence such rules and observations as may in some measure form such a Theory: and it may be said, that could we in any tolerable degree foretell, but by some small Space of Time, the Change of the Weather, it would be of admirable use to us, in those affairs on which the chief part of our welfare and subsistence depends. It was from such considerations, that more than 20 years ago I began, and have continued, to keep a Diary of the Weather (the six last years of which I have here subjoin’d); but cannot think myself so well qualified as to form a just Theory upon them, though I am not without hopes they may have their uses, when they fall into more able hands. Yet I believe I may say, that from them, and the observations I made by a new improvement of the barometer, (for the number of years) I can generally foretell for a day, or perhaps two, the Change, or what Continuance the Weather will have.” (ORME e BIGHTON, 1737-1738, pág. 248-249).

A partir disso os autores apresentam inúmeras sugestões referentes à calibração e à construção de barômetros aperfeiçoados, incluindo um modelo próprio para um barômetro diagonal. Há também uma série de referências para auxiliar a previsão do tempo, evidenciando sempre as limitações das leituras fornecidas pelo barômetro, além de uma revisão detalhada das regras de previsão apresentadas anteriormente por Edmond Halley. Com a citação acima pretendemos também destacar a preocupação crescente com a construção de uma teoria coerente sobre o tempo meteorológico. Recorreremos a outra citação para ressaltar as considerações pertinentes à dimensão espacial dos fenômenos atmosféricos:

“Though you can foretel it will rain on the Morrow, it is impossible to tell where the rain will fall; for as every shower has Space, *i.e.* Length and Breadth, if it rains in that particular field, yet it may be fair in the next adjoining: and if in harvest, or on a Journey, you proclaim it will rain on the Morrow, some will, if it does not fall on their land, or on his coat, be so silly as to say the prediction was false. The Barometer does only shew the Pressure or Weight of the atmosphere, and inclination of the air, in and about the country where it stands, and not always in a particular spot; so that in foretelling of great rains, people are apt to say the indication is false, because they have not seen or heard of it; when perhaps in a day or two you will hear, that it did then fall three, four, or may be 10 miles off. For though the rain should be over us when the glass fell, yet the wind, which bloweth where it

lifteth, carries the clouds and rain with it. So it is very hard to distinguish on the mercury's falling, whether it will be rain or high winds, they equally causing the mercury to subside." (ORME e BIGHTON, 1737-1738, pág. 253).

Assim, destacamos a crescente preocupação referente à variação da abrangência espacial dos fenômenos associados ao *weather*, questão que, como sabemos, ainda possui facetas que não foram adequadamente compreendidos pela meteorologia contemporânea. Outro artigo que merece destaque é o de PICKERING (1744-1745), o qual, embora não se concentre sobre a dimensão espacial dos fenômenos atmosféricos, apresenta grande preocupação em estabelecer uma padronização para os diários do tempo, incluindo uma taxonomia própria para os diferentes *weather* observados, relacionando-os com índices de mortalidade e doenças supostamente associadas à atmosfera. Sobre a importância que este autor confere aos diários do tempo meteorológico, destacamos o seguinte trecho:

"The usefulness and importance of Meteorological Tables, or Diaries of the Weather, are too well known to this learned Society, to need mentioning with any other view, than as an excuse under which the author of the following observations would shelter himself, for presuming to engage in a subject, upon which so many, infinitely his superiors, have written: for, when both the Health and Trade of Mankind considerably depend upon the different States of the Atmosphere, the meanest endeavours to contribute to a Knowledge of it may not be without their use, and are, at least, excusable. A Sense of Importance of observing the Weather induced Hipocrates, in his remarks upon the epidemic diseases in Thasos, to premise a general History of the Weather preceding them; and with the same view did our great Mr. Boyle turn his thoughts so closely upon the same subject: whose example, being followed by several judicious inquirers into Nature, both abroad and at home, has brought the Natural History of the Air to a surprising Degree of Perfection, beyond what the Antients ever could pretend to, or even thought of. Had but each County in England Gentlemen of such Sentiments, who would charge themselves with the annual trouble of sending a regular account of the Weather to this learned body, by it to be compared and digested, to what degrees of Accuracy may we not suppose a Knowledge of the Nature and Affections of the Atmosphere may be brought; and how well may we not hope to be guarded against Disorders, which as Islanders, we are exposed to, by such a close inquiry into the Nature of that necessary Fluid in which we breathe! Not to mention the advantages which several important Branches of Trade may receive from such Measures: and were the digested observations of the Royal Society compared with those of foreign Societies, formed upon the same Plan, how short a Time would bring this Part of Philosophy to the greatest Degree of demonstrable Certainty!" (PICKERING, 1744-1745, pág. 1-2).

A partir destas considerações o autor segue com seu artigo, apontando as melhores técnicas de observação e de utilização e conservação dos instrumentos, inclusive sugerindo uma estrutura para as tabelas de dados meteorológicos que fosse mais fácil de ser compreendida “como um todo”. Apesar de que tal esforço possa parecer irrelevante, isto nos permite perceber como, a observação e o registro do tempo meteorológico, conquistam uma dimensão importante na vida urbana da sociedade inglesa, assim como passam a receber cada vez mais atenção das sociedades científicas. Ou seja, enquanto no século XVII, as reflexões teóricas e preocupações em relação a padronização dos instrumentos e registros ocupam, em geral, apenas as mentes virtuosas da *Royal Society*, no século XVIII esse quadro se altera substancialmente. Não apenas o registro meteorológico faz parte da rotina daqueles que desejam contribuir para o avanço deste ramo da filosofia natural, mas também as reflexões de ordem teórica ganham importância entre uma quantidade cada vez maior de observadores. A abordagem da atmosfera torna-se mais complexa, para a maioria dos observadores não basta apenas ler e copiar os valores indicados pelos instrumentos, é necessário compreendê-los e relacioná-los.

Além da crescente publicação dos diários meteorológicos, outra característica que merece destaque ao analisarmos os estudos do século XVIII, ao menos em língua inglesa, refere-se à atenção conferida para os processos de evaporação e formação de nuvens. Conforme citamos anteriormente, o século XVIII parece ser aquele no qual a filosofia natural haveria se distanciado substancialmente das concepções aristotélicas a respeito da investigação atmosférica. Com isso, observamos que há uma crescente aplicação qualitativa de conceitos construídos na Física e na Química na explicação de diversos fenômenos atmosféricos destacando-se a investigação acerca do papel do vapor d'água na atmosfera. Ou seja, foi necessário que ocorresse uma superação teórica, que os conceitos até então utilizados para estudar a atmosfera recebessem novos significados, para que tais estudos conseguissem progredir. Estas discussões surgiram a partir de questionamentos sobre a melhor forma de identificar o teor de umidade da atmosfera, assim como de questões pertinentes à formação das nuvens. Rapidamente diversos autores passaram a indicar que estudos sobre evaporação seriam mais eficientes do que aqueles concentrados apenas em avaliar os índices pluviométricos, caso se pretendesse realmente compreender o papel do vapor

d'água na atmosfera. Nesta linha de investigação temos os trabalhos de DESAGULIERS (1729-1730), BORLASE (1763), HAMILTON (1765), LUC (1791), FOTHERGILL (1777) e WHITE e FOTHERGILL (1778).

No artigo de DESAGULIERS (1729-1730) temos um estudo detalhado acerca do processo de evaporação e formação de nuvens, no qual o autor dispensa completamente a retórica aristotélica e passa a trabalhar apenas com os conceitos físico-químicos modernos. Acreditamos que as principais contribuições deste estudo refiram-se ao aperfeiçoamento da hipótese que supõe a necessidade de um núcleo higroscópico para a formação das gotas de chuva, além de realizar uma série de considerações acerca da possível diferenciação entre o peso e o volume de uma gota de chuva em relação a uma gota “normal” na atmosfera. O autor também analisa uma série de artigos, de cunho aristotélico, a respeito da formação das nuvens e ocorrência de chuva, indicando erros e incoerências teóricas nas explicações fornecidas.

No artigo de BORLASE (1763), que se mostra um trabalho de menor expressão, mas ainda assim importante, o destaque refere-se ao estudo da velocidade das nuvens e sua associação com diferentes tipos de tempo, mas, principalmente, para as especulações acerca do processo convectivo, o qual, neste caso, não recebia esta nomenclatura, mas era considerado apenas uma característica intrínseca ao processo de evaporação. Já o artigo de HAMILTON (1765), apresenta uma série de reflexões relevantes tanto sobre a evaporação, quanto sobre convecção e sobre a possibilidade de identificar os diferentes tempos meteorológicos a partir de seus processos, caso estes fossem compreendidos adequadamente. HAMILTON (1765) parte da noção de que a evaporação seria uma espécie de solução, um dos modos possíveis para a água se diluir na atmosfera e integrar seus processos, e, partindo desta perspectiva constrói sua argumentação, com uma precisão surpreendente, avaliando as características desta solução, recorrendo com frequência aos estudos de química. Este autor também se destaca pela revisão crítica acerca de outros autores que abordaram este tema, concentrando-se sobre as obras de Halley e Boyle⁸⁴. A respeito de sua suposição inicial, HAMILTON (1765) escreve que:

⁸⁴ Mencionadas no Capítulo 3 desta dissertação.

“As the author of nature does not employ in his works a greater variety of causes than is absolutely necessary; it is the business of natural philosophy to reduce as many phaenomena as may be to some general well known cause; and this is to be done by comparing the phaenomena together in their several circumstances, in which they are found to agree, they are then to be considered as effects of the same kind, and ascribed to the same causes, whose existence is already proved, will be rendered more general, and our knowledge more extensive. Now as the suspension of the particles of water in air, of salt in the waters of the ocean, and of other heavy bodies in the fluids that dissolve them, seem to be phaenomena of the same kind, we might reasonably suppose that they arise from the same cause; and that what we call evaporation is no more than a gradual solution of water in air. But that I may not propose this merely as an hypothesis, I shall endeavour to prove the truth of it, by considering the nature of solution in general, and comparing its properties and effects with those of evaporation. By solution we understand, *The uniting so intimately the particles of a body with those of a fluid, that the whole shall appear an homogeneous mass, as transparent as the fluid was before such union, and shall so continue till some external cause produces a change.*” (HAMILTON, 1765, pág. 148-149).

Após uma apresentação detalhada das características consideradas essenciais para o estudo da evaporação, inclusive com especulações a respeito da saturação⁸⁵ da atmosfera e seu papel sobre o processo em estudo, o autor busca relacionar a evaporação, a partir da perspectiva desenvolvida até então, a outros fenômenos atmosféricos:

“I shall now endeavour to account for several phaenomena of the atmosphere upon this principle, which will be still further confirmed, if it be found to answer the purpose to which it is applied. The lowest part of the air being pressed by the weight of the atmosphere against the surface of the water, and continually rubbing upon it by its motion, has thereby an opportunity of attracting and dissolving those particles with which it is in contact, and separating them from the rest of the water. And since the cause of solution, in this case, is the stronger attraction of the particles of water towards air, than towards each other, those that are already dissolved, and taken up, will be still further raised by the attraction of the dry air that lies over them, and thus will diffuse themselves, rising gradually higher and higher, and thereby leave the lowest air not so much saturated, but that it will still be able to dissolve, and take up fresh particles of water. And thus ice, or snow, will evaporate as well as water, its particles being attracted and dissolved by the air, which is strongly pressed against its surface, for though heat promotes both solution and evaporation, yet we do not find that in either case any sensible degree of it absolutely necessary.” (HAMILTON, 1765, pág. 160).

⁸⁵ Embora a discussão acerca da saturação já existisse, poucos progressos foram alcançados em relação a este tema, ao menos a partir da bibliografia consultada.

Um dos aspectos mais importantes deste trabalho parece ser o de unir causas termodinâmicas às mecânicas, além das contribuições oriundas da química, características que o autor mantém ao apresentar sua explicação acerca da formação das nuvens:

“Now, though vapours are first raised, and abound most in the lower parts of the atmosphere, yet they cannot there form themselves into clouds, because the heat that helped to dissolve them help also to keep them dissolved. But when they are carried by the winds into the higher parts, where the same heat is wanting, the cold air will not be able to keep dissolved all that are carried up, but must suffer some of them to coalesce into small particles, which slightly attracting each other, and being intermixed with air, will form clouds, having the very same appearance with steam, or smoak, which also consists of small particles of water, mixed with air, and not yet dissolved in it. These clouds, when first formed, will remain suspended, though they consist of water as well as air, because the weight of their particles will not be able to overcome the resistance they must meet with in descending through the air. For when bodies are diminished, their quantities of matter, to which their weights are proportional, decrease faster, or in a greater ratio, than their surfaces, to which the resistance they meet with is proportional; and, therefore in very small particles, this resistance may become greater than their weight. The different heights at which clouds are formed, depend on the quantity of vapours carried up, and the degrees of heat in the upper parts of the atmosphere; for the vapours will always ascend, till they meet with air so cold, or so thin, that it is not able to keep dissolved all that comes up; hence clouds are generally higher in summer than in winter. When clouds are much increased by a continued addition of vapours, and their particles are driven close together by the force of the winds, they will run into drops heavy enough to fall down in rain; sometimes the clouds are frozen before their particles are gathered into drops, and then small pieces of them, being condensed and made heavier by the cold, fall down in thin flakes of snow, which appear to be fragments of a frozen cloud. But if the particles be formed into drops before they are frozen, they fall down in hail-stones.” (HAMILTON, 1765, pág. 162-163).

Dessa forma HAMILTON (1765) prossegue discorrendo acerca de diversos tipos de precipitação, incluindo uma descrição bastante adequada sobre o efeito da orografia e demais características locais sobre a circulação “na parte mais baixa da atmosfera”. O próximo trecho que destacaremos refere-se à relação entre evaporação e alterações no tempo meteorológico:

“Thus I have shewn how the ascent of aqueous vapours, and their Constant circulation, by precipitating again in moisture or drops of rain, will arise from the dissolving power of the air, influenced by the vicissitude of heat and cold, rarefaction and condensation. For we find, by experience, that the heat and cold, which we feel, does not

either so much rarefy, or so much condense the air, and the latter lessen the evaporation of fluids. Nor, indeed, does the state of the atmosphere in general, as to rarity and density, depend upon the heat or cold we experience here below. These causes, therefore, according as they take place, in different degrees, will occasion those various states of the atmosphere, in respect to dryness or moisture, which we experience in the several changes of the weather.” (HAMILTON, 1765, pág. 169-170).

A importância deste trecho encontra-se no fato de que se trata de uma das primeiras explicações sobre as mudanças do tempo que não se baseia predominantemente na circulação dos ventos, ou em associações com a oscilação barométrica, a qual geralmente não era corretamente explicada. Por fim, HAMILTON (1765) ainda tece considerações interessantes a respeito da formação e ascensão de “bolhas de vapor”, algo semelhante ao que atualmente denominamos como “parcela de ar”:

“These observations and experiments seem to discover to us fully the nature of those bubbles that ascend through boiling water. And from hence I think we may learn the reason why any fluid, in an open vessel, will acquire only a certain degree of heat when it boils, and will not grow hotter afterwards!; and why different fluids will acquire different degrees of heat in boiling? The parts of the fluid nearest the bottom grow hot at first, and being then expanded and made lighter, they ascend and change place with the colder and heavier parts (which occasions that intestine motion we perceive in liquors while they are growing hot); and thus the heat of the whole will increase, until those particles, that are in contact with the bottom of the vessel, acquire such a degree of heat as will give them a repelling force able to overcome the weight of the atmosphere, the weight of the incumbent fluid, and the tenacity of its particles; and then they will be suddenly expanded into bubbles of steam, and ascend quickly to the top, without communicating it to the fluid in their ascent, they would all disappear before they got to the surface; or if the whole fluid was to grow as hot as the bubbles, it would, like them, be all turned into elastic steam; and, therefore, the fluid itself cannot grow hotter than when bubbles began to ascend.” (HAMILTON, 1765, pág. 179).

Temos também o trabalho de FOTHERGILL (1777), sobre a evaporação anual de Liverpool, no qual gostaríamos de ressaltar a utilização de valores médios para temperatura, precipitação e evaporação com base nas estações, e não mais nos meses. O autor também escreve, assim como HAMILTON (1765), acerca dos processos de transferência de umidade e de formação de nuvens, mas numa perspectiva antes revisionista do que propositiva. Um ponto que nos chama atenção é o trabalho que FOTHERGILL (1777) realiza a partir de séries estatísticas que compilam quinze anos de dados, que se constituem em um inovador e importante

recurso para a investigação dos traços gerais referentes ao comportamento “típico” dos parâmetros estudados. Contudo, o autor mostra-se bastante crítico em relação a estas séries, sempre buscando contrapontos com as observações realizadas diariamente.

A respeito dos artigos de LUC (1791) e WHITE e FOTHERGILL (1778), ressaltamos o aspecto eminentemente experimental conduzido por tais autores. O primeiro dedica-se a investigar as condições que seriam responsáveis pelos extremos no teor de umidade da atmosfera, descrevendo cada passo dos experimentos realizados e os resultados obtidos, contribuindo para esclarecer as causas e o papel da saturação. Já o segundo artigo, concentra-se sobre a análise das diferentes propriedades que seriam mantidas depois que determinados líquidos passassem pelo processo de evaporação. Por exemplo, na primeira parte do artigo os autores investigam a possibilidade de que o vapor proveniente de águas insalubres pudesse carregar esta característica para o ar. Este estudo contribui para consolidar o tema acerca da relação entre os fenômenos atmosféricos e a saúde, a qual, embora nunca tenha deixado de existir, não se mostrava muito expressiva, passando a ganhar importância.

Ainda nesta linha sobre a influência da atmosfera em relação à saúde, devemos destacar alguns estudos interessantes, como os artigos de STEDMAN (1751-1752), BROOKE e BAKER (1759-1760) e HEBERDEN (1796). O trabalho de STEDMAN (1751-1752) pode ser facilmente considerado como algo simplista e irrelevante, inclusive pelo próprio autor, ao evidenciar que seu intento seria apenas o de registrar e tabular os valores de temperatura em um acampamento militar. Porém, a postura de STEDMAN (1751-1752) mostra-se muito valiosa, uma vez que, ao observar a constante reclamação de oficiais e soldados devido ao calor, passou a instalar termômetros dentro e fora das tendas, tanto dos oficiais quanto dos soldados. Entre as principais conclusões obtidas a partir da comparação dos registros, o autor destacou a ausência de ventilação no interior das tendas, assim como uma temperatura média cerca de 30°F superior no interior das tendas em relação às medições feitas ao ar livre. STEDMAN (1751-1752) também atenta para o fato de que a amplitude térmica no interior das tendas é muito superior àquela observada ao ar livre. A importância deste artigo reside em sua abordagem incipiente em relação à temática do conforto térmico, embora o assunto não fosse

abordado com esta nomenclatura. Infelizmente, STEDMAN (1751-1752) não apresenta maiores considerações quanto ao instrumental utilizado ou sobre os detalhes da localização dos termômetros, o que impossibilita uma análise mais cuidadosa acerca dos valores e resultados obtidos.

Em BROOKE e BAKER (1759-1760) temos uma descrição mensal para o tempo meteorológico, associado aos valores mínimos e máximos da pressão atmosférica, contemplando de meados de 1754 até o fim de 1757. Junto a estas descrições há uma série de considerações acerca de epidemias e demais ocorrências médicas registradas. Não parece haver nenhuma hipótese relacionando os registros médicos aos meteorológicos, mas sim uma expectativa por parte dos autores de que a compilação e comparação destas informações poderiam revelar algum padrão do comportamento atmosférico que fosse mais benéfico ou prejudicial para a saúde humana. Porém, as ocorrências médicas são tão diversificadas, que os autores julgaram inadequado estabelecer qualquer tipo de conclusão a partir das informações reunidas.

Finalmente, em HEBERDEN (1796), temos uma espécie de estudo de caso, no qual o autor compara os registros médicos em função de dois invernos, sucessivos, de 1795 e 1796. O primeiro seria caracterizado por temperaturas extremamente baixas, enquanto o segundo teria apresentado temperaturas mais amenas, e a partir desta diferenciação o autor enxerga uma possibilidade de recorrer aos dados, para investigar os efeitos do frio, em diferentes intensidades. As principais conclusões referem-se ao fato de que os idosos e crianças seriam mais afetados por doenças associadas ao frio extremo, além dos desabrigados. Enquanto no inverno de temperaturas amenas, a quantidade de ocorrências médicas associadas ao frio teria se mostrado praticamente irrelevante, o que teria surpreendido o próprio autor.

Retomando as coleções de dados diários e médias mensais não podemos deixar de comentar alguns trabalhos com características marcantes, desde novas reflexões de ordem teórica e conceitual ao emprego de uma taxonomia específica para o tempo meteorológico, além disso, temos também a coleção de boletins anuais da *Royal Society*, da *Societas Palatina*, e do Memorial Literário de Madrid. A princípio destacamos as publicações de MIDDLETON (1731-1732), T. HEBERDEN e

W. HEBERDEN (1753-1754) e MIDDLETON e ROBINS (1733-1734), os quais, por se tratarem de observações destinadas à navegação ou às questões logísticas referentes a regiões coloniais, apresentam um detalhamento consideravelmente maior a respeito da descrição do tempo. Apresentam também compilações de dados, geralmente contemplando cinco anos de observações, a fim de que fossem estabelecidos valores de referência para o exercício de determinadas atividades, tanto agrícolas quanto comerciais.

Com o breve artigo de HORSLEY (1775), temos uma postura crítica que procura associar as mudanças do tempo meteorológico com aquelas referentes às fases da Lua, porém, o que mais nos chamou atenção foi a utilização de uma simbologia própria para especificar as diferentes ocorrências do tempo (Figura 5.2). A isto podemos relacionar, novamente, o processo de abstração conceitual envolvido para que a criação de tal simbologia fosse possível.

T A B L E VIII.

For Trial of the MOON's Influence.									
	Last Qr.	New.	First Qr.	Full.					
	D. H.	D. H.	D. H.	D. H.					
Jan.	5 6	11 21	19 3	27 7	6 7	9 10	14 18	23 25	26 30
Feb.	3 15	10 9	18 0	25 23	4 7	8 10	13 15	17 20	
Mar.	4 22	11 22	19 20	27 11	10				
Apr.	3 5	10 12	18 15	25 22	4 8	28 29			
May	2 12	10 3	18 7	25 5	5 7	23			
				Last Qr. 31 20					
June	8 18	16 19	23 12	30 7	6 17	18 20	22 28	30	
July	8 9	16 5	22 19	29 20	5 15	20 22	27 31		
Aug.	7 0	14 12	21 3	28 12	4 6	11 15	17 26		
Sept.	5 14	12 17	19 13	27 7	1 5	7 11	13 14	17 20	22
Oct.	5 3	12 0	19 2	27 3	3 23	24 29			
Nov.	3 15	10 7	17 18	25 23	2 6	7 18	21 26		
Dec.	3 2	9 17	17 12	25 17	2 5	11 14	15		

— frost
 + thaw
 ○ fair
 ~ rainy
 = stormy
 * snow

Figura 5.2 – Tabela apresentada por Horsley (1775), com sua simbologia.

A abordagem de HORSLEY (1775) justifica-se pelo seu interesse em investigar e desmistificar as explicações de ordem astrometeorológica, além de pretender estabelecer um novo modo de trabalhar com os dados meteorológicos. Para isso, ao invés de simplesmente tabular as centenas de dados obtidos, os observadores deveriam produzir estatísticas, as quais seriam muito mais úteis, segundo a opinião de HORSLEY (1775). A este respeito o autor declara que:

“Although the practice of keeping meteorological journals is, of late years, become very general, no information of any importance hath yet been derived from it. The reason of which perhaps may be, that after great pains and attention bestowed in registering particulars, as they occur, with a scrupulous minuteness, observers have not taken the trouble to form, at proper intervals of time, compendious-abstracts of their records, exhibiting the general result of their observations in each distinct branch of meteorology. The following tables are given as an example of the method that may be taken in future to remedy this neglect. With the general state of the barometer and thermometer, already given at the end of the meteorological journal, they form a history of the weather at London during the last year. If the example were to be followed, in different parts of the kingdom, we might in time be furnished with an experimental history of the weather of our island.” (HORSLEY, 1775, pág. 167).

O texto segue ressaltando a importância de produzir estatísticas de caráter “aplicado”, como por exemplo, a quantidade de dias por mês com ventos de este ou oeste, ou então a ocorrência de dias com chuva ou baixos valores barométricos, incluindo também considerações acerca dos procedimentos observacionais (como realizar medições noturnas, por exemplo). Após estas considerações o autor dedica-se a explorar a questão da astrometeorologia, reforçando sua crítica inicial e utilizando referências clássicas, como o trabalho de Plínio (com trechos destacados no idioma original) para construir sua argumentação. Sobre este assunto, o autor explica a importância da tabela apresentada na FIGURA 5.2:

“This tables exhibits a comparison of the actual changes of the weather from fair to foul, with the aspects of the Moon; and needs no other explanation than an interpretation of the characters in the last column. Any one of these marks placed over a number signifies, that the weather indicated by that mark continued from the day of the month denoted by the number underneath to the day denoted by the next following number, bearing some other mark over it. Thus, in the month of July, rainy weather set in on the fifth, and lasted to the fifteenth; from the 15th to the 20th it was fine; when it changed again, and continued rainy till the 22d; then it was fine to the 27th, and rainy again till the 31st. Such tables of comparison, made yearly for a succession of years, would in the end decide with certainty for or against the popular persuasion of the Moon’s influence upon the

changes of our weather; which hath some how or other gained credit even among the learned, without that strict empiric examination, which a notion in itself so improbable, so destitute of all foundation in physical theory, so little supported by any plausible analogy, ought to undergo.” (HORSLEY, 1775, pág. 178).

Ainda a respeito da crença popular na influência dos astros sobre a atmosfera, HORSLEY (1775) escreve que:

“The vulgar soon began to consider those things as causes, which had been proposed to them only as signs. The manifest effect of the Moon upon the Ocean, while the mechanical cause of it was totally unknown, was interpreted as an argument of her influence over all terrestrial things; and these notions were so consistent with that visionary philosophy, which assigned distinct places to corruption, change, and passivity, on the one side, and the active governing powers of nature on the other, and made the orb of the Moon the boundary between the two, that they who should have been its opponents, ranged themselves on the side of popular prejudice. And the uncertain conclusions of an ill-conducted analogy, and a false metaphysic, were mixed with the few simple precepts derived from observation, which probably made the whole of the science of prognostication in its earliest and purest state.” (HORSLEY, 1775, pág. 182).

“The truth is, the earliest astronomers imagined, that the weather was governed by the Sun; and that its varieties were every where owing to the different degrees of the Sun’s heat in the different seasons. They had therefore taken great pains to collect, by a long series of observations, the weather that usually prevailed in this or that particular place during the Sun’s passage through every degree of every sign. Upon these observations, not upon any whimsical theory of celestial influences, the predictions in the calendars were founded. It seemed reasonable to announce, as the weather of each part of the year, what had been found to be then most frequent.” (HORSLEY, 1775, pág. 184).

Prosseguindo com sua análise acerca da concomitância das mudanças na fase da Lua e do tempo, o autor conclui que:

“But in the preceding table, there are many alterations marked as changes, when it appears, that the weather returned to what it had been before the time of change, within the space of 24 hours after it. Now if we reject all these on both sides of the question (which I think is the fair way of reckoning, for sudden alterations, of so short a duration, are rather to be called irregularities than changes of weather), we shall find but 46 changes in all, from one settled state to another, of which only 20 fell on the days of syzygies, quadrature, or Pliny’s days, which is still more than the just proportion.” (HORSLEY, 1775, pág. 190).

Encontramos outra simbologia taxonômica própria no trabalho de SIMON e BAKER (1753-1754), como podemos conferir na Figura 5.3. Segundo a proposta destes autores teríamos dezoito categorias nas quais os fenômenos associados ao tempo atmosférico poderiam ser diferenciados: *Sunshine* (circunferência), *Fair* (Fr), *Cold* (Cd), *Frost* (Ft), *Cloudy* (Cy), *Warm* (Wm), *Hot* (Ht), *Windy* (Wy), *Stormy* (St), *Tempestuous* (Tt), *Snow* (Sw), *Hail* (G), *Thunder* (Th), *Lightning* (Lg), *Rain* (Rn), *Fog* (Fg), *Thaw* (Thg) e *Damp* (D). Outro aspecto que confere destaque a este trabalho encontra-se no registro das alterações do tempo meteorológico ao longo do dia, enquanto que na imensa maioria dos outros registros, esta observação era realizada apenas uma vez ao dia.

November.										December.										
D ^r	Morning.			Noon.			Night.			Wind.	D ^r	Morning.			Noon.			Night.		
1	29	17	Cy Rn	29	15	Rn	29	19	Fr	WSW	1	30	8	Fr	30	10	Fr	30	10	Fr
2	30		○ Rn	30	2	Rn ○	30	5	Fr Cd Ft	NW	2	30	10	Fr Fg.	30	10	Fr Fg	30	10	Fr
3	30	7	○ Cd	30	6	○	30	4	Fg Fr Cd	W	3	30	7½	Fg Cd	30	6½	Fg Cd	30	6	Fg
4	29	18	Cy Wy St	29	16	Cy Wy Rn	29	14	Rn Wy	WSW	4	30	6	Fg Cd	30	6	Fr Cd	30	7	Fg
5	29	13	Rn	29	12	Rn	29	17	Rn Fr	WSW	5	30	6	Fr Cd	30	5	Fr Cd	30	6	Fg
6	29	19	Fg ○	29	19	○ Cy	29	16	Cy Wy	Var.	6	30	1	Fr Cy	30	1	Fg Rn	30	1	Fr
7	29	13	Cy Wy ○	29	10	Cy	29	7	Wy	WSW	7	30	½	Fr Cy	30	1	Fr Cy	30	1	Fr
8	29	1	Cy Wy Rn	28	12½	St Rn	28	15	Cy Wy	SSE	8	30	1½	Fr ○	30		○ Cy	29	19	Fr
9	28	18	Cy ○ Rn	28	19	Rn Sw	29	2	Wy Rn Cd	W	9	29	16	Cy	29	13	Cy	29	12	Cy
10	28	15	Sw Rn Cd	29	1	Rn St Cd	29	9	Rn Ft	Var.	10	29	8	Cy Fr	29	5	Cy ○	29		Rn
11	29	14	Ft ○ Cd	29	17	○ Cd Cy	29	18	Cy Rn Cd	WSW	11	29		Cy ○	28	18	○ Cy	29	1	Fr
12	29	16	Fr ○	29	18	○	29	16	Fr	WSW	12	28	15	Tt Cy Rn	28	6	Tt Rn	28	19	Rn
13	29	17	Fr ○	29	18	○	29	16	Rn Wm	SSW	13	29	3½	Fr ○	29	5	Cy	29	3	Rn
14	30	1	Cy ○	30	3	○	30	3	Fr Fg Wm	W	14	29		Rn St	29	1	Rn St G	29	5	Wj
15	30	2	Fr ○	30	3	Fr	30	2½	Fr Wm	WSW	15	29	7	Fr Cd	29	5	○ Cy	29	6	Fr
16	30	3	Fr	30	3	Fr	30	2½	Fr Wm	WNW	16	29	12	Ft ○	29	14	Fr Cd	29	14	Fr
17	30	2	Fr ○	30	2	Fr	30	2½	Fr Wm	Var.	17	29	9	Rn	29	9	Rn ○	29	10	Fr
18	30	3	Fr ○	30	2	Cy	30	1	Cy	E	18	29	2½	St Rn Cy	29	3	Wy Cy	29	2	Rn
19	29	18½	Cy Fg ○	29	17	○ Cy Cd	29	16	Fg Cd	WNW	19	29	7	Fr ○ Cd	29	6	○ Cd	29	5	St
20	29	17	Cy ○	29	18	○ Fr Cd	29	17	Fg Cd	WNW	20	29	2½	Cy Rn	29	1½	Rn Sw G	29	2	St
21	29	18	Fr ○	29	16	Fr Wy	29	14	Wy Cd	SW	21	29		Ft Fr ○	29	2	Cy Rn	29	6	Ft
22	29	6	Rn Tt	29	2	Rn Wy	29	3	Wy Cd	WSW	22	29	9	Fr ○ Ft	29	10	Fr Cd	29	11	Fg
23	29	7	Fr ○ Cd	29	8	○ Cd Rn	29	5	Wy Rn Cd	WSW	23	29	4	Wy ○ St	29	1	Cy Rn	29	1	Rn
24	29	7½	Rn Wy	29	7	Rn Cy	29	7	Rn Wy	WSW	24	29	3	Cy Wy Rn	29	2½	Rn	29	2½	Rn
25	29	12	Fr ○ Cd	29	16½	○ Cd	29	19½	Fr Cd	W	25	29	10	Fr ○	29	13½	○	29	16	Fr
26	30	5	Fr ○	30	5½	○	30	5	Fr Cd	W	26	29	5	Cy Rn	29	3½	Rn Cy	29	2½	Cy
27	30	5	Fg ○	30	5	○ Fr	30	4	Fr Rn Cd	W	27	29	15	Fr ○ Ft	29	17	○	30		Fr
28	30	4	Fr Cy	30	3½	Rn Cy	30	4	Rn	E	28	30	1	Ft ○	30	1	○ Ft	30	1½	Fr
29	30	6	Fr Cy	30	5½	Fr Cy	30	5½	Fr Cy	E	29	30	2	Cy Ft	30	2	Cy	30	2	Fg
30	30	6	Fr Cy	30	6	Fr Cy	30	6	Fr Wy Cd	E	30	30		Ft ○	30	0	○	30	1	Fg
											31	30	1½	Ft Fg	30	2	Ft Fg	30	5	Ft

Explanation. — Sunshine ○ | Fair Fr | Cold Cd | Frost Ft | Cloudy Cy | Warm Wm | Hot Ht | Windy Wy | Storm

The height of the Mercury generally taken at 6 o'clock in the morning

Place this on Page 121.

Figura 5.3 – Tabela com os registros realizados por SIMON e BAKER (1753-1754).

Com os trabalhos de MILLES (1770) e BORLASE e MILLES (1770), temos uma nova forma de apresentação dos dados, na qual a descrição do tempo passa a

ter maior importância, inclusive na diagramação da tabela em questão, conforme se observa na Figura 5.4. Através desta proposta vê-se claramente uma descrição de diferentes estágios do tempo atmosférico ao longo de um determinado mês, uma estrutura descritiva que não se mostra tão diferente de muitas daquelas utilizadas ao longo do século XX, baseadas na classificação a partir de procedimentos não-automáticos.

Month.	Barometer.	State of the Weather and Wind.	Fahrenheit's Thermom.	Ombr.
May	Higheft 2 30,36 Loweft 27 29,23	Calm and fair to the 11th, ditto 15, 16, 21, 23, 24, 25, 29, 30; rest windy with rain. Wind 19 days from the North, 15 from the East, South and West equal.	Higheft 4 67 Loweft 12 46 } $53\frac{1}{3}\frac{1}{2}$	Inches. 4,010
June	Higheft 19 30,10 Loweft 16 29,47	Rainy, windy and showery; 8 days only calm mixed with fair, and sunshine. Wind 15 days North, 19 days West, rest nearly equal.	Higheft 30 64½ Loweft 3 49 } $55\frac{3}{4}\frac{1}{2}$	4,100
July	Higheft 25 30,13 Loweft 16 29,58	Half this month we had calms, partly with fair weather, and partly with fogs and mists, rest variable, without extremes; 24 days the wind blew from the West, mixed with other winds nearly equally.	Higheft 5 72 Loweft 19 55 } $60\frac{1}{3}\frac{1}{4}$	1,320
August	Higheft 17 30,3 Loweft 30 29,28	Twelve days we had calms; some fair, some cloudy, some showery, rest windy, rain and showers. Wind blew 26 days from the West, 18 from the South, rest more North than East.	Higheft 3 67 Loweft 23 51 } $58\frac{1}{4}$	3,550
September	Higheft 30 30,22 Loweft 12 29,20	Seventeen calm days, rest a mixture of all. Wind 26 days from the West; as to the rest, the North prevailing.	Higheft 6 65 Loweft 30 50 } $56\frac{6}{10}\frac{1}{2}$	3,700
October	Higheft 13 30,20 Loweft 31 29,1	Half this month fair and calm; rest fogs, windy and rains. Wind 26 days from the East, 16 days from the North, South and West nearly equal.	Higheft 1 59 Loweft 6 42 } $50\frac{7}{10}\frac{1}{4}$	2,250
November	Higheft 27 30,40 Loweft 8 29,12	Stormy, rainy, few mists or calms, frost only one morning, the 19th; a storm on the 4th; a violent storm on Friday the 24th, the extreme between ten and twelve P. M. Wind mostly West (viz. 18 out of 30), rest mixed.	Higheft 3 57 Loweft 19 36 } $47\frac{2}{3}\frac{3}{4}$	6,350

December.

Figura 5.4 – Tabela de MILLES e BORLASE (1770), com sua descrição do tempo.

Com isso a expressão “*state of the weather*”, ao longo do século XVIII pode ser compreendido tanto como uma síntese descritiva (sucessão do tempo ou da configuração do céu) ou como um estágio idealmente definido e identificável a partir de elementos pré-determinados, caso dos registros que apresentam uma clara opção taxonômica, limitando-se a expressar a variabilidade das condições atmosféricas a partir de um número específico de categorias.

Finalmente, a respeito dos boletins anuais da *Royal Society*, iniciados em 1775 (com dados referentes a 1774) e mantido até o fim do século XVIII, têm-se

também uma taxonomia pré-estabelecida, uma vez que o *weather* encontra-se definido diariamente com apenas uma expressão, a saber: *frost, fair, fine, fog, rain, clear, snow, cloudy, windy e thaw*, totalizando então dez categorias de tempo. Contudo, não há uma definição prévia a respeito destas classes, de forma que parece haver um consenso acerca de seu significado e utilização, ao menos no contexto dos membros da *Royal Society*. Sem dúvida a principal experiência neste sentido encontra-se nas publicações da *Societas Palatina*⁸⁶, as quais, infelizmente, foram redigidas em latim, o que dificulta a análise minuciosa deste material. Ainda assim, os boletins anuais, contendo dados das diversas estações pertencentes à sociedade nos trazem um exemplo bastante sofisticado do processo de abstração da compreensão do tempo meteorológico, incluindo uma simbologia que aborda os principais fenômenos atmosféricos, e, pela primeira, as nuvens recebem maior atenção neste processo. Com estas publicações, paralelamente à crescente abstração, que visa traduzir um aspecto da realidade em conceito⁸⁷, temos transformação de algo distante, inclusive de conteúdo místico, em uma faceta palpável do pensamento científico moderno. A respeito da simbologia e da sua utilização pela *Societas Palatina*, temos as Figuras 5.5 e 5.6.

Infelizmente, dentre a bibliografia consultada, não foi encontrada nenhuma referência primária, ou seja, fonte da própria época, a respeito do impacto dos trabalhos organizados e publicados pela *Societas Palatina*. Por fim, um aspecto fundamental a ser destacado encontra-se no fato de que, nos registros desta sociedade há uma distinção entre fenômenos da categoria “meteora” e “faces do céu”. Finalmente, o último trabalho do século XVIII a ser comentado é o Memorial Literário de Madrid (1784), publicação anual da Corte Real, contendo tabelas de registros meteorológicos diários, e agrupados em uma base mensal. Através da tabela apresentada na Figura 5.7, pode-se perceber uma clara distinção entre o amadurecimento da observação e do registro realizado na Inglaterra e em outras partes da Europa, por meio da *Societas Palatina*, e aquele realizado pela Espanha. Neste último caso, tem-se a impressão de que a perspectiva da comunidade

⁸⁶ A respeito desta sociedade meteorológica, como sua abrangência, duração e atividades, ver capítulo 2 desta dissertação.

⁸⁷ Nem sempre associado a uma teoria coerente, mas comumente associado a uma vasta gama de hipóteses investigativas.

espanhola encontra-se muito mais associada à tradição aristotélica e astrometeorológica (incluindo observações sobre a Lua na coluna destinada ao tempo meteorológico), do que aos avanços teóricos do século XVIII. Contudo, a série de publicações do Memorial Literário a que obtivemos acesso contempla apenas quatro anos, e ainda que o padrão de registro tenha se mantido, a comparação com a literatura inglesa torna-se bastante difícil dada a abrangência do universo amostral das publicações disponíveis em cada idioma.

SOCIETATIS METEOROLOG. PALATINAE.

II

☉ significat coelum ex omni parte serenum, quo tamen in statu si pallidior solis stellarumve lux fuerit, huic signo crux adjungitur (☉+);

= = coelum totum nubibus tectum,

☁ nubes majori coeli parti indultas, sive continuas sint, sive disjunctas & quasi pertusae,

= coelum nubes inter & caeruleum colorem ex aequo divisum,

☁ nubes rariores, quae minorem coeli partem occupant,

☁ nubes rarissimas, hinc inde dispersas.

Nubium color, forma & moles initialibus nominum literis exprimuntur. Sic litera

a significat albus,

l. luteus,

cin. cinereus,

n niger,

fasc. fasciae (nubes in longas efformatae fascias, quarum directio indica-

r ruber,

tur),

sp. spissus,

t tenuis,

rup. rupiformis (rupi similis).

Qui speciales de forma & coloribus nubium observationes instituerit, is opus perutile & magni momenti faciet.

X. Etiam extra consuetas observandi horas notantur omnia meteora & phaenomena memoratu digna, cujusmodi sunt pluvia, nix, grando, pruina, nebula, tempestates fulmineae, procellae, aurorae boreales, lux horizontalis, irides, terrae motus, fracturae nubium, columnae aquae, halones, parelii, paraselenae, globi ignei &c. His ea signis distinguuntur:

☉ indicat pluviam,

☁ iridem,

☁ nivem,

☉ halonem lunae,

☁ grandinem,

☉ halonem solis,

☁ pruina, quae si nebulam constringit, eam-

☉ -- ☉ parelium,

que ramis arborum, crinibus &c. affigit,

☉ -- ☉ paraselenen,

signo huic litera n additur;

☁ tempestatem, sive fulgur & tonitru conjun-

☁ nebulam,

☁ta sint, sive alterutrum tantum habeat locum;

AB auroram borealem,

cetera suis quaeque nominibus scribuntur. Sicuti horum meteororum eminens quidam gradus convenerit, id appposito asterisco (*) designatur. Sic ☉* pluviam largissimam, ☁* tempestatem violentam & atrocem significat, & ita porro; & tunc non modo tempus initii sed & finis meteori annotatur. Apparente meteoro insigni & rarioke, v. gr. aurora boreali, vehemente procella &c., etiam altitudo barometri, thermometri & hygrometri, una cum directione venti & declinatione acus magneticae, observatur.

B

XL

Figura 5.5 – Explicação da legenda utilizada nas tabelas da Sociedade (1781).

Dies.	Hora.	Barom.	Th. juxta barom. fuf- penf	Th. libero aeri ex- pol.	Hygr.	Declin.	Ventus.	Pluvia.	Evap.	Luna.	Coeli fac.	Meteora.
8	7	27, 6, 4	3, 4	-1, 2	21, 1		N W				==	++
	2	5, 8	2, 8	-1, 4	20, 9		N W				==	++
	11	5, 6	1, 2	-1, 8	21, 0		N W			☾	==	++
9	7	27, 5, 5	2, 7	-2, 3	20, 7		N				==	
	2	5, 7	3, 1	-1, 3	21, 4		N	112			==	
	10	5, 9	2, 3	-2, 4	21, 9		N			☾	==	
10	7	27, 5, 9	3, 3	-4, 5	21, 0		S				==	
	2	6, 0	4, 0	-3, 4	20, 8		N W				==	
	10	6, 5	3, 2	-3, 8	21, 0		N W			☾	==	
11	7	27, 6, 3	3, 8	-4, 8	19, 8		S W 1				==	++
	2	5, 7	0, 9	-2, 0	22, 1		S	22			==	++
	10	5, 7	1, 0	-5, 0	21, 2		S W			☾	==	++
12	7	27, 6, 3	2, 0	-6, 3	22, 0		N O				==	++
	2	6, 6	1, 8	-4, 3	22, 0		N	24		☾	==	++
	10	6, 8	0, 3	-7, 3	21, 0		N			☾	==	++
13	7	27, 6, 4	0, 9	-8, 0	20, 9		S O 1				==	
	2	5, 8	1, 0	-5, 5	23, 0		S W 1			☾	==	
	10	6, 1	0, 3	-4, 8	21, 2		S W			☾	==	
14	7	27, 6, 7	1, 3	-4, 8	21, 0		S W				==	
	2	7, 2	1, 5	-3, 6	25, 0		S W			☾	==	++
	10	7, 4	1, 1	-4, 5	21, 5		S W			☾	==	++
15	7	27, 6, 7	1, 0	-7, 0	20, 0		N				==	++
	2	8, 3	2, 8	-9, 0	22, 4		N 1	74		☾	==	++
	11	9, 9	0, 0	-11, 3	22, 0		N			☾	==	++
16	7	27, 10, 6	0, 3	-11, 8	21, 0		N				==	
	11.1/2	10, 5	-2, 5	-9, 0	19, 5		S			☾	==	
	10	10, 5	-3, 3	-11, 1	20, 0		S O			☾	==	
17	7	27, 10, 6	-1, 3	-10, 0	20, 8		S O				==	
	2	10, 6	-2, 2	-5, 8	23, 0		S W W			☾	==	++
	10	11, 0	-1, 0	-5, 5	20, 1					☾	==	++
18	7	27, 10, 7	-0, 5	-4, 8	19, 8		S W 2				==	
	2	9, 7	0, 8	-1, 5	21, 0		N O 2			☾	==	
	10	9, 5	0, 0	-2, 0	20, 0		N W			☾	==	
19	7	27, 9, 5	0, 8	-2, 2	19, 5		W				==	
	2	9, 7	1, 0	1, 0	23, 1		N W			☾	==	
	11	10, 6	1, 0	-1, 2	21, 7		N W			☾	==	
20	7	27, 11, 3	1, 2	-1, 3	20, 8		N W				==	
	2	11, 6	3, 0	0, 0	22, 0		S W 1			☾ 11.2	==	
	10	11, 1	1, 0	-2, 0	21, 0		S W			☾	==	
21	7	27, 10, 2	1, 9	-3, 8	21, 0		S				==	
	2	9, 1	3, 6	-0, 0	25, 3		W 1			☾	==	
	10	8, 6	2, 4	-2, 0	24, 1		S O			☾	==	
22	7	27, 7, 6	3, 0	-3, 0	21, 8		S O				==	
	2	6, 4	4, 6	0, 0	26, 2		S O			☾	==	
	10	6, 1	4, 0	1, 8	25, 0		S O			☾	==	
23	7	27, 6, 1	3, 8	2, 3	23, 2		S O				==	
	2	5, 8	5, 5	4, 2	24, 0		S			☾	==	
	10	5, 8	5, 0	3, 1	26, 3		S 2			☾	==	
24	2	27, 6, 6	5, 4	3, 7	26, 9		S 1				==	
	7	7, 6	6, 0	7, 2	29, 6		S W			☾	==	
	11	9, 0	6, 0	4, 4	27, 1		S W			☾	==	
25	7	27, 9, 5	6, 0	2, 8	25, 2		S O 1				==	
	2	9, 0		6, 0	33, 0		S 2			☾	==	
	10.1/2	10, 4	5, 9	4, 4	26, 0		S 2			☾	==	
26	7	27, 11, 0	6, 1	4, 5	24, 4		S 2				==	
	2	9, 9	7, 0	6, 7	28, 0		S W 3			☾	==	
	10	10, 1	7, 0	6, 6	25, 3		S W 1			☾	==	

Figura 5.6 – Tabela de dados meteorológicos da *Societas Palatina* (1782).

DIARIO METEOROLOGICO <i>de este mes.</i>				
Días.	Vientos.	Barome- tro.	Thermo- metro.	Tiempos.
1.	S S O.	27.6.	14.	Nublado.
	O.	Aguas ó vientos.		A medio dia gra- nizo menudo.
2.	N O.	27.7.	13.	Lluvioso.
3.		27.9. variable.		Nubes, viento; por la tarde raso.
4.	N.		10.	Sol, frio.
5.	N E.			Sol.
				☾ Luna llena á las 7 y 1 minu- to de la ma- ñana en Escor- pion.
6.	E.		15. templado.	Nubes.
7.			14.	Lluvia.
8.		27.10.	17.	Nublado; por la noche relámpa- gos.
9.		27.9.	16.	Lluvia; por la noche relámpa- gos.

Figura 5.7 – Tabela do registro meteorológico da Corte Real (1784).

6. O estudo do tempo atmosférico no Século XIX⁸⁸

“In endeavoring to interpret the weather, we are in the position of a man who hears, at intervals, a few fragments of a long history, related in a prosy, unmethodical manner; a host of circumstances omitted or forgotten, and the want of connection between the parts prevents the hearer from obtaining possession of the entire story.” (WILLIAM HERSCHEL, *apud* BLASIUS, 1887, pág. 183).

Um dos primeiros aspectos a ser levado em consideração quando pensamos nos estudos atmosféricos do século XIX refere-se à elaboração das cartas sinópticas, causando impactos significativos ao estudo da atmosfera, semelhante àquele ocasionado pelo barômetro. Nesse contexto não é de se espantar que a escala de investigação atmosférica torne-se, por excelência, a escala sinóptica. Com isso, os relatos tradicionais, e ainda relevantes, provenientes de camponeses, marinheiros e etc., tornam-se cada vez menos valorizados, implicando em uma diminuição significativa de suas publicações, fato este que pode ser claramente identificado através do periódico *Philosophical Transactions*⁸⁹, o qual ainda se mostra como a principal fonte de material para a realização deste capítulo.

As cartas sinópticas⁹⁰ exerceram tamanho interesse que acabaram por determinar a criação de um dos principais ramos das ciências atmosféricas, a Meteorologia Sinóptica. Assim como ocorreu anteriormente na história da Meteorologia, o surgimento de novos recursos técnicos e instrumentais ao longo do

⁸⁸ Deve-se ressaltar que este capítulo não se propõe a apresentar o excepcional contexto científico do século XIX, mas limita-se a analisar apenas as contribuições que julgamos essencialmente pertinentes ao tema desta dissertação. Certos aspectos tecnológicos, como o surgimento do telégrafo, ou sociais, a respeito da percepção pública sobre a meteorologia, já foram abordados no terceiro capítulo desta dissertação.

⁸⁹ Apesar de termos encontrado numerosas indicações a outras referências que poderiam ser relevantes para o tema desta dissertação, na maioria das vezes não foi possível ter acesso a este material, restringindo significativamente as fontes utilizadas.

⁹⁰ Segundo CARMICHAEL (1957), um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento das cartas sinópticas foi Joseph Henry, à época em que foi Secretário do Instituto Smithsonian. Em 1848, Henry teria delineado e apresentado um plano para utilizar a rede de telégrafos elétricos para transmitir informações meteorológicas de todo o país, incluindo os observadores voluntários. O sucesso de sua proposta teria levado a elaboração e apresentação das primeiras cartas sinópticas, em 1858.

século XIX delimitou fortemente o campo de atuação da Meteorologia. Além disso, tais meios técnicos também proporcionaram o desenvolvimento de novas concepções teóricas no que se refere à circulação da atmosfera, uma vez que o pesquisador, através das cartas sinópticas, tinha seu campo de visão significativamente ampliado. Era possível, pela primeira vez, identificar (ou melhor, atribuir) uma forma a uma série de fenômenos. Estes, por sua vez, passaram a ser rastreados, o que implicou na sugestão de sua gênese e desenvolvimento, conferindo um novo nível de complexidade a uma série de ocorrências e registros, os quais em muitos casos, eram tomados enquanto eventos aleatórios e desconexos.

A respeito destas cartas, não nos parece exagero colocá-las como um dos elementos centrais da iconosfera científica oitocentista, o que nos auxilia a considerar a predileção epistemológica da visão como uma característica marcante da investigação atmosférica, implicando, em certos casos no fato da existência do fenômeno, e sua valorização social, estarem associados à sua representação visual.

Ainda neste cenário, cabe ressaltar a institucionalização da Meteorologia e da Climatologia no ambiente acadêmico, o que ocasionou uma alteração substancial na forma como eram publicadas as principais idéias concernentes ao temário atmosférico. A partir disso muitas das principais ideias relacionadas à atmosfera passam a ser publicadas em livros e manuais voltados para o meio acadêmico, denunciando o amadurecimento desta área do conhecimento, a qual passaria a incluir, de modo gradual e crescente, seu próprio vocabulário. Neste sentido há, mais forte do que nunca, a busca pela cientificidade, ilustrada pela tentativa de se construir uma teoria completa a respeito da atmosfera e seus processos, ainda que fosse quase exclusivamente sinóptica.

Se no século XVIII tivemos grandes pensadores, que renovaram e criaram conceitos para o estudo da atmosfera, consolidando a superação do pensamento aristotélico, o século XIX pode ser tomado como a época das academias e dos grandes experimentos laboratoriais. Definitivamente o papel da quantificação e da experimentação, em relação à atmosfera, atinge um novo nível de complexidade e relevância social ao longo do século XIX, de modo que todos os grandes autores da área desenvolveram atividades laboratoriais, envolvendo pesquisas físico-químicas

a respeito do comportamento dos gases constituintes da atmosfera. Com isso torna-se cada vez mais comum a prática de expressar os processos atmosféricos por meio de equações e funções, distanciando-se rapidamente das concepções e observações realizadas pelos populares, por serem consideradas demasiadamente subjetivas. Neste quadro a expressão “*weather types*”⁹¹ perde a sua relevância, abrindo caminho para os processos sinópticos, e passando praticamente despercebida por uma parcela significativa dos autores.

Não raramente, quando refletimos a respeito do estudo da atmosfera ao longo do século XIX acabamos por nos referir a alguns grandes nomes⁹² que se destacaram como os fundadores modernos da climatologia e da meteorologia, como Hann e Köppen⁹³. Contudo, tais obras não se constituem em uma ruptura, mas em

⁹¹ Neste momento, com o surgimento das cartas sinópticas e consolidação da Meteorologia como uma atividade científica de caráter intrinsecamente internacional, temos, em função disso, um processo de padronização dos procedimentos de observação e registro dos parâmetros atmosféricos. Tal esforço culminaria em uma espécie de homogeneização do trabalho do observador, uma vez que os fenômenos passam a ser identificados por um conjunto de regras definidas em comum acordo entre as principais academias científicas e os serviços de previsão do tempo. Este movimento nos parece fundamental para explicar a crescente perda de relevância (ao menos entre as fontes analisadas) das particularidades atmosféricas registradas localmente, algo que por muito tempo constituiu o cerne de grande parte dos trabalhos direcionados ao estudo da atmosfera. Talvez possamos associar este processo à dificuldade em adequar o estudo dos tipos de tempo à um procedimento quantitativo. Segundo Naylor (2006): “The early years of the nineteenth century were witness to frenetic attempts to standardize information about both the natural and social worlds – the so-called Second Scientific Revolution. In Britain alone a number of acts and inspectorates were established through the 1820s, 1830s, and 1840s, that required the quantification and standardization of data, for instance the Weights and Measures Act of 1824, the Statistical Department of the Board of Trade (1832), the Factory Inspectorate (1833), the Registrar-General (1837), the Observatory of the British Association of the Advancement of Science at Kew (1842) and the Excise Laboratory (1842). [...] The qualifications required of the meteorologist also shifted from the place-based experience and authority of the provincial cleric-naturalist to the expertise-based metropolitan specialist, who gave little regard to local information.” (NAYLOR, pág.411-412, 2006).

⁹² A este respeito devemos justificar a ausência de uma análise sobre os trabalhos de Humboldt. Certamente Humboldt situa-se entre os autores de primeira grandeza a tratar sobre o clima, contudo, o tema nos pareceu ser abordado de forma diluída em seus textos, além de não apresentar nenhuma preocupação específica ao estudo dos tipos de tempo. Dessa forma, seria necessário uma análise bastante minuciosa sobre a obra de Humboldt para que fosse possível caracterizar de forma adequada suas reflexões acerca da atmosfera e do clima. Diante da impossibilidade de esmiúçar tais trabalho, preferimos deixá-lo fora desta dissertação à incorrerem a comentários apressados e descontextualizados.

⁹³ Ressaltamos que o destaque dado aos trabalhos de Hann, Köppen e Dove, sobretudo a respeito da noção de “clima” empregada por estes autores, não nos afasta da proposta original desta dissertação. Isto se deve ao fato de que, no século XX, a noção de tipos de tempo passa a ser constantemente relacionada ao conceito de “clima”. Destacamos ainda que os conceitos de “clima” desenvolvidos

um movimento de continuidade a respeito do que vinha sendo produzido nestas áreas, especialmente no caso de Hann, com seu livro *"Handbook of Climatology"*⁹⁴, tido muitas vezes como o marco da climatologia moderna, constitui-se, em verdade, em uma grande compilação das principais idéias e hipóteses a respeito da estrutura e dinâmica da atmosfera.

A mais conhecida obra de HANN (1903) no Brasil, aqui muito destacada por meio das críticas a ela direcionadas, sobretudo pelo seu suposto caráter quantitativo e "separatista"⁹⁵, adquire relevância no contexto internacional por ser um dos primeiros trabalhos direcionado a cursos universitários. Com isso, o livro *"Handbook of Climatology"* apresenta uma seleção de conteúdo, hoje tradicional, que se tornou marcante em fins do século XIX, pois atuava, conforme referência anterior, como uma compilação do estado da arte da climatologia, tornando-se obra obrigatória para diversos cursos universitários interessados pelos processos atmosféricos.

Tendo em mente o contexto das investigações atmosféricas em finais do século XIX, não nos parece surpreendente que HANN (1903) tenha adotado uma abordagem predominantemente descritiva, ancorada em informações estatísticas. Em primeiro lugar, trata-se de um momento no qual a Meteorologia, e a Climatologia, ainda almejam seu estatuto científico, pois, apesar da institucionalização destas áreas do saber, ainda não havia nenhuma concepção teórica que fosse capaz de reunir e explicar coerentemente todas as informações obtidas a respeito dos processos atmosféricos.

Aliás, tratava-se de um momento em que havia um número relativamente elevado de propostas teóricas sendo apresentadas e derrubadas com relativa rapidez. Dessa forma a descrição não nos parece corresponder a um suposto empobrecimento dos processos atmosféricos, mas a uma escolha consciente, de buscar apresentar somente aquilo que já fosse considerado consolidado. Afinal,

durante o século XIX exerceram grande influência sobre as ciências atmosféricas nas primeiras décadas do século XX.

⁹⁴ Nesta dissertação trabalhou-se com a tradução de Robert C. Ward, publicada em 1903, referente ao primeiro volume da obra. A edição original foi publicada em 1883.

⁹⁵ Cabe ressaltar que esta concepção entre a oposição da climatologia separatista ou estática e a climatologia dinâmica, muito difundida no Brasil, não encontra eco em grande parte dos trabalhos analisados.

HANN (1903) não pretendia propor nenhuma nova forma de interpretar os fenômenos atmosféricos, mas sim reunir o que havia sido considerado relevante pela comunidade de intelectuais envolvidos com tais estudos.

Deste ponto de vista, as descrições são essenciais, tanto pelas informações que fornecem para o desenvolvimento dos modelos explicativos, quanto pelo seu valor histórico, pois muitas delas remontam ao período das grandes navegações, e outras são ainda anteriores. Assim, a longevidade destas descrições era tomada enquanto garantia de seu aspecto fidedigno em relação à realidade.

Em segundo lugar, retomando a questão a respeito da cientificidade do conhecimento meteorológico, a utilização da estatística baseada nos registros obtidos pelas estações meteorológicas, correspondia à necessidade de superar o nível especulativo. Os números não eram tomados apenas enquanto simplificações da dinâmica natural⁹⁶, mas sim como comprovações das explicações fornecidas. Ressalta-se ainda o fato de que a quantidade de estações que contavam com uma série de dados realmente longa era bastante reduzida, de forma que era imperativo demonstrar a utilidade destes registros e seus possíveis benefícios, frente ao investimento necessário. Sem dúvida é com este espírito que a Meteorologia e a Climatologia adentraram o século XX, sendo que a primeira, em geral, manteve-se arraigada a estes princípios, incorrendo, em certos casos, a extremismos que posteriormente se mostraram prejudiciais à investigação científica. A Climatologia, por sua vez, apresenta uma diversidade de abordagens significativa, oscilando entre as perspectivas quantitativas e qualitativas, mas em geral apresentando um interesse comum pela investigação das escalas de maior detalhe.

Feitas estas ressalvas, apresentaremos algumas características sobre esta obra, destacando posteriormente, seus elementos mais relevantes para o tema desta dissertação⁹⁷. A primeira característica que nos chama atenção refere-se à divisão estabelecida pelo autor quanto ao conteúdo a ser apresentado. A primeira

⁹⁶ Como se costuma afirmar em grande parte das críticas à quantificação.

⁹⁷ Grande parte dos comentários realizados a respeito da obra de Hann (1903) não está diretamente associada à temática dos tipos de tempo. Mas dada a escassez, entre os trabalhos de climatologia produzidos no Brasil, de uma análise, por mínima que seja da obra deste autor, estamos plenamente convencidos de que a apresentação de algumas ideias principais será de grande utilidade para aqueles interessados por esta temática.

parte, referente aos fatores climáticos abordaria a polêmica definição sobre o conceito de clima, além de considerações sobre temperatura, umidade, composição química da atmosfera, as relações entre vento, pressão e evaporação e observações fenológicas. A segunda parte, contém três seções, a primeira destinada ao exame do “clima solar ou matemático”⁹⁸, e a segunda ao “clima físico”⁹⁹, a qual contemplaria uma avaliação acerca da influência dos continentes e oceanos sobre a temperatura, ventos, umidade, nebulosidade e precipitação, além de conter uma série de capítulos dedicados exclusivamente aos processos associados à ocorrência de montanhas. Finalmente, a terceira seção seria responsável por apresentar informações pertinentes às possíveis mudanças do clima ao longo dos séculos.

Com isso, podemos apreender ao longo da primeira parte da obra de HANN (1903) um processo de caracterização geral da atmosfera, destacando algumas explicações básicas acerca da ocorrência de determinados fenômenos. Ou seja, trata-se de uma abordagem focada em uma generalização, o que não significa que seja simplista. Um dos principais aspectos a nos chamar atenção refere-se à considerações que refletem o pensamento do senso comum, ou simplesmente o peso da tradição e que, em diversas ocasiões, continuam perpetuando-se até os dias atuais¹⁰⁰. Por exemplo, a ideia de que a temperatura seria o principal elemento climático:

“Temperature is certainly the most important climatic element. Temperature, when used in climatology, means the total effect of the warmth of the air, and also of radiation... We shall, for the moment, disregard the heat of radiation, and consider first the temperature of a place is simply the measure of the air temperature. From a meteorological point of view¹⁰¹, the temperature of a place is simply the measures of the air temperature.” (HANN, 1903, pág. 6)

⁹⁸ HANN, “Solar or Mathematical Climate”, pág. IX, 1903.

⁹⁹ HANN, “Physical Climate”, pág. IX, 1903.

¹⁰⁰ Inclusive entre os autores da “climatologia geográfica brasileira”, supostamente críticos em relação à abordagem proposta por Hann (1903).

¹⁰¹ Outra característica que merece uma ressalva refere-se ao fato de que praticamente todas as considerações do autor são realizadas “sob o ponto de vista meteorológico”, ainda que se trate de um manual de climatologia. Afinal, seria possível pensar a partir de um ponto de vista climatológico no século XIX?

A este respeito, cabe lembrar que, conforme demonstrado nos capítulos anteriores desta dissertação, somente com o surgimento do barômetro e da compreensão do real significado da pressão atmosférica, pôde-se avançar em relação à investigação dos fenômenos atmosféricos. Outro exemplo pode ser encontrado na questão do vapor d'água presente na atmosfera o qual, somente após superar a tradição aristotélica, permite um avanço significativo na explicação dos processos associados à precipitação. Diante disso, a temperatura seria de fato o elemento climático mais importante, ou seria apenas o mais registrado? Ou talvez o mais sensível em relação ao corpo humano?

Outra característica comum à meteorologia produzida durante o século XIX (mas não apenas a este período), e que ampliou seu eco a partir do sucesso da obra de HANN (1903) encontra-se no uso das médias:

"It seems to the author of the greatest importance to call attention to the fact that mean temperatures of stations scattered over a considerable area, *when reduced to the same period of time*, agree so well as to leave no doubt whatever that they accurately represent the air temperature of that district." (HANN, 1903, pág. 6)

A partir disso HANN (1903) inicia uma extensa discussão a respeito da importância das médias, suas variações, e como calculá-las e interpretá-las adequadamente, demonstrando um senso crítico em relação à estatística muitas vezes ausente em diversos dos autores que criticaram seu trabalho, os quais, muitas vezes atacam ferozmente a obra de HANN (1903) pelo suposto exagero em relação às médias. Tais críticas apenas fazem sentido se estiverem baseadas em uma leitura superficial, ou sem o devido cuidado em contextualizar o trabalho analisado. Um exemplo da preocupação de HANN (1903) em relação às médias pode ser encontrado no seguinte trecho:

"These figures are given in order that sufficient emphasis may be laid on the fact that monthly means, even when based on long series of observations, are untrustworthy in regions where these same means may vary greatly from year to year. In the climate of Batavia, as contrasted with the cases just cited, only five years of observations are needed to give accurate monthly means. It may be assumed that the mean temperature based on 20 years of observations in central and eastern Europe are accurate within about 0.4° to 0.6° for the winter, and within about 0.2° to 0.3° for the summer months. These examples must suffice to give the reader some idea as to the accuracy of mean temperatures, and may enable him to judge for himself how unnecessary and how confusing it is when temperature

readings are given in climatological tables to hundredths of a degree.”
(HANN, 1903, pág. 10)

Ou seja, não se trata apenas de obter as médias e aplicá-las de modo ingênuo, mas de avaliar seu significado em cada caso a ser analisado. Outra característica relevante, mostra-se através do interesse sobre as variações da temperatura sobre uma área urbana e seu entorno, implicando em uma escala e tema de análise que, até aquele momento, raramente haviam despertado a atenção dos pesquisadores:

“If the air temperatures as recorded by thermometers properly exposed within cities, are compared with the temperature readings obtained simultaneously in the open country near by, it will be noticed that there are differences of greater or less amount between the two sets of observations. As a general rule, it is found that the mean annual temperature of the air in places where there are many buildings is from 0.5° to 0.1° too high. The differences are greatest in the morning and evening, and least at noon. The diurnal range of temperature is smaller in cities, especially in summer.” (HANN, 1903, pág. 29)

Com isso encerramos as observações que julgamos mais relevantes a respeito da temperatura, pois revelam não apenas seu conteúdo, mas sugestões de ordem metodológica, as quais, como já dissemos, marcaram profundamente a atuação da Meteorologia e da Climatologia no século XX. Em relação às considerações de HANN (1903) a respeito da precipitação, destacamos apenas uma característica, que se refere à grande importância conferida aos volumes máximos e mínimos de precipitação. Pela primeira vez no livro HANN (1903) demonstra grande interesse pelo dado bruto e não pela média, e em sua argumentação, expõe que, no caso da precipitação, os valores máximos e mínimos não podem ser escondidos pela média, uma vez que podem representar eventos significativos, tanto em termos meteorológicos quanto sociais, como alagamentos ou enchentes. Obviamente o autor não descarta a necessidade e utilidade das médias mensais, mas para este parâmetro, não as julga suficientes para a caracterização climática de uma determinada localidade.

Em seguida temos as considerações de HANN (1903) a respeito dos ventos e da pressão atmosférica, nos parece revelador a relação que este autor estabelece entre os ventos e o clima, conforme a seguinte citação:

“Thus the winds are seen to obliterate climatic barriers, and to keep neighbouring climates in a constant state of interchanging conditions. There are but few districts which may be said to have their own climates. Among these are included those that are shut off from their surroundings on all sides by high mountains, like eastern Turkestan and eastern Siberia in winter. In almost all cases, changes of weather are produced by a continuous displacement of climatic boundaries by the winds. Especially this is true of those districts which lies between two well-marked controlling climatic types, and of middle latitudes, as has been pointed out. In the torrid zone, and in the interior of the polar regions, the winds lose this marked control over the weather, as is shown by the meteorological wind roses, which make it clear that the differences between the average values of the meteorological elements associated with different wind directions are very small and unimportant.” (HANN, 1903, pág. 70).

A partir deste trecho percebemos alguns elementos importantes a respeito da concepção de clima deste autor. Em primeiro lugar o autor, em nenhum momento da obra, define a abrangência espacial do que ele denomina por “*district*”, fato que pode demonstrar certa imprecisão sobre a noção de clima. Em segundo lugar, a definição de que as mudanças do tempo meteorológico são produzidas devido ao contínuo deslocamento dos limites climáticos pelos ventos, nos demonstra que HANN (1903) considera o clima como algo que possui sim, uma dinâmica específica, ao invés de ser algo estático. Por fim, considerando o deslocamento dos limites climáticos pelo vento, nos parece que o autor considera o clima uma propriedade da atmosfera, e não uma abstração proveniente da interpretação de um determinado sujeito a partir de uma coleção de dados estatísticos. Ainda sobre esta questão faz-se necessário ressaltar que o autor considera o clima e seus limites como algo pertinente à atmosfera, não envolvendo as áreas continentais, ao contrário do que vimos no segundo capítulo desta dissertação, e do que veremos, nas próximas páginas, com a concepção de KÖPPEN (1948). Estas breves considerações, desenvolvidas com base em um único parágrafo nos revelam como as ideias de HANN (1903) a respeito do clima e da atmosfera são complexas e, portanto, jamais poderiam ser reduzidas a uma única frase¹⁰², a qual vem sendo repetida inúmeras vezes entre os autores brasileiros, não raramente, descontextualizada.

Já em relação à pressão atmosférica, destaca-se o papel secundário que o autor confere a esta propriedade enquanto constituinte do clima:

¹⁰² A saber: “By climate we mean the sum total of the meteorological phenomena that characterise the average condition of the atmosphere at any one place on the earth’s surface” (HANN, 1903, pág. 1).

“Atmospheric pressure and its variations are of secondary importance as climatic factors; a condition of things which is in strong contrast with the important part which these elements play in meteorology. When the climate of individual stations are to be described, observations of pressure can be completely discarded. [...] An approximate knowledge of the pressure is all that is necessary in the various relations thus far considered. When, however, we study the interrelations of different climatic districts as controlled by the winds, an accurate knowledge of the pressure becomes necessary.” (HANN, 1903, pág. 70-71).

Conforme a citação acima, o autor considera a pressão atmosférica como um elemento secundário e mesmo descartável para a caracterização climática, ao que já discordamos anteriormente. Contudo, ao associar esta citação com a anterior, temos uma situação que nos parece contraditória, pois a variação da pressão atmosférica é fundamental para determinar os movimentos do ar, ou seja, os ventos. E, sendo estes ventos responsáveis pelo deslocamento contínuo dos limites climáticos, nos parece que a pressão atmosférica não deveria, portanto, ocupar um papel secundário em relação à análise climática.

Em relação à composição química da atmosfera, HANN (1903) inicia sua descrição apresentando uma série de trabalhos, os quais já eram considerados clássicos, dedicados a identificar e mensurar os elementos químicos presentes na atmosfera. Baseado nestes artigos o autor passa a apresentar as características relevantes dos principais elementos, oxigênio e nitrogênio, fazendo breves menções sobre os demais componentes. Porém, julgamos pertinente ressaltar algumas observações realizadas por HANN (1903) em relação ao comportamento do ozônio:

“The climatic importance of ozone is a somewhat debatable question, but it cannot be doubted that the presence of ozone in air shows that this air has active oxidising properties, whether this fact is to be ascribed to the more active form of oxygen which is called ozone, or to the presence of peroxide of hydrogen. [...] The ordinary measurements of the amount of ozone in the air, by means of the so-called ozonimeter, do not permit of any rigid comparisons or general conclusions. The average amount of ozone in 100 cubic meters of air is 1.4mg. according to measurements made at Montsouris (Paris). The amount of ozone may be doubled after thunderstorms, as was shown by Schönbein, who found 2.6mg. under these conditions. Analyses of air from Chamonix and from the Grands Mulets on August 23 and 24, and Sept. 4, 1896, showed, according to de Thierry, an increase of the ozone content with increasing altitude. The amount of ozone in the air at the Grands Mulets was found to be about four times as large as that in the air of Paris.” (HANN, 1903, pág. 80).

Da leitura deste excerto apreendemos claramente as dúvidas então existentes tanto em relação ao papel do ozônio para o clima, quanto a respeito de sua variabilidade. Destacamos este fato, pois, um dos primeiros “escândalos” atmosféricos foi aquele envolvendo o C.F.C. e a suposta camada de ozônio. A qual, de acordo com a citação, já apresentava¹⁰³ uma oscilação considerável, levando o próprio HANN (1903) a considerar qualquer tipo de comparação ou conclusão como um procedimento inadequado frente ao comportamento deste elemento. Com isso queremos também demonstrar que a importância de estudos de teor histórico, em climatologia, não se resume ao aspecto teórico-conceitual. Com isto encerramos as considerações a respeito da primeira parte do “*Handbook of Climatology*”.

A segunda parte, embora seja maior, constrói-se como uma série de situações que exemplificam as colocações apresentadas na primeira parte. A respeito da primeira seção, sobre o clima solar ou matemático, temos uma extensa explicação acerca dos elementos determinantes para a variabilidade da insolação sobre a superfície terrestre. E em suas demonstrações, HANN (1903) recorre frequentemente aos cálculos matemáticos, os quais, por sua vez podem explicar todos os processos referentes à insolação, ao menos segundo a concepção do autor. Em relação à segunda seção, correspondente ao clima físico, o autor o considera como uma extensão do clima solar:

“Solar climate, as modified by the surface features of the earth, is usually called *physical*, or *natural climate*. These surface features react upon the atmosphere, and thus interfere with the uniform arrangement of the climatic zones, and with the simple demarcation by parallels of latitude which would exist in a purely solar climate. The chief causes of this interference with the regular solar climatic zones are (a) the irregular distribution of land and water upon the earth’s surface, (b) the aerial and oceanic currents, which are thereby compelled to follow certain definite paths, and (c) the difference in altitude of the land above sea-level. These factors determine the two chief classes of climates found on the earth, viz., I., Continental and marine climates; and II., Mountain climates.” (HANN, 1903, pág. 128).

Com isso o autor apresenta a importância que confere aos elementos físicos do clima, muitos deles atualmente incorporados a algo que se convencionou chamar os “elementos geográficos do clima”. Além disso, temos também a indicação sobre o

¹⁰³ Embora o conceito “camada de ozônio” não apareça no texto de Hann (1903), não nos parece exagero afirmar que seu receio a respeito do ozônio refira-se à atmosfera toda, e não apenas aos locais mensurados.

“sistema” climático elaborado por HANN (1903), o qual seria baseado na interação das diferentes características da superfície terrestre com a insolação e dividido entre clima de montanha e clima continental e marítimo. A partir daí HANN (1903) nos proporciona um verdadeiro desfile de referências, apresentando estudos de caso realizados por observadores individuais, observações oficiais conduzidas pelas estações reconhecidas internacionalmente, e passa a trabalhar contrapondo todos os autores e ideias apresentados de forma a ensinar o leitor a identificar o que deveria ser aceito como conhecimento científico e o que não passava de especulação. Neste ponto a estatística assume seu caráter mais importante nesta obra, pois, como dissemos anteriormente, não se trata de uma compilação numérica, mas de evidências científicas.

Com essa lógica HANN (1903) visita praticamente todos os fenômenos e regiões que haviam sido objeto de alguma investigação meteorológica fundamentada no registro numérico, exibindo uma grande variedade de tabelas e informações estatísticas. Outro fator que nos chama atenção é a pouca utilização que o autor faz das cartas sinópticas, apenas meia dúzia delas são apresentadas, e são tratadas antes como elementos ilustrativos do que como estratégias de investigação.

Feitas as considerações gerais acerca da obra de HANN (1903), discorreremos agora sobre as questões que interessam diretamente ao tema desta dissertação, as quais se encontram logo na introdução da referida obra. HANN (1903) dedica esta parte de sua obra a apresentar concepções que seriam fundamentais para o posterior desenvolvimento das ciências atmosféricas, aqui já diferenciadas, institucionalmente e conceitualmente, entre Meteorologia e Climatologia. A este respeito, o autor estabelece que o objetivo¹⁰⁴ da Climatologia seria o de nos tornar familiar com as condições médias da atmosfera em diferentes locais da superfície terrestre. Dessa forma, as médias estatísticas seriam não apenas uma condição para a cientificidade deste conhecimento¹⁰⁵, mas um recurso

¹⁰⁴ HANN, 1903, pág. 1.

¹⁰⁵ “The various atmospheric processes and conditions whose interactions determine the climate of any place, are called *climatic elements* or *factors*. They are temperature, humidity, rain or snow, velocity and direction of the wind, etc. Scientific climatology must endeavour to find numerical expressions for all the climatic elements. Actual measurements are necessary if we are to have

indispensável frente à hercúlea tarefa de organizar e classificar o imenso volume de dados meteorológicos disponíveis até então. A este respeito:

“To give in detail the whole history of the weather phenomena of the district is obviously out of the question. Nevertheless, if we are to present a correct picture, and if the information furnished is to be of practical value, some account should also be given of the extent to which, in individual cases, there may be departures from the average conditions.” (HANN, 1903, pág. 2).

Esta citação demonstra claramente a concepção do autor acerca da validade e do alcance do uso das médias estatísticas, mostrando-se muito mais sofisticado do que seus detratores o fazem parecer. Ainda no discurso sobre a distinção entre Meteorologia e Climatologia¹⁰⁶, temos a primeira apresentada enquanto a explicação dos fenômenos atmosféricos tendo como base as leis físicas conhecidas, além da descoberta das causas subjacentes à sucessão dos processos atmosféricos, sendo tais características responsáveis pelo seu caráter notoriamente teórico. Quanto à Climatologia, restaria a dimensão descritiva, buscando apresentar, da forma mais clara possível, como os diferentes fenômenos atmosféricos ocorrem simultaneamente sobre determinada área da superfície terrestre. Assim, a Climatologia deveria tratar os processos atmosféricos separadamente apenas na medida em que, na descrição, seria obviamente impossível abordá-los simultaneamente, sendo necessário o estabelecimento de um encadeamento sistemático. Finalmente, a Climatologia se ocuparia por agrupar os climas que seriam naturalmente relacionados, o que resultaria em um mosaico dos diferentes climas do mundo.

No que concerne à abordagem de cada disciplina, a Meteorologia concentraria seus esforços sobre os fenômenos aos quais estaria associado o maior número de processos atmosféricos. Por sua vez, as descrições climáticas deveriam ser fundamentadas em uma análise individualizada dos elementos climáticos, ganhando com isso grande clareza na importância relativa associada a cada

statements which shall be strictly comparable, and if we are to gain distinct conceptions of the different meteorological conditions. [...] Accuracy, and the possibility of comparison, are the first requirements in the description of any climate. These are fulfilled when the numerical values of the individual climatic elements included in such an account were obtained with similar instruments, and according to the same method.” (HANN, 1903, pág. 2-3).

¹⁰⁶ HANN, 1903, pág. 2.

elemento. O autor ressalta ainda o fato de que os elementos climáticos mais relevantes seriam aqueles associados à vida orgânica, apresentando, pela primeira vez em sua obra, a diferença entre o papel da Climatologia frente à Geografia e a Meteorologia:

“Climatology is thus seen to be a branch of knowledge which is in part subordinate to other sciences and to practical ends. As a matter of fact, this idea is usually incorporated into the first definition of climate, “as the sum total of the meteorological conditions in so far as they affect animal or vegetable life.” Humboldt gives the following definition: “The term *climate*, in its broadest sense, implies all the changes in the atmosphere which sensibly affect one’s physical condition.” This point should be borne in mind when we treat climatology as a science auxiliary to geography. The term *climate* may, however, be used in a more general way, as was done at the beginning of this introduction, for it seems to the writer perfectly proper to speak of climate as existing on the earth at a time when vegetable and animal life had not yet appeared.” (HANN, 1903, pág. 3-4).

Com isto, novamente, temos um ponto o qual parece ter sido ignorado pelos críticos de Hann, e também de Köppen, pois esta ideia dos limites climáticos associados ao suporte das diferentes formas de vida aparece com grande vigor neste último autor. HANN (1903) demonstra, portanto, pleno conhecimento a respeito dos interesses distintos entre Meteorologia e Geografia acerca da Climatologia. E mesmo sua definição sobre “clima” a ser usada pela Meteorologia mostra-se bastante distinta, daquilo que se difundiu entre os autores brasileiros:

“By *climate* we mean the sum total of the meteorological phenomena that characterise the average condition of the atmosphere at any one place on the earth’s surface. That which we call *weather* is only one phase in the succession of phenomena whose complete cycle, recurring with greater or less uniformity every year, constitutes the climate of any locality. *Climate* is the sum total of the *weather* as usually experienced during a longer or shorter period of time at any given season. An account of a climate, therefore, means a description of the average state of the atmosphere.” (HANN, 1903, pág. 1).

Esta definição nos parece tão complexa e relevante quanto aquela apresentada por SORRE (1934), mostrando uma interação sólida entre tempo meteorológico e clima em suas dinâmicas específicas, superando, portanto, um suposto aspecto estático. Também nos parece óbvio que o aspecto da sucessão do tempo meteorológico, amplamente atribuído a SORRE (1934), também surge na definição de HANN (1903), ainda que com um caráter distinto. Em SORRE (1934)

trata-se da “sucessão habitual dos tipos de tempo”, e em HANN (1903), este aspecto dinâmico estaria implícito na soma total do tempo meteorológico em sua ocorrência normal, por um determinado período de tempo. Outro aspecto que merece destaque refere-se à ausência de indicações pertinentes à escala espacial, tanto para noção de “clima” quanto para tempo meteorológico(weather). Ou seja, já na definição de HANN (1903), considerada umas principais para o desenvolvimento da Climatologia e da Meteorologia, não há uma preocupação com as escalas espaciais, fator que se agravaria ao longo do século XX, resultando em uma série de propostas ambíguas ou mesmo incompatíveis.

Finalmente, para encerrar os comentários acerca da obra de HANN (1903), destacamos um trecho no qual o autor estabelece algumas críticas quanto à Climatologia:

“If we wish clearly to define the limits of the various climates, and if our descriptions of the latter are to be comparable, we must first agree upon the various climatic elements on which diversity of climate depends. At the same time, the meaning of these climatic elements must be clearly defined. One of the chief obstacles to the advance of scientific comparative climatology is the confusion which exists on this very point. There is no clear understanding as to just what elements are essential in systematic descriptions of climate, or as to the best way to discuss these elements, in order that direct comparison of one climate with another may become possible. This confusion is especially noticeable in geographic monographs and text-books, which necessarily make some mention of climatic conditions in their discussion of the physical features of different countries. The same difficulty is also found in writings on hygiene in which the influences of climate are considered.” (HANN, 1903, pág. 4).

Esta crítica construída por HANN (1903) destaca-se não apenas pela sua atualidade, mas principalmente pelas implicações que carrega. Ou seja, o fato do significado dos elementos climáticos ainda não estarem claramente definidos, é revelador das dificuldades teóricas e práticas associadas a seu estudo. Em outras palavras, parte desta crítica refere-se ao problema fundamental pertinente à qual hipótese teria orientado a construção das estações meteorológicas e seus registros de dados. Dados, cada vez mais tomados enquanto representações fidedignas da realidade, mas que em muitos casos carecem de suporte teórico. Não há dúvidas quanto à utilidade das informações coletadas, mas afinal, estes seriam os únicos elementos a serem registrados? Ou então, seriam conhecidas todas as relações

entre estes elementos? Estas questões não devem ser deixadas de lado, apesar de sua complexidade, mas tomadas como estímulo para fomentar pesquisas a partir de perspectivas que possam superar o peso da tradição.

Falaremos agora sobre a obra de KÖPPEN (1948)¹⁰⁷, mas, antes de explorarmos as concepções teóricas apresentadas por este autor, julgamos necessário expor algumas características a respeito da obra em questão. Ressalta-se, de antemão, a relação que KÖPPEN (1948) estabelece entre clima e vegetação, a qual permeará toda a obra, e resultará em seu famoso sistema de classificação, o qual obteve repercussão imediata, sendo publicado em 1900¹⁰⁸, e já em 1901 sendo adotado por A. Hettner. A partir deste ponto não tardou para que seu sistema de classificação dos tipos climáticos se tornasse amplamente adotado, sobretudo em Alemanha e Rússia. Porém, apesar de sua hegemonia nas primeiras décadas do século XX, logo surgiram novas propostas de classificação climática, como as Emmanuel de MARTONNE (1925), *apud* KÖPPEN (1948), e THORNTWHAITE (1933). Tais propostas, a despeito de sua sofisticação metodológica e da distinção de seus objetivos em relação à Köppen, ainda hoje são utilizadas em menor proporção.

Outro aspecto relevante refere-se aos dados utilizados por KÖPPEN (1948) para a elaboração de sua classificação, os quais foram em grande parte obtidos a partir da obra de HANN (1903) da qual comentamos acima. Importante também lembrar que em nenhum momento da obra KÖPPEN (1948) a apresenta como algo de caráter absoluto ou definitivo, reconhecendo as limitações de sua proposta, sua principal preocupação mostra-se bastante didática, ao buscar meios de simplificar as complexas relações existentes entre solo, vegetação e clima. A respeito da finalidade de sua classificação, Köppen a expõe da seguinte maneira:

¹⁰⁷ Esta obra publicada em 1948 refere-se a uma compilação de obras de Köppen, baseando-se fortemente nos trabalhos de mapeamento e classificação dos tipos climáticos publicados em 1900. Com isso, pretendemos demonstrar que, a despeito de sua data de publicação, a obra de Köppen a ser analisada possui ideias e concepções construídas no ambiente intelectual do século XIX, sendo este o nosso interesse neste capítulo. Ressalta-se o fato de sua obra completa jamais ter sido traduzida, integralmente, para as línguas latinas, dessa forma contamos apenas com resumos e simplificações dos volumes originalmente produzidos por Köppen.

¹⁰⁸ Sob o título “*Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt*”, *apud* Köppen, 1948.

“La finalidad de la clasificación consiste en la formación del resumen sinóptico de numerosos datos de difícil manejo, porque de esta manera se distinguen entre si con mayor claridad. Mientras más concisa sea esta exposición, más valioso resulta el método. Dado que la clasificación no está basada como en el mundo orgânico, en probables parentescos biológicos, puede variar mucho la elección de los rasgos característicos o fenómenos que se pretende observar. La importancia de la climatología se funda en gran parte en la influencia del clima sobre todos los aspectos de la naturaleza, inclusive el hombre; y en vista de que, al ocuparnos de este material, tenemos que entendernos casi exclusivamente con estados de transición continuos de valores extremos, datos acerca de los efectos del clima sobre el resto de la naturaleza, y a esta finalidad se prestan, en primer lugar, la vegetación y el suelo.” (KÖPPEN, 1948, pág. 11).

Com este trecho destacamos dois aspectos fundamentais da obra de Köppen que nem sempre recebem a devida atenção. O primeiro remete à própria concepção sobre “clima” apresentada pelo autor, a qual se mostra muito mais ampla que a de HANN (1903), além de se distanciar das acusações de simplismo que seus críticos, ainda hoje, adotam. Em segundo lugar, o caráter eminentemente subjetivo de sua classificação¹⁰⁹, uma vez que esta não seria baseada na relação orgânica dos fenômenos analisados, mas em um corte realizado pelo observador, com base em critérios pré-determinados. Outro ponto merecedor de atenção é o uso extensivo que Köppen faz da cartografia, o que combina perfeitamente com sua proposta de resumo sinóptico, e com isso estabelece a importância das fontes visuais para a Climatologia, de modo semelhante ao realizado pelas cartas sinópticas em relação à Meteorologia. Com sua visão panorâmica, Köppen também contribui para delimitar, ainda que indiretamente uma dimensão espacial para o “fenômeno climático”.

Acerca dos dados, o autor destaca a distribuição irregular e relativamente recente das redes de estações meteorológicas, afinal, na época as maiores séries raramente ultrapassavam os cem anos de coleta. Por sua vez, o papel da Climatologia seria antes a compilação destes dados do que a elaboração de leis gerais. Com isso KÖPPEN (1948) estabelece o clima como algo intrinsecamente associado à escala sinóptica, além de relativizar a importância dos observadores individuais ao não considerar seus dados para análise.

¹⁰⁹ Na verdade, esta observação também é válida para os demais métodos de classificação, inclusive aqueles que se denominam objetivos.

Feitas estas ressalvas introdutórias, apresentaremos alguns aspectos centrais sobre a abordagem de Köppen em relação à atmosfera, destacando sua definição a respeito do conceito de “clima” e sua relação com a Geografia. De acordo com KÖPPEN (1948):

“Se entiende por clima el estado médio y proceso ordinário del tiempo de um lugar determinado. El tiempo cambia, pero el clima se mantiene constante. Es una abstracción doble la que nos conduce al concepto de clima, porque supone la formación de um cuadro sinóptico em que se juntan, por un lado, los datos sobre los distintos estados atmosféricos alternantes y, por otro, los de los distintos elementos meteorológicos. El mérito de ambas abstracciones salta a la vista si se toma em consideración el hecho de que cada uno de los procesos físicos y de los estados atmosféricos no produce um efecto aislado e Independiente de los otros sobre la naturaleza animada e inanimada de la superficie terrestre, sino que todos ellos lo hacen en conjunto, de manera semejante a la que representan dichas abstracciones.” (KÖPPEN, 1948, pág. 19).

Com isso KÖPPEN (1948) retoma de forma provisória a concepção de HANN (1903) a respeito do “clima”, mas acrescenta um novo nível de complexidade ao expor claramente a noção de um “clima” abstrato, rompendo com a ideia de que este seria uma propriedade dos processos atmosféricos em larga escala, referindo-se prioritariamente a uma generalização acerca dos dados meteorológicos. Contudo, tal generalização mostra-se válida apenas diante da constância de determinados fenômenos sobre determinados locais, o que não implica, em hipótese nenhuma, em uma percepção estática a respeito da atmosfera. Outra característica relevante de KÖPPEN (1948) se encontra na sua segunda definição de “clima”, a qual será adotada pelo mesmo como orientadora dos seus trabalhos de classificação:

“De hecho, casi nunca se habla del clima de los mares o del de la atmosfera libre y, em cambio, sí del clima de islas, litorales o montañas. A este critério corresponde, por lo tanto, uma segunda definición del clima como *la suma total de las condiciones atmosféricas que hacen um lugar de la superficie terrestre más o menos habitable para los seres humanos, animales y plantas.*” (KÖPPEN, 1948, pág. 20)

KÖPPEN (1948) coloca o “clima”, e conseqüentemente a Climatologia, muito mais próximas da Geografia do que a proposta de HANN (1903), o qual as considera como ferramentas quase exclusivas da Meteorologia. Diante disso, não é de se espantar a repercussão que a obra de KÖPPEN (1948) ainda exerce sobre inúmeras obras associadas à Geografia, uma vez que para compreender a ação do clima

sobre determinados locais, acaba por relacioná-lo não somente à vegetação, mas também ao solo e ao relevo, buscando elencar as interações entre estes elementos que, na opinião de KÖPPEN (1948), são essenciais para o suporte da vida, seja vegetal ou animal. A partir desta perspectiva, este autor parece ocupar-se antes dos elementos atmosféricos capazes de formar um ecúmeno, sendo a sua proposta de classificação climática uma consequência proveniente da necessidade de estabelecer tais vínculos entre os elementos denominados terrestres e aqueles denominados atmosféricos.

Ainda a respeito da noção de “clima”, o autor apresenta uma curiosa reflexão de ordem etimológica, sendo este, o único momento na obra, no qual há alguma referência direta ao conhecimento climatológico produzido antes do século XIX:

“No es de admirarse, por lo tanto, que la palabra clima se derive del griego κλίμα = inclinar, aunque, naturalmente, no puede decidirse con certeza si se trata en este caso de un vocablo docto, formado a base del conocimiento de la inclinación de los rayos solares o inclusive de la del eje terrestre de rotación, o si la palabra no es más que la generalización de una idea popular apoyada en la diferencia que existe entre las laderas orientadas en distintas direcciones, idea que fácilmente podría haberse formado en las montañas de Grecia.”(KÖPPEN, 1948, pág. 22).

KÖPPEN (1948) ainda apresenta uma interessante contraposição entre Climatologia e Meteorologia. Segundo este autor as duas áreas seriam dependentes da física experimental e da Geografia, sendo que no caso da primeira o fator geográfico seria predominante. A contraposição citada refere-se ao fato de que a Climatologia seria o extremo oposto da Meteorologia sinóptica, pois a primeira tomaria como fator decisivo a unidade espacial, a localização de determinados eventos, enquanto para a segunda o aspecto predominante seria a unidade temporal:

“Aquella reúne en un cuadro, desde el punto de vista de su repetición periódica, la totalidad de los fenómenos que ocurren en el curso de muchos años en un lugar determinado; ésta estudia el estado momentáneo que existe sobre zonas de gran extensión y observa la propagación de cada uno de estos fenómenos sobre la tierra dentro del término de horas, días o meses de un año determinado.” (KÖPPEN, 1948, pág. 19-20).

Além desta característica, KÖPPEN (1948) também associa a estas áreas do saber funções específicas, sendo a Meteorologia responsável pela previsão do

tempo (prognósticos de tempestades e etc.), enquanto a Climatologia forneceria as informações necessárias ao agricultor, ao médico, de forma que a estes fosse possível reconhecer a influência dos fenômenos atmosféricos, em seu curso normal, sobre os ambientes terrestres. Com isso o autor retoma a ideia de que os fenômenos atmosféricos que interessam à Climatologia são aqueles associados diretamente à vida orgânica, destacando-se os aspectos de nosso próprio corpo. A partir desta perspectiva, em conjunto com a segunda definição de “clima” apresentada por KÖPPEN (1948), percebe-se claramente que o autor em questão aborda a Climatologia como uma área, no mínimo, tão complexa quanto à Meteorologia. Com isso, diverge do que afirmam seus críticos, de que teria considerado a Climatologia apenas como um mero recurso estatístico da Meteorologia. Outro aspecto que nos chama atenção é que, em sua definição espacial a respeito das escalas de investigação da Climatologia e da Meteorologia, não vemos menções às escalas de maior detalhe. E, mesmo que seja possível supor que o autor tenha levado tais características em consideração ao afirmar a preocupação da Climatologia com o “nosso próprio corpo”, nada disso se encontra de modo explícito.

KÖPPEN (1948), assim como HANN (1903), estabelece uma série de críticas em relação aos trabalhos comumente publicados sobre os métodos e elementos climatológicos, os quais seriam, em geral, ambíguos e incoerentes, muitas vezes recorrendo à procedimentos típicos da Meteorologia para analisar questões de cunho climatológico, inclusive no que diz respeito à seleção dos dados, os quais deveriam responder à objetivos distintos. Assim como todos os autores do século XIX que se ocuparam do estudo da atmosfera, KÖPPEN (1948) apresenta uma extensa relação com elementos climáticos, e o papel de cada um no sistema climático, bem como os fatores geográficos internos e externos (astronômicos). A este respeito:

“... pero com respecto a estos factores, el factor regido ejerce siempre una influencia de reacción, más o menos intensa, sobre el regente, de suerte que nos vemos frente a una complicada interdependencia de causa y efecto, que no es fácil de establecer a primera vista y que, por lo regular, es imposible someter a cálculos exactos. No obstante, resulta de gran importancia, en la meteorología, tratar de encontrar una explicación de esto, como calcular, por lo menos aproximadamente, las cantidades que se toman en cuenta, porque de outra manera se llegan a formular

explicaciones infundadas y solo em apariencia correctas.” (KÖPPEN, 1948, pág. 22).

Novamente, assim como em HANN (1903), a possibilidade de quantificar ou equacionar os eventos observados e registrados corresponderia a sua validade enquanto conhecimento científico, sendo, portanto fundamental o registro e análise cuidadosa dos dados meteorológicos. KÖPPEN (1948) segue descrevendo alguns elementos basilares do sistema climático, como temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica e velocidade do vento, buscando estabelecer correspondências entre a latitude dos fenômenos e frequência de oscilações regulares e irregulares registradas pelas redes de estações meteorológicas. Também demonstra grande sensibilidade em relação à importância e uso das médias aritméticas, ressaltando que nem sempre as médias estatísticas devem ser consideradas as mais próximas da realidade nem as mais relevantes, pois se trata de um exercício de generalização que não costuma ter em conta a interação com outros elementos ambientais, fornecendo uma imagem pouco representativa sobre o papel de dado elemento atmosférico.

Ainda a respeito da variabilidade KÖPPEN (1948) considera que: “La variabilidad o inestabilidad de las diferentes partes integrantes del tiempo es tan desigual en distintas regiones de la tierra y tan característica em el clima de ellas, que merece que se les estudie por separado.” (KÖPPEN, pág. 26, 1948). A partir dessa proposta o autor apresenta uma série de reflexões, fundamentadas em dados meteorológicos, analisando o caráter e a relevância climática da variabilidade de seus elementos, a saber, temperatura, precipitação, nebulosidade, sendo que neste momento encontramos uma das únicas referências no livro pertinentes à noção de tipos de tempo, embora não use esta expressão, não é exagero afirmar que esta ideia está presente em sua exposição:

“Los días calientes o frios, secos o lluviosos, no se mezclan, como si estuviesen sometidos a la mera casualidad, sino que el tiempo muestra, por la duración prolongada de las mismas causas, una tendencia más o menos marcada hacia la continuidad. Los cambios son mucho más raros y la continuidad mucho más frecuente que las alteraciones seguidas que corresponderían al simple acaso. La probabilidad de continuación aumenta a medida que subsiste el mismo tiempo. Por ejemplo, la mezcla de días lluviosos y secos resultaria mucho más íntima, si solo dependiese de la casualidad; su tendencia hacia la continuidad, es decir, su agrupación en largos períodos de tiempo lluvioso o seco, es una particularidad muy

prejudicial para la agricultura. En la actualidad se sabe muy poco acerca de las variaciones de esta tendencia en los distintos climas; en Europa, disminuye desde el noroeste hacia el este y el sur, y parece que en el Mediterráneo no alcanza ni la mitad de la intensidad que muestra en el Mar del Norte.” (KÖPPEN, 1948, pág. 31).

KÖPPEN (1948) não apenas estabelece uma relação dinâmica entre os processos de transição do tempo meteorológico, como deixa implícita a hipótese de que há uma causa subjacente a esses processos que lhes conferiria certa regularidade, ao não considerá-los meramente como produtos do acaso. Pode-se reconhecer também que, apesar da aparente hegemonia dos modelos climáticos já no século XIX, ainda não havia, como não há, uma explicação que abrangesse todos os fenômenos atmosféricos, em suas diversas escalas de interação espacial e temporal. Em seguida KÖPPEN (1948) se ocupa em apresentar um conjunto de regras básicas para a observação e registro dos dados meteorológicos, afirmando-se que, apesar da importância destas informações, trata-se de uma tarefa simplória e sem grandes dificuldades. Esta afirmação nos demonstra o distanciamento e o desconhecimento do autor em relação aos debates dos séculos XVII e XVIII envolvendo esta temática, os quais incluíam desde dúvidas a respeito do modelo dos formulários a serem utilizados, a eficiência de determinados instrumentos e, sobretudo quanto ao que deveria ser registrado. Em seu conjunto de regras KÖPPEN (1948) retoma uma série de orientações que hoje são consideradas clássicas, mas são sustentadas, antes de tudo, pela tradição. Entre as regras destacam-se a pontualidade do observador, o registro minucioso das unidades de medida e atenção aos erros instrumentais, a localização da estação meteorológica, a qual deveria estar no local mais isolado possível, além da adoção de um horário comum para os registros realizados entre as diferentes redes de estações. Por fim, o autor estabelece algumas diretrizes e sugestões para observações qualitativas, ressaltando que estas devem buscar elementos que expressem o conjunto do “carácter del tiempo diario”¹¹⁰, conferindo grande importância à nebulosidade. A respeito do valor climatológico destas informações, o autor afirma que:

“Em virtud de que em la climatologia las cifras sólo tienen valor en cuanto se les pueda comparar y relacionar con otras obtenidas en diferentes lugares y por distintas personas, su comparabilidad constituye el requisito primordial que se impone imperativamente a

¹¹⁰ Köppen, 1948, pág. 39.

todos los métodos de estudios climatológicos y el no atenderlo ha llevado em infinidad de casos a conclusiones errôneas o, por lo menos, a la inutilidad del trabajo.[...] Entre los métodos para reducir la inmensidad de los fenómenos del estado atmosférico a términos concretos, la media aritmética siempre ocupará probablemente el primer lugar, a pesar de que poco a poco se há tenido reconocer que también esto tiene un limite, más allá del cual este recurso deja de ser aplicable.[...] En vista de que, además, los años muestran entre si grandes diferencias, se necesita um gran número de ellos, para fijar la media aritmética de tal manera que el aumento de más años ya no pueda modificarla sensiblemente y que se le pueda considerar como el llamado valor normal.” (KÖPPEN, 1948, pág. 39-41)

Mais uma vez o autor demonstra sensibilidade em relação ao uso dos recursos estatísticos, e a na continuação desta citação lembra-se da ocorrência de inúmeros eventos que não podem ser apreendidos pelos procedimentos estatísticos tradicionais, ao que passa a fornecer novas orientações quanto à análise dos dados meteorológicos, principalmente baseando-se na correlação entre a nebulosidade e os demais parâmetros meteorológicos. Destaca também o papel dos valores extremos¹¹¹, os quais podem indicar oscilações regulares e não apenas eventos isolados passíveis de descarte. Ao encerrar suas orientações de teor metodológico, KÖPPEN (1948) inicia sua exposição acerca de sua “teoria geral do clima”, que consiste basicamente em uma compilação, assim como HANN (1903), do conhecimento mais avançado em relação à atmosfera. Segue-se com a explicação do balanço radiativo, da umidade atmosférica, dos sistemas de ventos e assim por diante, sempre demonstrando preocupação em como utilizar estas informações para compreensão do clima, o que o leva a utilizar amplamente os recursos cartográficos, ao contrário de HANN (1903) que se mostra muito mais tímido neste aspecto.

KÖPPEN (1948) não se estende longamente sobre os aspectos da circulação geral, de forma que não entra no debate acerca da diversidade de modelos explicativos então em voga, destaca apenas a relevância dos ciclones tropicais e extratropicais, sobretudo a partir de sua visualização pelas cartas sinópticas, os quais são considerados cada vez mais como desencadeadores dos demais processos atmosféricos. Sem dúvida o aspecto que recebe maior atenção é aquele voltado para a água na atmosfera e os fenômenos associados, nos chamando

¹¹¹ KÖPPEN, 1948, pág. 42-43.

atenção a preocupação que o autor demonstra a respeito dos efeitos da umidade (e também da temperatura) sobre a saúde humana.

Enfim, KÖPPEN (1948) discorre sobre os tipos de clima, e neste momento de sua obra encontramos inúmeras evidências de que sua preocupação principal define-se pela caracterização dos ambientes terrestres em função do clima e não apenas pelo estabelecimento de um sistema de classificação. Basta atentar para as nomenclaturas utilizadas: clima desértico, clima selvático, clima costeiro e assim por diante. Em suas explicações não se limita a elencar os elementos atmosféricos predominantes em cada ambiente, mas busca estabelecer as relações entre os aspectos pedológicos e geomorfológicos, além das interações entre fauna e flora. Selecionamos um exemplo que julgamos suficiente para esclarecer a forma como KÖPPEN (1948) apresenta alguns aspectos de seus tipos climáticos:

“El *clima selvático* y en general el de paisajes com abundantes bosques, o que está cubierto de ellos en su estado natural, se distingue del de las estepas o desiertos por la mayor cantidad de precipitaciones y casi siempre también por la mayor humedad del aire, frecuentes nublados y temperaturas menos extremadas. Sin duda alguna, lo decisivo en estos casos es por lo regular el clima, mientras que los bosques, o la ausencia de ellos, no representa más que su efecto: sin embargo, sigue em pie el interesante problema de si el bosque no tiene, a su vez, algún efecto retroactivo sobre el clima. Com esto se relaciona la importante cuestión de si el hombre puede influir en el clima por médio de la deforestación o la reflorestación artificial. [...] Casi no se puede hablar de una modificación de los elementos de clima por el hombre; cuando mucho puede tomarse en consideración su influencia sobre los espacios de muy reducidas dimensiones y las masas de aire relativamente pequeñas, es decir, del estrato inferior de la atmosfera, pero de ninguna manera al tratar de procesos meteorológicos que se extienden a través de muchos kilómetros cúbicos. [...] De mayor transcendência que el efecto del bosque sobre el aire es su influencia sobre el suelo. El bosque seca las capas inferiores del suelo y mantiene, en cambio, las superiores más húmedas de lo que serían sin su existència, porque, en primer lugar, el bosque es la causa de que el escurrimiento del agua de lluvia sea más lento y de la disminución de la denudación em las laderas y en las faldas de las montañas; en neste sentido, la deforestación, y tal vez en igual grado la destrucción de la capa herbácea, puede resultar de consecuencias funestas, como la formación de karst, de barrancos o de arenas movedizas, de inundaciones o el azolvamiento de los rios. No es el valor climático del bosque, ni tal vez en general su valor econômico, el que constituiría por sua desaparición una pérdida irreparable, sino más bien su valor psicológico o estético, y este no debería estimarse en menos para los habitantes de una región que los dos primeramente mencionados.” (KÖPPEN, 1948, pág. 129-132).

Com esta extensa citação pretende-se explorar alguns elementos utilizados pelo autor para caracterizar um determinado tipo climático. Dessa forma nos parece que KÖPPEN (1948) apenas consegue explicar o clima no contexto de outros elementos da paisagem, tanto naturais quanto sociais. Remete a uma concepção ampla, similar ao que se compreende contemporaneamente por ambiente, incorporando desde relações de afeto entre uma sociedade e seu meio, até as relações entre a vegetação e o solo em função da disponibilidade hídrica. O clima, aquela noção considerada duplamente abstrata, passa a fazer parte da paisagem, na mesma medida em que a influencia.

O autor segue estreitando esta relação ao discorrer sobre seu famoso sistema classificatório, o qual toma como base a comparação entre os efeitos produzidos pelos fenômenos meteorológicos em contato com a superfície terrestre e em conjunto com os organismos que nela vivem. Deste ponto nasce a importância para a precipitação e da temperatura no sistema de KÖPPEN (1948), dada a relevância dos efeitos químicos e físicos que a água exerce na configuração do terreno e no estabelecimento de condições que propiciem o suporte a diferentes formas de vida. Da mesma forma, a variabilidade da temperatura, em associação com a água, exerce uma função predominante na configuração de determinada paisagem. Esta noção pode ser mais bem explicada pelo próprio autor:

“La gran región en la que puede desarrollarse la vida coincide, por lo tanto, con la zona de lluvias; sus límites son, por un lado, la región donde se origina la muerte por congelación y, por el otro, la región donde se produce la muerte por sed. Pero dentro de esta región con vida terrestre, encontramos los más variados tipos de clima, según la distribución anual del calor y de la lluvia o de la nieve. Es cierto que no hay lugar en la Tierra que carezca por completo de vestígios de vida, pero si tomamos como rasgo característico la existencia de grandes árboles, disponemos de límites perfectamente señalados que nos sirven para distinguir una región de vegetación arbórea, de otras: estepas y desiertos, o de tundras y regiones de hielos perpétuos. Además, las regiones de transición que son comunes a toda la naturaleza. Dado que el hombre y toda la cultura humana, que son los que más interesan, dependen de la vegetación, en parte de un modo directo y en parte mediante la influencia del reino animal. También éstos están inexorablemente sujetos a las condiciones climáticas que rigen la vegetación, y en primer lugar a las asociaciones de vegetales y a las plantas de cultivo. Lo que dificulta o impide el establecimiento del hombre en los desiertos glaciales, no es tanto la iclemencia del clima –porque observamos iguales temperaturas bajo cero en las regiones con una población bastante densa – sino más bien la imposibilidad de conseguir alimentos

orgânicos apropriados y, en primer lugar, vegetales alimentícios. Debido a que dependen en parte de la vegetación y en parte también de un modo directo (aunque esto último en menor escala), el hombre y su cultura están sujetos a los efectos que el clima produce en el relieve del terreno. Nuestra tarea se facilita por el hecho de que los grandes rasgos de los efectos del clima sobre el suelo concuerdan en su mayoría con los de sus efectos sobre la vegetación y a que ambos se completan mutuamente; sólo que la temperatura desempeña un papel mucho menos importante, en relieve del terreno, que en la vida de los vegetales, a no ser que la temperatura rija la circulación del agua.” (KÖPPEN, 1948, pág. 153).

Assim, o autor discorre minuciosamente a respeito do papel da água e da temperatura para o sustento das formas de vida vegetais, destacando por fim uma classificação das plantas proposta por A. de Candolle, em 1874. Nesta proposta, a partir da necessidade de água e calor para seu desenvolvimento adequado, as plantas foram classificadas em cinco grupos – megatermas, xerófilas, mesotermas, microtermas e hequistotermas - assemelhando-se às cinco zonas climáticas estabelecidas posteriormente por KÖPPEN (1948). Ainda em relação à temperatura KÖPPEN (1948) baseando-se na proposta de Candolle considera que seria muito mais preciso utilizar os dados referentes à evaporação, pois não interessa apenas a altura da chuva, mas o tempo que esta água necessita para ser evaporada novamente. Contudo, frente a dificuldade em se obter dados precisos, e à diferença de cada ambiente, as comparações tornam-se muito difíceis, optando-se desta maneira pela temperatura do ar, a qual, em combinação com a precipitação pode fornecer um quadro aproximado para a umidade de determinada paisagem¹¹².

Com estas breves considerações encerram-se as observações pertinentes à obra de KÖPPEN (1948), o qual, ao lado de HANN (1903) tem sido considerado um dos principais climatólogos do século XIX. Contudo, ainda há outro grande nome do século XIX em relação aos estudos atmosféricos, sobre o qual discorreremos a seguir. Ao contrário dos autores já abordados neste capítulo, DOVE (1862) não é um autor reconhecido no âmbito da climatologia brasileira, embora seja um dos nomes mais importantes da meteorologia oitocentista, além de suas ideias terem

¹¹² Trabalhos como os de HANN (1903) e KÖPPEN (1948) parecem ser fruto de uma conjuntura na qual a crescente importância e complexidade da geografia física, por sua vez, exigem um elemento unificador, o qual acreditamos teria sido atribuído a noção de “paisagem”. Neste contexto não seria exagero afirmar que o conhecimento climatológico seria uma das grandes fronteiras em relação a esta proposta de unificação.

influenciado os trabalhos posteriores da Escola Norueguesa. DOVE (1862) também se diferencia de HANN (1903) e KÖPPEN (1948) por apresentar o foco de seu trabalho sobre aspectos da circulação atmosférica, principalmente em relação ao movimento dos ciclones associados a tempestades, e não em relação ao clima. Logo nas primeiras páginas de seu livro, DOVE (1862) expõe uma série de opiniões que têm orientado o debate e a investigação acerca dos movimentos ciclônicos, destacando, por exemplo, o fato de alguns autores considerarem os fenômenos meteorológicos das latitudes temperadas seriam apenas uma variante, em menor intensidade, dos processos equatoriais, ao que DOVE (1862) se opõe, argumentando que a distinção entre os fenômenos das latitudes médias e os equatoriais ocorreria tanto na esfera qualitativa como na quantitativa.

Outro aspecto que merece atenção refere-se à abordagem metodológica proposta por DOVE (1862). Segundo ele, as investigações meteorológicas tradicionalmente se ocupam em buscar semelhanças entre as condições que dão origem a um dado fenômeno. Tal postura passa a ser criticada por DOVE (1862), devido ao desconhecimento em relação à formação de muitos fenômenos. Dessa forma, o procedimento básico consistiria em buscar semelhanças nos próprios fenômenos, e a partir de uma amostragem significativa, seria possível identificar padrões em relação à formação dos mesmos. Também nos interessa destacar que nesta obra de DOVE (1862) encontramos as primeiras referências¹¹³ à expressão “massa de ar”. Cabe esclarecer que, na referida obra, DOVE (1862) não apresenta nenhuma explicação acerca desta expressão que viria a se consagrar anos mais tarde, o que nos leva a crer que se tratava de algo de uso corrente, contudo, não encontramos indícios de sua origem ou uso anterior. A seguir uma citação para demonstrar a forma como esta expressão aparece na obra:

“When large masses of air move from one point on the earth’s surface to another, and consequently the individual particles move in parallel rectilinear paths. In the first case which we have just discussed, the paths are diverging and converging right lines, while in the second they are concentric circles. [...] If the mass of air, rotating from right to left, in a direction opposite to that of the hands of a watch, move from SW to NE, the place of observation will pass successively through the points of intersection of a right line, with the concentric circles of the cyclone passing over it. In this case the

¹¹³ Em relação ao material selecionado para ser analisado nesta dissertação.

directions of the vane represent the tangents to these circles drawn at the points of intersection.”(DOVE, 1862, pág. 5-6)

Esta citação permite que se esclareça a preocupação predominante durante toda a obra, qual seja o trajeto regular dos ciclones e anticiclones, e quais fatores seriam responsáveis pela mudança ou estabilidade destes trajetos. Em complementação, temos a seguinte citação, na qual se apreende, de certa forma, como as massas de ar se encaixam nas propostas de DOVE (1862):

“In the preceding investigations we have omitted to take notice of the fact that the magnitude of the masses of air, which are separated by the region of calms, varies very much at different seasons. At the winter solstice the air of the torrid zone is included in the northern Trade-wind circuit, and at the summer solstice in the southern circuit; so that it is only at the equinoxes that the quantities of air in each of these circuits are equal. As the relation between these masses varies with the seasons, it will necessarily interfere with the regular motion of the zone of Trade-winds northwards and southwards.” (DOVE, 1862, pág. 19-20).

Dessa forma DOVE (1862) prossegue avaliando a produção existente em relação à circulação atmosférica, ressaltando a contribuição de Halley, que teria sido o primeiro autor a identificar a existência de uma corrente superior de direção oposta à dos ventos alísios, sugestão que seria comprovada posteriormente através do rastreamento de cinzas provenientes de erupções vulcânicas. DOVE (1862) também atribui a Halley a investigação das correntes sudoeste e nordeste no hemisfério norte, fato que teria estimulado DOVE (1862) a estudar as situações de tempo meteorológico associadas ao contraste de duas correntes opostas, além de ter identificado a necessidade de todas as correntes de ar acabam por gerar uma corrente em sentido oposto, para compensar seu deslocamento. DOVE (1862) também aprofundou os estudos que procuravam relacionar a variação barométrica à ocorrência de tempestades. O autor segue fornecendo detalhes minuciosos sobre o registro dos ventos realizados por inúmeros navegadores, nas mais distintas situações, destacando o papel das monções, pois, assim como Halley, utiliza estas informações para comparar e comprovar suas ideias. Obviamente DOVE (1862) faz amplo uso das cartas sinópticas, sobretudo para rastrear o trajeto de tempestades, e a partir daí estabelecendo padrões para sua investigação.

O principal padrão destacado por DOVE (1862) seria o de que se deve provar que as mudanças na direção do vento, em qualquer estação podem ser explicadas

pela alteração de duas correntes que atuam em conjunto, e junto a isso, que estas correntes seriam capazes de produzir os contrastes do tempo meteorológico que são observados em sucessão em cada estação. Com isso, o autor atribui à temperatura papel predominante neste modelo explicativo, pois esta seria responsável por amplificar os contrastes entre as correntes de ar, principalmente pelo fato de que, nas camadas baixas da atmosfera, a diferença de densidade proveniente da temperatura mostra-se significativa, o que implica em mudanças mais rápidas nas camadas de ar próximas à superfície. Nesta perspectiva a dinâmica atmosférica passa a ser estabelecida com base nas relações entre os fluxos polares e os equatoriais, incluindo a descrição de um processo bastante similar ao que se conhece atualmente por “precipitação frontal”.

DOVE (1862) também destaca a importância de investigar o mesmo fenômeno a partir de escalas espaciais distintas, sendo esta uma preocupação constante de sua obra. Com isso, o autor procura demonstrar como os grandes traços da circulação hemisférica atuam sobre as tempestades mapeadas nas cartas sinópticas, e como estas interferem ou determinam o tempo meteorológico observado localmente pelas estações e observadores amadores. O autor passa então a discorrer a respeito das principais características das tempestades no hemisfério norte, inclusive retomando a tradição dos provérbios, além de fornecer sugestões de observação e registro em relação ao tempo meteorológico. A respeito de sua proposta teórica, DOVE (1862) a apresenta da seguinte maneira:

“The theory which I had formed for myself relative to the mean atmospherical variations, was that they owed their origin to the struggle between two currents which alternately displaced each other at the point of observation. It was a necessary consequence of this that the absolute extremes of these fluctuations must be due to the sole predominance of each of these currents. Accordingly a barometrical minimum must be a phenomenon of the southern current: if it be observed simultaneously at several stations, it represents the southern current itself: locally considered, it appears as a stormy passage through the minimum of the wind-rose. If both of these concur together, there must be a cyclone travelling in the direction of the southern current, i.e. from SW. towards NE.”(DOVE, 1862, pág. 163-164).

“If the two currents, on coming in contact with each other, have altered their paths through any angle, so that they flow in opposite directions in parallel channels, the following question arises: - What conditions will cause mutual lateral displacement after such a state of things as that described is once in existence? The most obvious

cause is to be found in the fact that the cold air of the polar current exerts a greater lateral pressure than the warm air of equatorial current, and, therefore, has a tendency to displace it. If the two currents flow in distinct channels close to each other, and if, moreover, the retardations produced by their contact have ceased, the mean velocity of both will increase. The velocity of the equatorial current will increase more rapidly than that of the polar, inasmuch as the former flows in a channel which is constantly expanding. Owing to the fact that the equatorial current continues for a shorter time in contact with the surface of the earth, it will be retarded by friction to a less extent than the polar current will be accelerated by the same cause; or, in other words, the equatorial current will be more deflected towards the W., than the polar towards the E.”(DOVE, 1862, pág. 256-257)

A partir disso DOVE (1862) passa a argumentar que existem dois tipos de movimentos em uma tempestade, a primeira, na qual a formação ciclônica mantém sua trajetória, sendo afetada apenas pela rotação terrestre; já a segunda, por sua vez, possuiria um movimento rotatório baseado em um eixo em calmaria. Também afirma que o principal mecanismo produtor de tempestades seria o encontro entre as correntes polares e equatoriais, devendo-se atentar sempre para a liberdade de movimento das partículas atmosféricas, e para as consequências desta característica, principalmente quando se trata de analisar fenômenos que apresentam longas trajetórias hemisféricas. O trabalho de DOVE (1862), conforme comentamos, apresenta-se não apenas como uma compilação do conhecimento do século XIX em relação à circulação atmosférica, mas também como uma proposta teórica, denominada “*Law of Gyration*”, que consiste, em resumo, no que foi apresentado nas citações acima. Ainda que sua sugestão não tenha sido hegemônica, exerceu influência suficiente, sobretudo no contexto europeu. Acreditamos que a maior contribuição de DOVE (1862), além da sistematização dos dados referentes às tempestades, incluindo seu registro cartográfico, consista na sugestão de que estes fenômenos seriam produzidos pelo embate entre correntes de ar de temperaturas e densidades diferentes. Tal ideia, como se sabe, será retomada e amplamente divulgada pela Escola Norueguesa durante as primeiras décadas do século XX.

Um dos principais trabalhos a ter influenciado a proposta de DOVE (1862) seria aquele publicado por FERREL (1856), que se tornou um clássico, ao lado de Halley e Hadley, ganhando notoriedade devido ao fato de apresentar novos elementos explicativos para aquilo que se convencionou denominar “circulação geral

da atmosfera”. Ferrel apresenta o problema sobre o qual irá desenvolver suas ideias da seguinte maneira:

“It is partially surrounded by the ocean, which is of a very variable depth, and known to be, in many places, more than four miles. If the specific gravity of the atmosphere and of the ocean were everywhere the same, all the forces of gravity and of pressure which act upon any part of them, would be in exact equilibrium, and they would forever remain at rest. But as some parts of the earth are much warmer than others, and air and water expand and become rare as their temperature is increased, their specific gravities are not the same in all parts of the earth, and hence the equilibrium is destroyed, and a system of winds and currents is produced. It is proposed in this essay to inquire into the effects which are produced, both in the atmosphere and in the ocean, by this disturbance of equilibrium, and by means of a new force which has never been taken into account in any theory of winds and currents, to endeavor to account for certain phenomena in their motions, which have always been a puzzle to meteorology and hydrology.” (FERREL, 1856, pág. 7)

Com isso inicia suas considerações a respeito da circulação atmosférica, entre as quais se destacam as forças indicadas como responsáveis pelo movimento da atmosfera, segundo FERREL (1856), existem quatro forças atuantes: a primeira seria oriunda da grande diferença entre a gravidade específica entre pontos diferentes da atmosfera, associada então ao gradiente latitudinal de temperatura. A segunda força deriva do fato do ar sempre fluir das regiões de altas pressões para as baixas, combinação deste processo com o movimento rotatório da Terra seria responsável pela terceira força, que causaria uma deflexão do movimento para o leste, quando este fosse direcionado para o norte, e para o oeste, quando fosse direcionado para o sul. A quarta força, por sua vez, seria aquilo que, segundo FERREL (1856), teria escapado às hipóteses dos demais autores, sendo, portanto o diferencial de sua proposta:

“The fourth and last force arises from the combination of a relative east or west motion of the atmosphere with the rotator motion of the earth. In consequence of the atmosphere`s revolving on a common axis with that of the earth, each particle is impressed with a centrifugal force, which, being resolved into a vertical and a horizontal force, the latter causes it to assume a spheroidal form conforming to the figure of the earth.” (FERREL, 1856, pág. 9)

Em conjunto, estas quatro forças seriam capazes de explicar todos os grandes traços da circulação atmosférica, sobretudo a respeito dos limites latitudinais dos ventos alísios, e com este intuito FERREL (1856) dá continuidade a

seu texto. O autor também destaca, frequentemente, a necessidade e importância de refletir sobre a dimensão vertical dos fluxos atmosféricos, além de tentar construir algumas relações causais entre as correntes oceânicas e atmosféricas. Ao lado de FERREL (1856), temos os trabalhos de HOWARD (1803, 1843), os quais influenciaram toda a meteorologia no século XIX, e ainda se faz presente por meio de sua principal contribuição, qual seja a nomenclatura dos tipos básicos de nuvens.

A proposta de nomenclatura e classificação das nuvens¹¹⁴ apresentada por HOWARD (1803) foi prontamente aceita pela comunidade de pesquisadores, embora não tenha sido imediatamente adotada pelos registros das estações meteorológicas. Nesta obra, o autor destaca o fato de que, desde os primórdios da humanidade existem indícios sobre observação das nuvens, ainda que nenhuma taxonomia tivesse sido desenvolvida com sucesso. A partir disso, HOWARD (1803) argumenta que, em face das novas descobertas em relação à atmosfera, torna-se cada vez mais claro que as diferentes formas da água em suspensão na atmosfera:

“They are subject to certain distinct modifications, produced by the general causes which effect all the variations of the Atmosphere: they are commonly as good visible indications of the operation of these causes as is the countenance of the state of a person’s mind or body. It is the frequent observation of the countenance of the sky, and of its connexion with the present and ensuing phenomena, that constitutes the ancient and popular Meteorology. The want of this branch of knowledge renders the predictions of the Philosopher (who is attending only to his instruments may be said to examine only the pulse of the atmosphere) less generally successful than those of the weatherwise Mariner or Husbandman. [...] But as this experience is usually consigned only to the memory of the possessor, in a confused mass of simple aphorisms, the skill resulting from it is in a manner incommunicable; for, however valuable these links when in connexion with the rest of the Chain, they often serve, when taken singly, only to mislead; and the power of connecting them, and of forming a judgment upon occasion from them, resides only in the mind before which their relations have passed, though perhaps imperceptibly, in review. In order to enable the Meteorologist to apply the key of Analysis to the experience of others, as well as to record his own with brevity and precision, it may perhaps be allowable to introduce a Methodical nomenclature, applicable to the various forms of suspended water, or, in other words, to the Modification of Cloud.” (HOWARD, 1803, pág. 1-2)

¹¹⁴ Entre o material selecionado para esta dissertação encontramos apenas uma publicação que apresentasse uma proposta de nomenclatura distinta para as nuvens, no entanto, não havia nenhum esforço classificatório. Trata-se do “Journal of the Franklin Institute”, editado por Thomas Jones e publicado em 1835.

Baseando-se nestas questões, HOWARD (1803) estabelece sua classificação composta pelo que hoje consideramos os dez tipos básicos de nuvens. A obra prossegue com um caráter eminentemente descritivo, que acompanha as transições entre as formas das nuvens e os tipos de tempo associados, sendo que em poucos momentos o autor se dedica a estabelecer uma explicação acerca dos fenômenos observados, e quando o faz, concentra-se sobre os mecanismos de evaporação e precipitação, não apresentando nenhuma sugestão nova quanto a esses processos. Parece-nos evidente a relação existente entre o trabalho realizado por HOWARD (1803) e a problemática dos tipos de tempo, sobretudo a partir dos procedimentos observacionais destacados pelo autor. Com isso, ele afirma que, mesmo com a consolidação das redes de estações meteorológicas, o registro das nuvens e do tempo meteorológico em associação a elas não podem ser realizados em escala sinóptica, pois muitos dos fenômenos locais passariam despercebidos. Outra contribuição significativa, embora não tenha alcançado tanta repercussão quanto a classificação de nuvens, pode ser encontrado na sua obra publicada em 1843. Neste trabalho, HOWARD (1843) oferece uma visão bastante moderna a respeito de determinados aspectos das ciências atmosféricas.

Em relação à explicação que HOWARD (1843) fornece para os processos atmosféricos, o que inclui insolação, evaporação, sistema de ventos, variação da pressão atmosférica e outros processos comumente abordados, não há nenhuma novidade por parte deste autor. Incluem-se também as definições de clima e tempo meteorológico dentro dos padrões do século XIX, os quais foram apresentados com os trabalhos de HANN (1903) e KÖPPEN (1948). Sua originalidade reside em seus estudos acerca do clima de Londres e dos estudos de conforto térmico associados. Com isso HOWARD (1843) estabelece um dos primeiros trabalhos de climatologia urbana, analisando a possível alteração das condições de “normalidade” atmosférica sobre uma área densamente urbanizada, em função de seu conteúdo, destacando o papel da industrialização. HOWARD (1843) estabelece uma interessante discussão a respeito da confiabilidade dos dados meteorológicos disponíveis para áreas urbanas, uma vez que a maioria dos instrumentos estaria instalada em locais impróprios, comprometendo assim a qualidade dos dados. Há também uma longa discussão a respeito da relação clima e saúde, contrapondo o estado de saúde da população rural com a população urbana. A esta discussão seguem-se alguns

comentários a respeito da sensação térmica e de que modo esta característica pessoal poderia interferir nos registros meteorológicos. Por fim, o autor apresenta uma comparação entre os parâmetros meteorológicos registrados dentro e fora da área urbana, concluindo que as variações provocadas pela cidade eram essencialmente locais, dispersando em uma questão de dezenas de metros, tanto vertical quanto horizontalmente. Este trabalho de HOWARD (1843) merece destaque, pois apresenta uma série de reflexões e problemáticas que somente seriam investigadas, sistematicamente, muitos anos depois, possuindo assim um caráter pioneiro, dada a extensão de seu estudo.

Outros trabalhos que merecem ser mencionados são os de LEMPFERT (1875) e CHAMBERS (1897), não tanto por suas inovações, mas por apresentarem questões pertinentes ao estudo dos tipos de tempo, entre outros debates relevantes para o contexto das ciências atmosféricas. LEMPFERT (1875) inicia seu livro com uma crítica consistente em relação às redes de estações meteorológicas, as quais estariam mal distribuídas, e por isso não permitiriam o avanço no conhecimento meteorológico de regiões distantes. Outro ponto comentado por este autor refere-se a dificuldade de se estudar a atmosfera dada sua dinâmica e a impossibilidade de estabelecer experimentos laboratoriais, e com isso critica também a crescente abordagem quantitativa dos pesquisadores dedicados ao estudo da atmosfera. LEMPFERT (1875) também merece atenção por indicar que os tipos de tempo poderiam ser identificados a partir das cartas sinópticas, opondo-se aos outros autores que se dedicaram a esta questão durante o século XIX, sugerindo inclusive a necessidade de alguma forma de representação gráfica para representar mais rapidamente os tipos de tempo e suas variações.

Outra característica que se destaca no trabalho de LEMPFERT (1875) refere-se à explicação apresentada para determinados fenômenos atmosféricos. Tal explicação, baseada no choque entre correntes duas correntes de ar, apresentando um contraste de temperatura significativo, o que se assemelha em muitos pontos ao que foi apresentado por DOVE (1862), e posteriormente pela Escola Norueguesa:

“The South-west wind was decidedly warmer than that from the North-west, and therefore the air in it was specifically lighter. What has happened is, that the cold North-west wind has flowed under the South-west wind and forced the latter to rise. We have here an obvious case of ascent of air in the free atmosphere quite

independently of mountain ranges. The ascent gives rise to cooling and hence to condensation of water. Rapid cloud formation and heavy rain were reported from all stations at the time of change of wind from South-west to North-west.” (LEMPFERT, 1875, pág. 39-40)

Isso demonstra que as propostas teóricas apresentadas por DOVE (1862) encontraram repercussão, e que grande parte dos recursos explicativos utilizados pelos Bjerknes já haviam sido trabalhados de alguma forma. Por sua vez, a obra de CHAMBERS (1897), após uma apresentação bastante crítica a respeito da meteorologia, que inclui uma revisão de seus principais momentos históricos e uma proposta de redefinição de seu escopo, nos chama atenção também pela possibilidade de identificação de tipos de tempo a partir das cartas sinópticas. Mas neste caso, ao invés de sugerir uma representação gráfica, o autor estabelece uma relação direta entre algumas formas de isóbaras e o tempo meteorológico correspondente, além de oferecer uma breve explicação causal para cada uma destas formas “pré-definidas” de isóbaras. No total CHAMBERS (1897) apresenta sete formas: ciclone, ciclone secundário, a depressão em “V”, o anti-ciclone, em forma de cunha, em linha reta e a “ravina”. Todas estas formas seriam responsáveis pela ocorrência de tipos de tempo específicos, que passíveis de verificação em escala local. Assim, as cartas sinópticas colocam-se mais uma vez como recurso fundamental para o avanço dos estudos atmosféricos, pois permitem (ou estimulam) um novo meio para alcançar os processos que determinam a variabilidade do tempo meteorológico aos olhos do observador, com isso pode-se passar a um novo nível de complexidade, mesmo que a questão taxonômica ainda estivesse longe de ser resolvida.

Ainda em relação a importância das cartas sinópticas, destacamos o trabalho de FRANCIS GALTON (1863), com o sugestivo título “*Meteorographica*”, publicado com o intuito de difundir o método de representação gráfica dos fenômenos atmosféricos proposto pelo autor. A própria posição de GALTON (1863) em relação à cartografia merece destaque, pois foi a única que se mostrou crítica quanto a capacidade de representação fidedigna das cartas sinópticas:

“The necessity and character of the Double process I have described, may be illustrated by the well-known methods employed in Geography. If lists of latitudes, longitudes, altitudes, angles, and itineraries are laid before a Map Maker, he is able to elaborate the shapes of mountain ranges, the courses of rivers, and the irregularities of coast; but to arrive at these desired results he must

protract his materials, his materials, by placing each datum upon a chart in its proper geographical position. His next labour is critical and artistic; he has to weigh conflicting observations, to make the best of omissions and obvious irregularities, and, finally after deducing his results, to delineate them in a map, in order to give permanence to his ideas, and to make them intelligible to others. A scientific study of the weather on a worthy scale, seems to me an impossibility at the present time from want of accessible data. We need meteorographic representations of large areas, as facts to reason upon, as urgently as experimental data are required by students of physical philosophy.” (GALTON, 1863, pág. 1)

A partir desta crítica GALTON (1863) constrói sua argumentação, defendendo desde meios mais democráticos para o acesso aos dados meteorológicos, quanto para a necessidade de intensificar e sofisticar as representações cartográficas sobre a atmosfera, pois somente assim seria possível testar a “teoria da previsão do tempo”. Deste ponto nasce sua proposta pictográfica, a qual consiste na combinação de símbolos que expressem a direção e intensidade do vento e a face de céu. Contudo, o autor destaca a dificuldade constante, tanto de lidar com dados imprecisos, quanto de representar variáveis múltiplas e essencialmente dinâmicas:

“As with the barometer, so in a less degree with the thermometer, the distribution of moisture is perhaps to be managed graphically. Again, the size of the chart increases in direct proportion to the share occupied by the individual symbols, and a volume of large maps is a serious inconvenience, it is too embarrassing for frequent use, it requires space to be spread out upon, trouble and even strength to handle it, and the maps cannot be examined without standing and bending over them. I concluded, from these considerations, that my problem was to fix upon cloud and wind symbols, and to print the rest in figures with the utmost compactness.”(GALTON, 1863, pág. 4)

“Our first difficulty is to map five elements which refer to the same area and mutually affect each other; viz, wind, cloud, barometer, thermometer, and moisture. I should fear it was hopeless to expect to combine them all without confusion in one or even into two maps; but, let that be as it may, we have first to consider good plans to delineate them separately. The course of the wind (on the earth’s surface) affords no difficulty, and the principles on which I have treated it are pretty satisfactory.” (GALTON, 1863, pág. 5)

Finalizadas estas e outras ressalvas referentes à confecção das cartas, o autor apresenta brevemente seus resultados, destacando a continuidade territorial de determinadas correntes de vento, além de ressaltar a importância dos ciclones e

dos anticiclones, sendo este último conceito de sua autoria¹¹⁵. GALTON (1863) prossegue com a apresentação de suas cartas e de seu modelo de representação, exemplificadas aqui nas Figuras 6.1 e 6.2

Figura 6.1 – Legenda elaborada por Francis Galton para seu sistema de representação das variáveis meteorológicas.

¹¹⁵ "Many meteorologists will refer with eagerness to these wind Charts, to see how far they may confirm or oppose the theory of cyclones. I deduced from them, as was explained in a short memoir before the Royal Society, (see Proceedings 1863, p. 385) that they testified to the existence, not only of cyclones, but of what I ventured to call 'anti-cyclones'." (GALTON, 1863, pág 6).

Figura 6.2 – Exemplo dos mapas produzidos pelo método de Francis Galton.

Os mapas produzidos por GALTON (1863), como este representado na Figura 5.2, nos permitem debater, novamente, a problemática da escala espacial dos tipos de tempo. Afinal, seriam configurações em escala sinóptica, ou cada uma das representações de GALTON (1863), incluindo determinada face do céu, direção e intensidade do vento, temperatura e pressão consistiria em um ‘tipo de tempo’? No primeiro caso, teríamos uma situação na qual uma infinidade de processos seria omitida, no segundo caso, como se observa na carta acima, obteríamos uma grande diversidade de condições atmosféricas em uma única grade em dimensão sinóptica.

Outro trabalho que merece ser mencionado é SAXBY (1864), nem tanto por sua relação com o estudo dos tipos de tempo, mas pelas características astrometeorológicas de seu trabalho, além da retomada de uma série de provérbios populares a respeito do comportamento atmosférico. Isso nos demonstra que,

mesmo no auge da quantificação oitocentista¹¹⁶, ainda existem ideias remanescentes de outras épocas e que se colocam frente ao contexto acadêmico predominante, indicando a não-linearidade do processo científico. SAXBY (1864) pretende distinguir seu trabalho daquilo que se tornou conhecido como astrometeorologia, uma vez que não recorreria a relações entre outros astros e a atmosfera terrestre, restringindo-se somente à influência lunar. Porém, os argumentos apresentados pelo autor são muito semelhantes àqueles utilizados pela astrometeorologia, baseando-se em provérbios e tradições quase imemoriais. Em sua defesa, o autor prossegue apresentando uma série de casos nos quais profetas do tempo meteorológico acertaram suas previsões, com base nas fases da lua, e os prognósticos oficiais falharam. Neste sentido SAXBY (1864) afirma que a investigação meteorológica ainda não atingiu patamares verdadeiramente científicos, portanto, não haveria motivo para que influência lunar fosse descartada pela suposta falta de cientificidade envolvida em seus procedimentos. Nas palavras do autor:

“We, as a nation, highest in scientific and maritime renown, as in wealth, still fell the humiliating truth that the labours in meteorology of our greatest and wisest philosophers, whatever they may have done for the theory of atmospheric currents, &c., have produced no results which can be practically available to sailors in forewarning as to weather. Engineering has given our country a network of railroads, and telegraphy has in consequence furnished us, as it were, with telescopes for the mind's eye. Our vision has virtually been thus extended, so that instead of twenty or thirty miles, the electric wire acquaints the head of the meteorological department in London, as to 'prognostics' hundreds of miles distant, and right good use he occasionally makes of them. But yet this is merely an advance in mechanical facilities, IT IS NOT SCIENTIFIC PROGRESS.” (SAXBY, 1864, pág. 43)

Em seguida o autor inicia uma discussão acerca dos alcances para a previsão lunar, afirmando que esta teria uma margem de erro menor do que os prognósticos oficiais, além de oferecer um alcance temporal maior. Para sustentar suas afirmações recorre a uma série de autores que teriam publicado hipóteses ou

¹¹⁶ A este respeito Naylor (2006) destaca que: “... there is a need to recognize that the history of measurement must be understood as equally a history of the failures of measurement; a history of the phenomena which remain unmeasurable; a history of the incompetencies, and passive resistances of scientists and lay people to the exacting requirements of measurements techniques; a history also of the degree to which the attempts to measure have failed to meet the economic, political and moral demands to which they have been tied.” (Barry, 1993, apud Naylor, pág. 409, 2006).

dúvidas acerca da influência lunar, indicando que este tema ainda não havia sido completamente superado. Outro ponto importante refere-se à forma como a relação entre os fenômenos atmosféricos e a influência lunar ocorreria, na qual se destaca a preocupação em apresentar sua hipótese de forma científica. Em vista disso, SAXBY (1864) adota as explicações apresentadas por DOVE (1862) a respeito dos processos atmosféricos, e influência lunar, colocada sempre em termos de causa e efeito, e não mais revestida de um caráter místico, seria exercida sobre as “ondulações atmosféricas”, as quais, por sua vez controlariam as correntes equatoriais e polares a quais DOVE (1862) faz referência.

Assim, SAXBY (1864) discorre acerca de seu sistema atmosférico, ao que nos deparamos, novamente, com a expressão “massa de ar”, reforçando nosso ponto de vista apresentado anteriormente a respeito deste conceito:

“Hence, then, if Cyclone travel along the main course of the gulf stream of the Atlantic, they will pass between *two masses of air of unequal density*, and inasmuch as the mass on the left hand of northern side is the denser, so will the whirl of the Cyclone be in a measure maintained towards the left hand, precisely in the direction it assumed at the time of its formation at the tropic.” (SAXBY, 1864, pág. 107)

Ainda em relação a massas de ar, chamamos atenção para uma publicação do *Weather Monthly Review* de 1874, que também recorre a esta expressão ao mapear tempestades em função das diferenças na pressão atmosférica:

“In this series of storms the most remarkable dates are those of the 7th, 8th, 9th, 25th and 29th, on all of which days the local storms were especially prevalent over regions covered by masses of air flowing north and northeastward toward the general barometric depressions then existing in the northern sections of the country.” (WAR DEPARTMENT, 1874, pág. 3)

Por fim, abordaremos sucintamente alguns artigos publicados no *Philosophical Transactions*. Em relação a este material, julgamos válido ressaltar a característica predominantemente quantitativa, em relação aos estudos atmosféricos, apresentada durante todo o século XIX, principalmente em questões associadas à eletricidade. Todavia, isto não significa que as demais abordagens tenham deixado de existir, embora tenham ocupado um espaço menor no ambiente intelectual oitocentista. As abordagens essencialmente qualitativas, fundamentadas na percepção e descrição do observador individual mostram-se semelhantes ao que

foi relatado anteriormente, a respeito do século XVIII, incluindo correntemente a expressão “*state of the weather*”, utilizada para descrever a face do céu e demais eventos incomuns. Uma vez que não se ocupam em oferecer explicações, mas descrições acerca dos fenômenos, estes artigos parecem manter-se distantes dos avanços teóricos do século XIX. Em face disso optamos por não apresentá-los novamente neste capítulo, priorizando a abordagem quantitativa, a qual, além de fornecer novos elementos para o estudo da atmosfera, viria a delinear parte considerável de seu desenvolvimento durante o século XX. Deixamos claro também que, por quantificação, expressamos não apenas o registro instrumental e o uso de procedimentos estatísticos para analisar os dados meteorológicos, mas a preocupação em traduzir os processos atmosféricos em conjuntos de equações. Tais equações, em teoria, seriam capazes de oferecer um novo nível explicativo a partir do ordenamento dos processos atmosféricos e do estabelecimento dos seus “mecanismos de funcionamento”. Há então uma dupla expectativa: de que haveria uma lógica, passível de ser apreendida, subjacente a todos os fenômenos naturais e de que a linguagem matemática, ao expressar os processos físico-químicos, nos permitiria compreender a dinâmica dos mesmos. Evidentemente, esta perspectiva não surge no século XIX, embora, em relação à atmosfera, tenha encontrado um ambiente profícuo neste período.

Um aspecto interessante aos trabalhos do *Philosophical Transactions* refere-se à crescente busca de médias e oscilações anuais e interanuais, provavelmente associados à concepção acerca do conceito de “clima” então em voga. Esta característica pode ser encontrada nos trabalhos de LUBBOCK (1831) e HUDSON (1832), nos quais o objetivo consiste, basicamente, em tabular algumas séries de dados meteorológicos e a partir disso obter seus valores médios. E, assim como no artigo de GLAISHER (1848), que se ocupa das correções matemáticas a serem aplicadas aos valores médios, estes trabalhos preocupam-se antes com o rigor matemático do que com o significado dos valores registrados.

Outro assunto que foi alvo do interesse para diversos pesquisadores refere-se ao estudo da atmosfera dos corpos celestes, como em HERSCHEL (1806) e SOUTH (1831), que se dedicam às atmosferas de Saturno e Marte, respectivamente. Estes trabalhos, embora não apresentem uma dimensão quantitativa marcante, destacam-se pela busca de possíveis analogias, afinal, trata-se de uma oportunidade de

observar o comportamento de uma atmosfera a partir de um ponto de vista externo. Porém, ainda que estes artigos contassem com descrições relevantes e detalhadas acerca dos movimentos observados nestes planetas, nenhum resultado prático, para a investigação da atmosfera terrestre, foi obtido.

Nos artigos de ROSS (1854) e CHAMBERS (1873) também encontramos uma característica que se tornaria tendência: a análise dos fenômenos atmosféricos, e suas oscilações, em conjunto com os fenômenos oceânicos. Esta visão integrada mostra-se mais claramente ao longo dos trabalhos analisados no início deste capítulo, não sendo tão representativa do universo amostral do *Philosophical Transactions*. A iniciativa destes autores demonstra claramente o esforço de buscar novos elementos para se pensar a investigação atmosférica. Assim como no caso das analogias com as atmosferas de Saturno e Marte, são frequentes as analogias com os movimentos oceânicos, sobretudo em relação às marés. Todavia, a relação entre estes fluídos não se limita a isso, incorporando-se a influência mútua exercida tanto pelos fenômenos oceânicos quanto atmosféricos, perspectiva também marcada pelo aspecto quantitativo.

Destacamos também os artigos de DAVY (1845, 1850) e ALLEN e PEPYS (1808), voltados para o estudo das relações entre a fisiologia humana e a atmosfera. No caso de DAVY (1845, 1850) a pesquisa se concentra sobre a temperatura média do corpo humano e sua associação com o conforto térmico, sendo que no primeiro artigo a pesquisa é conduzida para as latitudes médias, enquanto no segundo o autor realiza suas atividades nos trópicos. Nos dois estudos faz-se um monitoramento detalhado da temperatura corporal de acordo com o tipo de atividade realizada (repouso, exercício físico, atividades rotineiras e etc.) e sua variação em função da temperatura e da umidade atmosférica, comparando-se os resultados e estabelecendo limites de temperatura corporal para cada tipo climático. Já o artigo de ALLEN e PEPYS (1808), preocupa-se com as possíveis alterações causadas na constituição atmosférica devido à respiração humana. Para isso conduz um experimento laboratorial que simula o processo de respiração, para analisar a porcentagem da amostra que seria convertida em gás carbônico. A partir disso o autor prossegue estabelecendo analogias com a atmosfera, buscando associar a respiração humana a outros processos orgânicos que poderiam influenciar, mesmo que minimamente a atmosfera.

Continuando o tema da constituição atmosférica ressaltamos os trabalhos de DALTON (1826, 1837), ANDREWS e TAIT (1860), ANDREWS, (1856), STEWART (1863) e TYNDALL (1861). Todos estes autores se ocuparam com experimentos a respeito das alterações na composição química da atmosfera em face de diferentes fenômenos, como as descargas elétricas, ou distintas intensidades de insolação. Há também atenção significativa sobre o ozônio e suas características “peculiares”, como, por exemplo, sua notável instabilidade. Apesar de todos os experimentos, pouco foi escrito acerca do significado destas características para a dinâmica atmosférica.

Exceto pelos estudos de DALTON (1826, 1837), que se concentram em experimentos para identificar a composição química da atmosfera e estabelecer a proporção de cada elemento, através de diversos métodos. Com isso, o autor obteve resultados interessantes, que colocaram em xeque o conhecimento estabelecido em relação ao volume e peso ocupado por cada gás na atmosfera. Além disso, também propôs que duas atmosferas, quando misturadas, as massas de gases seriam reagrupadas de acordo com sua densidade por uma tênue camada de ar. Porém, nos chama atenção o cuidado demonstrado pelo autor em relação ao alcance de seus experimentos, algo que nem raramente observado nos demais autores:

“All that we have said hitherto has been relating to quiescent atmospheres, or such as are in a state of perfect equilibrium. How the case would be with regard to the earth’s atmosphere, such as it actually is, in a state of continual motion and agitation greater or less in all its parts, it is not very easy to ascertain; and it is besides rather a question to be decided by experiment and observation than by any theory.” (DALTON, 1826, pág. 186)

Outro tema recorrente encontrado no *Philosophical Transactions* refere-se ao movimento dos gases e de que maneira seria possível equacionar e prever tais movimentos. Sobre este assunto destacamos os artigos produzidos por THOMSON (1853), MAXWELL (1867, 1875) e GRAHAM (1846). Estes trabalhos possuem em comum a preocupação com a dinâmica dos gases em diversas escalas, desde a molecular até a sinóptica, sustentados majoritariamente pela investigação laboratorial e pela abordagem físico-matemática dos problemas associados ao movimento dos fluídos. MAXWELL (1867, 1875), por exemplo, após relatar todas as aproximações e simplificações necessárias ao estudo dos gases em laboratório, anuncia uma série de lacunas existentes nos estudos desta temática, que vão desde

avaliações incorretas sobre o papel da temperatura até a ausência de um estudo que consiga avaliar, com precisão, a pressão que determinado gás exerce sobre o movimento de outro. GRAHAM (1846), por sua vez, ocupa-se em estudar as diferentes velocidades de expansão e compressão dos gases em diferentes recipientes e condições ambientais. A partir de seus experimentos o autor nos relata a possível descoberta de uma lei, na qual a velocidade de compressão de um gás seria equivalente à raiz quadrada de sua gravidade específica. Com isso GRAHAM (1846) discorre sobre os benefícios de se investigar a elasticidade dos gases em vista desta descoberta. Contudo, suas considerações dedicam-se antes aos experimentos controlados do que à situações da atmosfera real.

Ainda em relação ao movimento dos gases, não se pode deixar de analisar o papel do vapor. Neste ponto os trabalhos de TYNDALL (1863) e FARADAY (1826) merecem atenção devido à repercussão de suas pesquisas. O primeiro estabeleceu diretrizes fundamentais para os estudos de absorção e emissão de calor pelos gases, incluindo o papel da nebulosidade, analisado com bastante afinco. Com isso TYNDALL (1863) consolidou um dos traços mais importantes do balanço radiativo. FARADAY (1826) por sua vez, pesquisou a possibilidade de existência de limites de evaporação, tanto para os corpos que emitem quanto para a atmosfera que absorveria este vapor d'água. A partir de seus experimentos, o autor consegue uma excelente aproximação quanto ao volume máximo de água na atmosfera e aos mecanismos de saturação.

Por fim, temos os artigos de SYKES (1835) e PEARSON *et al* (1897) relacionam-se diretamente com a questão dos tipos de tempo. Uma característica peculiar destes trabalhos encontra-se no fato de ambos mesclarem uma abordagem matemática com a observação meteorológica, combinação que não foi encontrada nos demais trabalhos citados do *Philosophical Transactions*. Isso se deve a preocupação em compreender e explicar as variações do tempo meteorológico, em escala local, a partir dos movimentos atmosféricos em escala sinótica. Por isso, ambos os trabalhos se ocupam tanto da descrição de sequências de tempo meteorológico quanto da sugestão de equações capazes de dar conta das ondulações e das variações do tempo.

Com isso encerramos as considerações acerca do estudo do tempo meteorológico e do clima no século XIX. A partir das reflexões apresentadas esperamos ter contribuído para esclarecer o “estado da arte” da Meteorologia neste período, e que alcançaria seu auge com a Escola Norueguesa, nos primeiros anos do século XX. A Teoria da Escola Norueguesa, como se sabe, se baseia na existência de superfícies atmosféricas de descontinuidade entre o ar quente e úmido (equatorial) e o ar frio e seco (polar). Alguma variação sensível nesta superfície, ou frente, extrairia a energia necessária das diferenças entre as duas massas de ar, desenvolvendo-se em uma onda instável, a qual se destruiria com o passar do tempo, com o processo de oclusão.

Contudo, acreditamos que grande parte do mérito atribuído a aos Bjerknes resida nos trabalhos de DOVE (1862). Conforme exposto acima, este autor apresentou sua teoria baseado em dados consideráveis, sobretudo observações realizadas em montanhas. Com isso pretendia demonstrar que o ar aquecido surgia antes em altitude e depois em superfície, ao contrário do ar frio. DOVE (1862) também foi capaz de estabelecer um conceito similar ao das frentes, ao determinar que ocorressem “barreiras inclinadas” entre o ar frio e o aquecido, certamente ultrapassou o nível especulativo. Contudo, seu principal interesse residia na tentativa de demonstrar que as tempestades possuíam um movimento rotacional, sugestão esta que só pode ser confirmada quase meio século depois, com o acúmulo de evidências a partir das cartas sinópticas. Provavelmente o principal ponto fraco da proposta de DOVE (1862) encontra-se no fato de que não havia uma associação bem estabelecida entre as correntes e a circulação geral e a formação de tempestades.

A partir das considerações apresentadas, podemos visualizar algumas características que terão uma forte presença nos estudos acerca dos tipos de tempo do século XX. Entre elas, destacamos a permanência de procedimentos de matriz subjetiva-qualitativa em oposição ao predomínio das abordagens quantitativas, as quais passam a ter um alcance extraordinário, principalmente a partir do uso de modelos computacionais.

7. O estudo do tempo atmosférico nos Séculos XX e XXI

“Climate is what you expect, weather is what you get.”

(Ditado popular)

Conforme apresentado no capítulo anterior, uma parte significativa dos trabalhos produzidos ao longo do século XX, e mesmo no século XXI, adotam como fundamento os conceitos propostos pela Escola Norueguesa de Meteorologia. Porém, isto não significa que não ocorreram propostas alternativas. A importância da Escola Norueguesa reside, antes de tudo, na sua aplicabilidade, justamente sendo desenvolvida no período entre guerras, sua eficácia chamou atenção de meteorologistas do mundo todo, a despeito de suas lacunas teóricas. Ou seja, sua praticidade sobrepujou certas inconsistências teóricas, que somente muito mais tarde foram abordadas novamente. Outro aspecto relevante dos séculos XX e XXI refere-se à diversidade de concepções a respeito dos tipos de tempo, ora associados à escala local e de ocorrência diária, ora à escala sinóptica e semanal. Fica evidente também uma maior preocupação em incorporar a noção de tipos de tempo a algum esquema teórico-conceitual, ainda que os esforços para definir o conceito sempre encontrem os mesmos problemas. Cabe ressaltar ainda que a noção de tipos de tempo mostra-se cada vez mais associada à previsão do tempo, ganhando com isso projeção significativa e estabelecendo relações com diversas disciplinas correlatas ou interessadas na previsão do tempo meteorológico. Tal característica parece ter contribuído decisivamente para a miríade de concepções que temos associada a este termo, sob os mais diversos rótulos, desde a climatologia complexa até a previsão numérica desenvolvida por Edward Lorenz. Finalmente, em direção ao século XXI, temos o predomínio dos modelos computacionais e métodos objetivos de identificação e classificação de tipos de tempo, destacando-se a iniciativa COST 733, um projeto de cooperação internacional envolvendo cerca de 20 países europeus a estabelecerem um catálogo de tipos de tempo para o continente, apresentando resultados promissores.

Dessa forma daremos início ao capítulo a partir das contribuições dos estudos produzidos nas primeiras décadas do século XX. Tais trabalhos, majoritariamente apresentados na forma de artigos, constituem-se em uma importante alternativa aos manuais de climatologia e meteorologia, tão comuns à época. Nestes trabalhos observa-se um esforço constante de aplicar a noção de tipos de tempo, sendo para isso elaboradas diversas propostas subjetivas de classificação, cada qual com suas vantagens específicas a determinado tema.

O primeiro autor que trabalharemos, NICHOLS (1925) mostra-se relevante para esta análise através de sua proposta subjetiva de classificação de tipos de tempo, uma iniciativa bastante recorrente à época. O primeiro ponto de seu trabalho se concentra em esclarecer a importância de trabalhar os parâmetros meteorológicos em conjunto. O autor destaca o fato de que, apesar de ser possível estabelecer uma ideia generalizada a respeito do clima, estaríamos longe de definir uma representação fidedigna acerca de seu comportamento. Segundo NICHOLS (1925) isto se explicaria pela dificuldade em compreender as diferentes inter-relações entre estes elementos em seus distintos modos de ocorrência, principalmente pelo fato de tais características não serem identificadas a partir dos registros das estações meteorológicas. Ou seja, apesar de ser possível determinar quais dias de verão ou inverno apresentaram-se mais chuvosos ou secos, os dados não demonstram o impacto desse comportamento sobre os demais aspectos da circulação atmosférica. A partir disso o NICHOLS (1925) propõe um esquema em que as classes de tempo podem ser definidas em termos de graus de intensidade de parâmetros como temperatura, radiação solar, precipitação, umidade e velocidade e direção do vento. Nesta proposta nenhuma classe deveria sofrer sobreposição, além de incluir todas as condições que poderiam ocorrer, por exemplo: “ensolarado-quente-úmido-com vento”, tal combinação resultaria em até 720 classes de tempo. NICHOLS (1925) ainda destaca o fato de que sua proposta de classificação, ao agrupar diferentes categorias para os parâmetros selecionados, e ao atribuir uma letra para cada categoria, permitiria uma classificação rápida de um grande número de observações. Destaca-se ainda a recomendação realizada pelo autor para que as classes de tempo sejam identificadas a partir de diferentes escalas temporais além da diária, incluindo a semanal, a mensal e a sazonal. Segundo NICHOLS (1925) não se pode deixar de estudar a frequência dos tipos de tempo, pois, a despeito da

dificuldade desta tarefa, a quantidade de tipos de tempo que ocorrem durante um mês, ou mesmo durante uma estação, seria relativamente pequena. Em sua proposta de classificação deve-se ressaltar que a maior atenção é dedicada a temperatura e umidade, pois são os parâmetros com maior variedade de subcategorias, portanto com maiores detalhes. Ao apresentar os resultados de sua classificação, NICHOLS (1925) destaca entre 4 e 6 tipos de tempo predominantes para cada mês, mas não apresenta resultados para as demais escalas temporais que havia sugerido anteriormente. Ressalta-se, por fim, a ausência de qualquer explicação, por parte de NICHOLS (1925), a respeito da inter-relação entre as classes de tempo identificadas, o que nos parece um ponto que mereceria maior atenção, uma vez que seria um dos motes para sua proposta de classificação.

Nessa linha de modelos subjetivos de classificação temos o trabalho de SWITZER (1924), no qual o autor destaca a relevância da noção de tipos de tempo, sobretudo pela frequência de sua utilização e aplicabilidade a diversos temas. No entanto o autor também chama atenção para o fato de que a ausência de pressupostos teóricos associados a este conceito teria o distanciado dos manuais de climatologia e meteorologia, os quais apresentariam apenas ideias consolidadas, relegando o estudo e a divulgação dos tipos de tempo para publicações de menor impacto. Em seu estudo sobre a frequência de tipos de tempo, o foco do trabalho consistiria em determinar os tipos de tempo que realmente são vivenciados pela população local. Isto se deve também, esclarece SWITZER (1924), à necessidade de verificar as condições de adaptabilidade do “homem branco” aos trópicos, em função da crescente expansão das atividades econômicas entre estas regiões, sobretudo em relação aos recursos naturais existentes nos países tropicais. Para sua proposta de classificação, SWITZER (1924) utilizou dados diários de nove estações meteorológicas, no entanto, a adoção de critérios arbitrários para a diferenciação entre as classes de tempo demonstra a ausência de qualquer concepção metodológica consolidada. SWITZER (1924) apresenta então nove classes de tempo identificadas: *“hot-rainy, hot-fair-and-windy, hot-fair-and-quiet, moderate-rainy, moderate-fair-and-windy, moderate-fair-and-quiet, cool-rainy, cool-fair-and-windy, cool-fair-and-quiet.”* (SWITZER, 1924, pág. 434).

A partir da delimitação destas classes, SWITZER (1924) elaborou um quadro, apresentado na Figura 7.1, para representar a frequência de cada ‘tipo de tempo’,

para um período de cinco anos. Neste quadro a temperatura seria representada por uma gradação de cores, sendo o “quente” indicado pelo vermelho, o “moderado” pelo verde e o “frio” pelo azul. Os dias com vento seriam indicados por um quadrado e os dias de calmaria por um círculo, caso ocorresse chuva os círculos ou quadrados seriam hachurados, caso contrário permaneceriam em branco. Com isso SWITZER (1924) pretende estabelecer um modelo “sintético e universal” de representação gráfica para os tipos de tempo, permitindo ao leitor indicar uma quantidade razoável de variáveis de uma única vez.

Figura 7.1 - Representação gráfica proposta por SWITZER (1924). Fonte: SWITZER, 1924.

Destaca-se também o trabalho de WARD (1925), a respeito da importância do trabalho de campo para o estudo da atmosfera. Segundo WARD (1925) existiriam três formas de abordar o estudo dos climas. A primeira corresponderia à convencional tabulação de dados, em segundo lugar, teríamos a adição de relatos descritivos dos tipos de tempo e de suas relações com o homem, geralmente escritos por observadores perspicazes. O terceiro, e mais efetivo, seria a experiência pessoal sobre o tempo e o clima de um determinado lugar, algo que seria obtido apenas mediante um conhecimento empírico do local em questão. A descrição convencional do clima, fundamentada em dados numéricos através de métodos bem conhecidos, constitui-se na base do estudo climático. Sem estes dados seria impossível estabelecer investigações detalhadas entre clima e saúde, agricultura ou transporte. Todavia, as centenas de milhares de dados armazenados pelas estações meteorológicas, embora sejam necessários, formam apenas o esqueleto de um conhecimento mais aprofundado sobre o clima. Para WARD (1925), um dos maiores exemplos de superação em relação à abordagem convencional pode ser encontrado no trabalho de Julius Hann.

HANN (1903), por meio de seu principal trabalho, *"Handbook of Climatology"*, as estatísticas climáticas teriam ganhado profundidade a partir de descrições vívidas dos tipos de tempo associados a elas, frequentemente incluindo referências aos efeitos do clima sobre a vegetação, lavouras e demais atividades humanas, associadas também a relatos de moradores locais. Desse modo, a climatologia, para obter o maior progresso científico possível, deve deixar de se concentrar sobre a tabulação dos dados, e se dedicar a investigar as diferentes relações da atmosfera com todas as diversas formas de vida. Nesse sentido os trabalhos de campo seriam fundamentais, para que os geógrafos pudessem observar pessoalmente as relações existentes entre os fenômenos investigados, o que inclui o desenvolvimento e sucessão de tipos de tempo, associados, segundo WARD (1925) à escala local.

Outro aspecto importante para o desenvolvimento das ciências atmosféricas no início do século XX se encontra em sua crescente internacionalização. Com isso a noção de que o tempo atmosférico experimentado hoje por um país estaria intimamente relacionado com o tempo subsequente que os países vizinhos experimentariam, teria levado a uma maior cooperação internacional entre as agências responsáveis pela coleta de dados meteorológicos. Associa-se a isto a

necessidade de investimentos cada vez maiores para ampliação e manutenção das redes de estações meteorológicas, e a urgência de uma cooperação internacional mostra-se evidente, tanto na padronização da produção e comunicação das informações meteorológicas, como no caso das projeções a serem utilizadas nas cartas sinópticas, tudo em prol da obtenção de resultados mais consistentes, frente a um objeto de estudo tão complexo. Obviamente o surgimento do rádio desempenhou um papel fundamental nesse novo momento de progresso, uma vez que permitia a comunicação quase imediata das condições atmosféricas entre estações distantes, cobrindo primeiramente áreas com dimensões hemisféricas, e posteriormente, praticamente todas as estações existentes. Todos esses assuntos vieram à tona durante a reunião da Organização Internacional de Meteorologia de 1929, em Copenhague, e entre eles, um dos temas essenciais para uma postura efetivamente internacional das ciências atmosféricas, se refere à uniformização dos códigos e unidades de medida. Os códigos utilizados tanto para representação quanto para comunicação foram rapidamente padronizados, no entanto, as unidades de medida exigiram uma discussão muito mais ampla, pois envolvia outros setores além da Meteorologia e Climatologia. Contudo, sobretudo pelas necessidades impostas pelo advento da aviação comercial, a uniformização das unidades de medidas tornou-se questão de primeira ordem, sendo solucionada ainda durante a reunião de 1929. Neste momento nos chama atenção a possibilidade de que todo este esforço em direção a uma Meteorologia mais uniforme teria homogeneizado também a experiência do observador, eliminando as idiossincrasias locais em função de uma abordagem mais “científica”. Esta hipótese nos parece relevante pois, mesmo que as propostas de classificação subjetiva ainda existam, a imensa maioria destas iniciativas está voltada para análise em escala sinóptica.

Outro texto que merece atenção é o de GREGG e TANNEHILL (1937), a respeito da padronização internacional para projeção de cartas meteorológicas. Segundo estes autores, a organização de esforços para garantir a uniformidade nas projeções e escalas das cartas meteorológicas seria uma iniciativa bastante recente. Ainda que a carta sinóptica tenha adquirido grande praticidade a partir da invenção do telégrafo elétrico, somente com o surgimento do rádio, foi possível ampliar a área de comunicação entre as estações, de modo que áreas longínquas fossem incluídas na elaboração de prognósticos. Como resultado, as projeções que eram comumente

utilizadas para mapear pequenas áreas, se mostraram inadequadas para as novas dimensões a serem representadas cartograficamente. Soma-se a isto o fato de que estações diferentes, que cobriam áreas sobrepostas, utilizavam projeções distintas, dificultando a análise dessas localidades com dados redundantes. Em face disso, segundo GREGG e TANNEHILL (1937), V. Bjerknes teria sido um dos pioneiros a propor alguma espécie de padronização para a representação cartográfica dos fenômenos atmosféricos. V. Bjerknes teria sugerido que, as cartas sinópticas, por apresentarem uma grande quantidade de informações sobre grandes regiões da superfície terrestre, com todos os detalhes e precisão necessários, seria uma tarefa excessivamente difícil de alcançar. Assim teria proposto que as cartas sinópticas passassem a ser produzidas de acordo com uma articulação uniformizada internacionalmente, a fim de que as informações produzidas por diferentes estações pudessem ser facilmente justapostas ou sobrepostas. Sua proposta encontrou eco entre os meteorologistas, e foi adotada na Resolução 34, do “*Eleventh Ordinary Meeting in London*”, em 1921. Esta resolução especificava três projeções a serem utilizadas: polar, cônica e cilíndrica, além da adoção oficial das seguintes escalas 1: 2.500.000, 1: 5.000.000, 1: 10.000.000 e 1: 20.000.000.

Ainda nesta resolução são definidos os padrões para a simbologia a ser adotada nas cartas sinópticas, destacando-se a representação das massas de ar e frentes. Este assunto nos parece de primordial importância, uma vez que nos interessa saber em que medida tais resoluções teriam influenciado a representação cartográfica dos tipos de tempo, ou talvez tenham mesmo desestimulado a representação de fenômenos em escala local, afinal todas as escalas propostas apresentam poucos detalhes e abrangem territórios imensos.

Contudo, a escala espacial dos tipos de tempo não parece ter sofrido influência apenas das resoluções formais, mas também de proposições teóricas que buscavam organizar o conhecimento meteorológico e climatológico, assim como seus métodos de investigação. Uma das propostas mais importantes refere-se à Meteorologia Dinâmica, sugerida por T. Bergeron, de acordo com WILLETT (1931). Em seu artigo WILLETT (1931) traz para a língua inglesa a discussão proposta pelo artigo de Bergeron, publicado em 1930, o qual seria responsável por estabelecer as bases da Meteorologia Dinâmica. Segundo WILLETT (1931) o artigo de Bergeron traria ao menos duas grandes contribuições para as ciências atmosféricas: em

primeiro lugar, teria sugerido um novo e promissor método de abordagem para o problema de representação e explicação dos diversos climas, em segundo lugar Bergeron oferecia, pela primeira vez, sugestões práticas a respeito de como introduzir na climatologia estatística, alguns dos conceitos desenvolvidos pela Escola Norueguesa, em associação com a análise das cartas sinópticas. A tese principal de Bergeron seria de que, mesmo com a grande quantidade de registros meteorológicos, o papel da climatologia ainda se mostrava essencialmente descritivo, com poucos esforços para organizar os fenômenos estudados a partir de concepções dinâmicas ou termodinâmicas. Nessa perspectiva, para que a climatologia obtivesse um status científico seria necessário que oferecesse indicações de quais seriam as principais forças termodinâmicas a controlarem o clima. Segundo WILLETT (1931), Bergeron propôs, em seu artigo, que a climatologia realizasse tais tarefas a partir da incorporação do conceito de “massas de ar” em suas análises. As “massas de ar”, por sua vez, corresponderiam a “feições claramente identificáveis a partir das cartas sinópticas”, que se destacariam pela uniformidade horizontal na distribuição de seus atributos. Para Bergeron, o surgimento das “massas de ar” estaria associado, em primeiro lugar, a existência de áreas na superfície terrestre nas quais as condições seriam tão uniformes que a atmosfera sobrejacente adquiriria homogeneidade horizontal em suas propriedades. Em segundo lugar, a ocorrência da circulação em larga escala, entre as regiões subpolares e subtropicais, pois isto garantiria o transporte das “massas de ar” com um considerável grau de conservação de suas propriedades, devido à baixa presença de turbulência nesses processos de larga escala. WILLETT (1931) segue apresentando os métodos de identificação e classificação das “massas de ar” elaborado por Bergeron, assim como as propriedades que definem cada tipo de “massa de ar”, definindo as bases da análise sinóptica a partir das “massas de ar”, procedimento que se tornaria praticamente obrigatório, ao longo do século XX, nos escritórios e estações meteorológicos. Por fim, WILLETT (1931) discorre sobre a praticidade da proposta de Bergeron, destacando o fato de que com esta metodologia os tipos de tempo poderiam ser estudados com maior precisão, pois cada tipo de “massa de ar” seria capaz de produzir uma quantidade fixa de tipos de tempo, os quais deveriam ser investigados em escala regional, além de inserir a temática no universo da Climatologia Dinâmica.

Outros autores que contribuíram para divulgar o estudo dos tipos de tempo nas primeiras décadas do século XX foram BLAIR (1933) e REED (1932). O primeiro se destaca por apresentar uma preocupação, ainda que mínima, em definir a expressão tipos de tempo. A princípio estaria associada ao fato de que condições de tempo semelhantes frequentemente sucedem uma a outra, em uma quinzena ou um mês, e então rapidamente dariam lugar a outro tipo de tempo sensivelmente diferente. A estas persistências de duração indefinida, BLAIR (1933) denomina tipos de tempo. Este tipo de variabilidade estaria conectado a alterações na circulação geral, que por sua vez controlaria os centros de baixas e altas pressões sazonais e semipermanentes, os quais, por fim, atuariam sobre os trajetos das áreas ciclônicas e anti-ciclônicas, aos quais os tipos de tempo estariam atrelados. BLAIR (1933) defende ainda que a existência de tipos de tempo torna-se possível apenas pelo predomínio que a atmosfera apresentaria em manter suas condições, ou seja, seria um fenômeno associado a períodos de estabilidade. Por fim o autor ressalta o fato de que seria impossível identificar os tipos de tempo a partir dos registros meteorológicos, sendo que apenas a visualização dos campos de pressão, em escala sinóptica, permitiria a identificação dos padrões de tempo e dos prováveis trajetos que tais processos seguiriam. Já REED (1932) apresenta um catálogo com seis tipos de tempo, classificados a partir das correntes predominantes nos Estados Unidos, identificando os tipos de tempo a partir de uma escala regional, e definindo suas propriedades para o aperfeiçoamento dos prognósticos. No entanto, REED (1932) não fornece detalhes sobre seus procedimentos de classificação, uma vez que as feições similares seriam evidentes a partir das cartas sinópticas, tampouco busca definir formalmente a noção de tipos de tempo.

Entre os autores que associam a ocorrência de tipos de tempo a processos de escala sinóptica, destacamos o trabalho de BJERKNES (1921), no qual o autor confirma que as mudanças mais significativas do tempo atmosférico, nas médias e altas latitudes, estão associadas a uma linha de descontinuidade entre “massas de ar” de propriedades distintas. Destaca-se o esforço de BJERKNES (1921) em demonstrar a evidencia de seus conceitos através das cartas sinópticas, defendendo também a possibilidade de uma abordagem genética através do estudo das “massas de ar”. Desde o início da Escola Norueguesa, um dos focos de sua metodologia sempre esteve voltado para a análise sinóptica, sendo assim, não parece improvável

que sua postura tenha influenciado toda uma geração de meteorologistas, os quais passaram a adotar seus procedimentos metodológicos e pressupostos teóricos como orientação básica para a análise das condições atmosféricas.

Outras contribuições menores incluem os artigos de DONNELLY (1925), NICHOLS (1927), PEPPLER (1925), BRANDENBURG (1901), BROWN (1901) e GARRIOTT (1901). O artigo de DONNELLY (1925) se destaca por ser um dos únicos trabalhos deste período que não se preocupa em oferecer uma classificação dos tipos de tempo fundamentada em uma escala sinóptica, mas sim baseada no conforto térmico, recorrendo para isso a uma análise de escala essencialmente local. Em sua proposta os parâmetros utilizados são temperatura, vento, incidência de radiação solar e evaporação, pois tais elementos seriam os mais significativos em relação a um índice de conforto térmico. Com sua proposta, DONNELLY (1925) obteve cerca de 30 tipos de tempo, atuantes em escala local, e com durabilidade média em torno de 24 horas, e a partir disso cruzou as propriedades de cada 'tipo de tempo' com diversas atividades profissionais, como sapataria, trabalho em madeira, pintura, alfaiataria e etc., identificando qual tipo de tempo seria mais apropriado para cada uma dessas atividades. Os artigos de NICHOLS (1927) e PEPPLER (1925), embora sucintos, apresentam contribuições interessantes, o primeiro por apresentar uma análise focada na representação gráfica da frequência dos tipos de tempo, algo que não era usual para a época. NICHOLS (1927) apresenta suas classes de tempo em uma escala sinóptica e diária, obtendo até 28 classes de tempo para um único mês, evidenciando a complexidade do objeto de estudo. Infelizmente, o autor não oferece maiores detalhes sobre os procedimentos adotados para a elaboração de tal classificação. Já PEPPLER (1925) destaca-se por oferecer uma classificação de tipos de tempo baseada não apenas nos dados tradicionais, como temperatura, umidade, vento, precipitação e pressão, mas associando estes elementos à sua variabilidade vertical (quando havia dados disponíveis para isso), obtendo assim uma classificação mais precisa. Entre seus principais resultados, o autor ressalta o menor número de classes de tempo nos níveis mais altos em relação aos dados de superfície. Contudo, novamente, não há uma explicação detalhada acerca dos procedimentos que levaram a tal classificação. BROWN (1901) apresenta uma proposta interessante de obter tipos de tempo a partir de uma coleção de cartas sinópticas publicadas em um jornal local, resultando em um sistema puramente

empírico. BROWN (1901) também ressalta o fato de que seu trabalho não possui nenhuma preocupação teórica ou hipótese associada a qualquer tipo de ciclo atmosférico, dedicando-se apenas a demonstrar a existência de condições semelhantes, que persistiriam por alguns dias, e seriam gradualmente transformadas, em novas configurações, mas que também possuiriam semelhanças com condições previamente identificadas. Já GARRIOTT (1901) apresenta maior preocupação teórica, contextualizando de forma mais adequada as dificuldades inerentes ao estudo dos tipos de tempo, além de apresentar uma proposta para a classificação dos tipos de tempo em escala sinóptica, atuantes sobre os Estados Unidos. GARRIOTT (1901) esclarece que a classificação de tipos de tempo tem sido reconhecidamente, uma ajuda importante para a previsão do tempo, por muitos anos. Contudo, o trabalho de classificação ainda não teria sido alvo de nenhuma tentativa sistemática de organização dos resultados obtidos e procedimentos utilizados, formando apenas parte da experiência individual dos meteorologistas, e não um banco de dados compilado e preservado para referências futuras. Segundo GARRIOTT (1901) a falha em registrar de modo permanente os resultados dos estudos sobre tipos de tempo deve-se ao fato de que as regiões abrangidas pela rede de telégrafos eram muito limitadas para admitir uma classificação satisfatória para uso efetivo no trabalho de previsão. Isto se deve ao fato de que os meteorologistas mais experientes aprendem que um prognóstico não pode ser realizado a partir de um único mapa ou de um conjunto de mapas. É necessário que a história das condições que os mapas individuais apresentam seja estudada e considerada, e esta habilidade só pode ser obtida através da experiência, sendo ancorada também por registros passados. Isto se deve ao fato de que condições diferentes frequentemente resultam de mapas aparentemente similares, os quais não necessariamente pertencem ao mesmo tipo de tempo. Assim os tipos de tempo correspondentes precisam apresentar formações e movimentos atmosféricos com o mesmo caráter, estendendo-se, no mínimo, por alguns dias. Quando esta condição for encontrada, o meteorologista deve procurar o registro de cartas sinópticas em busca de um quadro semelhante, e assim elaborar um prognóstico adequado a partir da comparação entre tipos de tempo. A partir de nosso ponto de vista, o que GARRIOTT (1901) enfatiza é a necessidade primordial de decidirmos o que constitui os tipos de tempo. O único consenso em relação a este assunto parece se referir a importância de avaliar o comportamento das altas e baixas pressões, e não apenas

suas posições relativas em uma dada observação. A principal pergunta neste sentido seria a respeito da formação destas altas e baixas pressões, assim como a direção na qual estariam sendo transportadas, e somente depois dessa avaliação os outros parâmetros seriam incorporados. Ainda segundo GARRIOTT (1901) a previsão baseada no conhecimento dos tipos de tempo, mas sem um conhecimento das forças que operam para produzir estes tipos, não pode ser considerar uma atividade estritamente científica. Pois não se estabeleceria uma relação entre causa e efeito, mas sim entre condições presentes com condições passadas que possuíam algum grau de semelhança, na expectativa de que os resultados também sejam semelhantes. Contudo, GARRIOTT (1901) parece se conformar com o desenvolvimento da meteorologia, dizendo que para que esta etapa seja superada, a disciplina precisaria de seu próprio Kepler ou Newton. Por fim, o autor afirma que aprender a identificar os tipos de tempo, seria o primeiro passo em direção ao estudo das forças que os originam e controlam.

Um aspecto essencial para se compreender o desenvolvimento e o direcionamento dado a Meteorologia ao longo do século XX se refere ao trabalho da Escola Norueguesa, notadamente por meio de seus membros mais famosos, Vilhelm e Jacob Bjerknes. Segundo GRAMELSBERGER (2009), durante o século XIX o interesse a respeito da circulação geral da atmosfera ganhou terreno na Meteorologia, destacando-se os trabalhos de Dove e Ferrel, já citados nesta dissertação, os quais conseguiram explicar de modo mais consistente os principais processos e movimentos atmosféricos. Contudo, paralelamente a este desenvolvimento a dinâmica da atmosfera se tornou um tópico associado a hidrodinâmica, chamando atenção de matemáticos e físicos teóricos, dedicados ao estudo de fluídos ideais. Aplicar hidrodinâmica à atmosfera requer explicar tanto o surgimento e o desaparecimento de vórtices, bem como a transição de um fluxo laminar para um fluxo turbulento. Segundo GRAMELSBERGER (2009) tais questões chamaram a atenção de Vilhelm Bjerknes, na década de 1890, e o inspiraram a construir um “teorema generalizado da circulação atmosférica”, através do qual ele esperava derivar equações que seriam independentes das formas específicas dos corpos analisados. Seguindo esta linha de estudos V. Bjerknes teria percebido que a densidade em fluídos heterogêneos, sem restrição de compressibilidade, dependeria não apenas da pressão, mas também de outras variáveis. Em resumo, existiriam

outros elementos capazes de manter uma circulação em fluídos heterogêneos. Com isso, V. Bjerknes estabeleceu um modelo geométrico de circulação, no qual a pressão e densidade intersectavam-se em uma superfície tridimensional, formando uma série de tubos que foram denominados solenoides. Assim, o número de solenoides englobando a curva do fluído poderia determinar a taxa de crescimento daquela circulação. A proposta de V. Bjerknes recebeu atenção imediata, e logo começou a se difundir entre a comunidade de meteorologistas, incentivando a continuidade de seu trabalho. Uma série de artigos fundamentais foi publicada por V. Bjerknes nos primeiros anos do século XX, destacando-se não apenas um aperfeiçoamento de seu modelo geométrico de circulação, mas também seu esforço de estabelecer as bases para um “método racional de previsão do tempo atmosférico”, o qual seria fundamento nas leis mecânicas e físicas da atmosfera, em oposição aos procedimentos puramente estatísticos ou empíricos. Segundo GRAMELSBERGER (2009) o artigo de V. Bjerknes a respeito de um novo método para previsão do tempo, introduzia leis de mecânica e física da atmosfera, assim como as equações resultantes, considerações a respeito da integração destas equações, uma proposta de como decompor o problema principal em porções menores, uma discussão a respeito da resolução dos dados iniciais, baseados em observação. A partir destes temas V. Bjerknes teria desenvolvido seu método para “construir imagens dos futuros estados da atmosfera a partir de seu estado atual”. Apesar das simplificações necessárias em seu modelo, como a ausência de evaporação, pode-se dizer que V. Bjerknes obteve êxito em sua empresa. Com isso, V. Bjerknes se manteve plenamente convencido de que prognósticos confiáveis somente seriam alcançados se a Meteorologia se tornasse uma ciência exata sobre a atmosfera. Apesar de não ser o primeiro a propor esta mudança nos rumos da Meteorologia, pode-se dizer que V. Bjerknes foi pioneiro em estabelecer um programa extensivo realmente capaz de trazer um status científico para a Meteorologia. Seu programa incluía observações regulares e unificadas, um modelo construído a partir de leis físicas da atmosfera e um método de computação efetivo, buscando um novo patamar qualitativo, no qual o tempo atmosférico de um único dia poderia ser calculado com antecedência. Tais avanços levaram ao desenvolvimento de um dos principais conceitos estabelecidos pela Escola Norueguesa, a Frente Polar, exercendo também forte impacto sobre a Meteorologia e Climatologia.

Segundo FRIEDMAN (1982) os conceitos da Escola Norueguesa, como massas de ar, frentes, frente polar e ciclones evolucionários, representaram o nascimento de uma ciência efetivamente abrangente em relação ao tempo meteorológico. Um dos aspectos mais importantes do artigo de FRIEDMAN (1982) reside no fato do autor não ter limitado sua abordagem aos eventos estritamente científicos, recorrendo a uma diversidade de fontes, FRIEDMAN (1982) conseguiu reconstituir elementos sociológicos que foram fundamentais para que a Escola Norueguesa se desenvolvesse da forma como conhecemos. Entre os aspectos que serão vistos de forma mais cuidadosa, destacamos o receio de V. Bjerknes do isolamento disciplinar no meio acadêmico, sua aguçada percepção sobre a importância que a aviação comercial viria a adquirir e sua experiência durante a Primeira Guerra Mundial, tudo isso em associação com seu desejo de estabelecer um método de previsão racional e mais confiável, resultou no modelo da Frente Polar, a qual originalmente consistia em uma única superfície tridimensional de descontinuidade, alongando-se pelo hemisfério setentrional, separando as massas de ar polar e tropical. Segundo FRIEDMAN (1982), ao longo de sua formação acadêmica V. Bjerknes teria percebido que o direcionamento e o conteúdo de uma ciência são orientados pela estrutura de autoridade e poder existentes em sua prática profissional. Dessa forma, o trabalho que V. Bjerknes vinha desenvolvendo com seu pai, de unificar os campos da física através de uma reformulação dos procedimentos matemáticos usualmente utilizados, rapidamente deixou de receber atenção da comunidade europeia de físicos, os quais passavam a se interessar cada vez mais pela teoria dos elétrons, radioatividade e raios-X. Para não abandonar seu trabalho com os aspectos mecânicos de física, V. Bjerknes teria optado por aplicar suas hipóteses aos fenômenos atmosféricos e oceânicos, percebendo gradualmente o potencial que possuía em transformar um campo tradicionalmente periférico, como a Meteorologia, em uma questão central na comunidade científica europeia. Nesse sentido V. Bjerknes propôs estabelecer uma física exata para a atmosfera, a qual, uma vez constituída permitiria a realização de previsões racionais do tempo atmosférico, baseadas nas leis da mecânica. Ou seja, este projeto visava definir o estado da atmosfera em um determinado momento e então, usando equações hidrodinâmicas e termodinâmicas, seria possível definir os estados futuros da atmosfera. Segundo FRIEDMAN (1982), V. Bjerknes defendia que o estado atual da atmosfera seria determinado a partir do conhecimento dos seguintes parâmetros:

temperatura, pressão, umidade, densidade e velocidade do vento, a partir de diferentes coordenadas, e em diferentes níveis acima da superfície. Destacamos o fato de que a nebulosidade não era um elemento levado em consideração, muito provavelmente devido a dificuldade de se quantificar esta variável. Dessa forma, mesmo que fossem necessários meses para calcular uma mudança na atmosfera que ocorresse em poucas horas, ainda assim, seria uma vitória para seu projeto, pois significaria que as leis subjacentes a estas mudanças eram de fato conhecidas. Paralelamente o entusiasmo com a aviação crescia cada vez mais, dando origem a uma subespecialidade denominada aerologia, voltada especificamente para o estudo da “atmosfera livre” acima da superfície. Por volta de 1910 a aerologia era o campo mais dinâmico e promissor da Meteorologia, o que obviamente reteve a atenção de V. Bjerknes. Contudo, para que pudesse se envolver neste campo de pesquisa, seriam necessários recursos financeiros e técnicos que não estavam disponíveis na Noruega, fazendo com que V. Bjerknes se mudasse para a Alemanha, tornando-se diretor e professor do instituto de geofísica da Universidade de Leipzig, usando seus cargos e influência para estabelecer um novo sistema e uma nova rede de previsão atmosférica na Alemanha. Já em fins da década de 1910, durante um dos procedimentos de previsão, realizados por Jacob Bjerknes (filho de V. Bjerknes), ele descobriu que as observações eram demasiadamente esparsas para um uso satisfatório das equações de prognósticos, porém, a qualidade dos dados permitiu a Jacob estabelecer um novo e inesperado modo de prever precipitação. De acordo com FRIEDMAN (1982), ao examinar as cartas de fluxo de vento, Jacob teria observado linhas gêmeas de convergência, as quais formavam características fundamentais do ciclone, ao invés de apenas acompanhá-lo. Posteriormente, uma análise mais cuidadosa deste conjunto de mapas teria revelado uma estrutura termal assimétrica consistindo de uma “língua” de ar quente delimitada por ar frio. Similarmente, o padrão da precipitação no ciclone, agora aparecia intimamente associado com as linhas de convergência que constituíam o ciclone, bem como a sua trajetória, sendo este um dos primeiros meios empíricos para prever o movimento de um ciclone. Em função da descoberta de Jacob, Vilhelm teria despertado para o fato de que tanto os aspectos práticos quanto teóricos da Meteorologia, mereciam atenção urgente, sobretudo em função da aviação comercial, que neste momento começava a se desenvolver rapidamente. Em vista disso, V. Bjerknes começou a implantar seu projeto para uma nova rede de estações

meteorológicas, com observadores devidamente treinados a partir dos novos conceitos estabelecidos pela Escola Norueguesa. A experiência obtida durante o período de guerra teria ensinado aos meteorologistas que um prognóstico realmente efetivo necessita de uma precisão geográfica muito maior e detalhada do que os prognósticos tradicionais eram capazes de fornecer, além de enfatizar o foco nas mudanças de curto prazo, entre e duas e seis horas, nas condições atmosféricas. Para superar os prognósticos vagos, para períodos de 12 a 24 horas, comumente utilizados antes da guerra, seria necessário alterar também a estrutura da comunicação, destacando-se a presença do rádio, do telefone e dos telégrafos sem fios. Quando Vilhelm e Jacob Bjerknes deixaram de se concentrar apenas sobre os aspectos teóricos da Meteorologia, e voltaram suas atenções para os aspectos práticos, deixaram de lado o modelo de conceitualização baseado na cinemática e hidrodinâmica e começaram a desenvolver modelos baseados em uma atmosfera física. Ao invés de falarem em linhas de convergência bidimensionais em um campo de vento horizontal, eles falavam em superfícies de descontinuidades tridimensionais constituindo os limites físicos entre diferentes massas de ar. Estas descontinuidades ou frentes, como foram denominadas posteriormente, constituam os ciclones, e com isso permitiram aos pesquisadores noruegueses um meio de compreender os fenômenos do tempo, em três dimensões, associados a esses sistemas. Dessa forma os meteorologistas não apenas poderiam localizar de forma mais precisa a ocorrência de chuva ou neve ao longo destas linhas de descontinuidade associadas aos ciclones, como também poderiam determinar a ocorrência de outros fenômenos cruciais para a aviação, como nebulosidade e mudanças bruscas nos ventos, temperatura ou pressão.

Ainda segundo FRIEDMAN (1982), a partir desta nova perspectiva sobre a atmosfera, a Escola Norueguesa teria fundado o conceito de Frente Polar, em seguida rapidamente surgiram os conceitos de frente quente, de oposição ou “batalha” entre duas massas de ar distintas, a noção de ciclo de vida dos ciclones e a capacidade de ciclones maduros originarem novas formações ciclônicas. Com isso, outros pesquisadores passaram a investigar cartas sinópticas antigas em busca de evidências que comprovassem as propostas desenvolvidas pelos Bjerknes, sendo que raramente foram relatados casos que confirmavam o modelo idealizado pelos noruegueses. A evidência empírica, por si só, não levaria ao

desenvolvimento da Frente Polar, uma vez que foi necessário defini-la, antes de tudo, no nível conceitual. Contudo, apesar da descoberta de que um segundo ciclone poderia se originar da superfície com tempestade ter se constituído em um pré-requisito para a articulação do conceito, isto não seria o suficiente para explicar porque os Bjerknes fizeram transposição de um fenômeno regional para uma descontinuidade em escala hemisférica. Não demorou muito para que atribuíssem a formação de ciclones e anticiclones aos movimentos da frente polar, que seria seguida por “ataques” e “contra-ataques” pelo ar polar e equatorial, associada às ondulações de larga escala, de oeste para leste, das latitudes temperadas, considerando os demais fenômenos atmosféricos como “detalhes” internos à esta circulação. Outro aspecto que merece atenção na história dos conceitos desenvolvidos pelos Bjerknes e sua equipe se referem ao problema dos nevoeiros em relação à aviação comercial. V. Bjerknes rapidamente passou a associar a ocorrência de nevoeiros aos setores “estacionários” da Frente Polar, ainda que não houvesse uma explicação física para a ocorrência de nevoeiros nestas regiões. Em seguida V. Bjerknes teria passado a “vender” seus conceitos e modelos explicativos, como os únicos capazes de prever os nevoeiros, ainda que não conseguissem explicar a formação deste fenômeno. De acordo com FRIEDMAN (1982) esta postura se mostra coerente com o empenho dos Bjerknes e seus colegas em construir uma nova meteorologia, tendo como centro a Noruega, levando a um período de intensa publicidade e autopromoção para os trabalhos desenvolvidos sob esta vertente. Após toda essa empreitada desenvolvida pelos Bjerknes, o conceito de Frente Polar, entre outros, rapidamente tornou-se hegemônico entre diversos serviços de previsão do tempo por todo o ocidente. Porém, a respeito das contribuições realizadas pelos Bjerknes, MASS (1991) afirma que um aspecto que merece grande atenção diz respeito ao fato de que muitos meteorologistas, operacionais e acadêmicos, freqüentemente interpretam os dados meteorológicos a partir do ponto de vista da Escola Norueguesa, mesmo quando ocorrem discrepâncias notáveis. Outro aspecto que este autor destaca seria o fato de que modelos conceituais simples, uma vez aceitos, mostram-se consideravelmente resistentes a críticas e alterações, isto porque muitos indivíduos que trabalharam com tais concepções acabam simplesmente ignorando estas novas feições. Entre os principais problemas encontrados neste modelo, podemos citar, por exemplo, a impossibilidade de se identificar, por meio de imagens de satélite, uma frente

quente. Ainda segundo MASS (1991), outros exemplos podem ser encontrados na dificuldade em se registrar o desenvolvimento de ciclones que cumpram todos os requisitos elaborados pela Escola Norueguesa, assim como ocorre com as frentes oclusas. Sendo que os processos clássicos de oclusão e formação de ciclones raramente são observados por completo. Associa-se a isto o fato de que este modelo não apresenta uma descrição adequada da estrutura da troposfera superior, assim como sua interação com os distúrbios da baixa troposfera. A respeito destas lacunas, cabe destacar que, quase um século após a divulgação das concepções da Escola Norueguesa, ainda não foi possível estabelecer uma compreensão detalhada do movimento do ar e da evolução dos ciclones em latitudes médias, assim como tem se mostrado bastante difícil saber se esta evolução apresenta variações significativas em relação a regiões ou condições sinópticas distintas.

Contudo, segundo THOMPSON (1983), a Escola Norueguesa realizou outra contribuição fundamental para o desenvolvimento da Meteorologia: ao estabelecer as premissas básicas da previsão numérica. Apesar de inúmeros outros pesquisadores terem se dedicado a esta questão, a insistência de V. Bjerknes em estabelecer um processo para solucionar as equações que governam o comportamento da atmosfera, a partir de uma condição inicial conhecida, teria auxiliado a popularizar esta ideia entre os centros de pesquisa e previsão. De acordo com THOMPSON (1983), um dos pioneiros neste esforço foi Lewis Fry Richardson, com seu livro *"Weather Prediction by Numerical Process"*. Neste livro Richardson teria descrito seu método de cálculo, apesar de apresentar graves equívocos, os quais exigiriam que uma perturbação atmosférica de larga-escala se deslocasse com a velocidade do som, seu livro causou grande impacto. Um dos aspectos mais comentados a respeito deste livro se refere à *"weather factory"*, idealizada por Richardson, que corresponderia a uma enorme organização, com especialistas em cálculos, calculando o tempo atmosférico na mesma velocidade em que os processos físicos ocorriam de fato. Obviamente, tal iniciativa era inviável à época, para que este trabalho se tornasse uma realidade, seria necessária, antes de tudo, uma máquina de computar capaz de calcular o prognóstico para o próximo dia em menos de 24 horas. Contudo, mesmo com o rápido progresso da computação eletrônica e o surgimento de máquinas capazes de realizar tais cálculos, foi somente com o trabalho de John von Neumann que a previsão numérica passou a progredir

significativamente. Segundo THOMPSON (1983) Von Neumann percebeu que estas máquinas deveriam ser “auto-programáveis”, ou seja, não seria necessário dizer ao computador quais tarefas deveriam ser executadas. A partir desse ponto de vista foi possível desenvolver um “ciclo de execução” que poderia ser reutilizado para diferentes conjuntos de dados, esta nova técnica permitiu um avanço extraordinário no cálculo de processos hidrodinâmicos de larga-escala. Já em 1952, havia evidência suficiente de que mesmo o método numérico mais rudimentar era capaz de alcançar uma precisão razoável, em comparação com os prognósticos elaborados a partir de meios tradicionais. Tamanho progresso evidente recebeu atenção de universidades e órgãos governamentais interessados em aperfeiçoar os resultados do método numérico de previsão, sobretudo para fins militares.

Ainda a respeito dos avanços associados a previsão do tempo, REED (1977) destaca que a ferramenta básica para esta atividade foi, por muito tempo, a carta sinóptica, ainda que somente após a invenção do telégrafo a comunicação tenha se tornado eficiente para permitir a produção das cartas sinópticas em tempo hábil para a realização de prognósticos. Esta situação se manteve pelos próximos 50 ou 60 anos, sendo que a experiência obtida através da leitura das cartas sinópticas constituía-se em um dos principais recursos dos meteorologistas. Nesse sentido, a previsão era essencialmente um exercício de geometria isobárica, realizada através dos movimentos dos sistemas de pressão, das estatísticas sobre o trajeto das tempestades e baseada em um conjunto de regras empíricas locais, que juntos, propiciavam a projeção de centros de baixa pressão e outras feições. A partir dessas considerações é fácil suspeitar que a união entre os princípios físicos e os conceitos teóricos exercia pouca influencia sobre a realização dos prognósticos, principalmente até meados da Primeira Guerra Mundial. Certamente havia uma base teórica, as leis de mecânica e termodinâmica há muito eram conhecidas e aplicadas a investigações sobre a dinâmica atmosférica, como pode ser exemplificado pelo trabalho de Ferrel na década de 1850. Contudo, o impacto destes conhecimentos sobre a produção dos prognósticos mostrou-se bastante tímido. Somente com iniciativas como o *Signal Service*, nos Estados Unidos, dirigido por Cleveland Abbe, a busca por uma base científica para os prognósticos tornou-se um elemento constante. Neste momento o fortalecimento da cooperação internacional entre as estações e observatórios meteorológicos mostrou-se uma característica fundamental

para o avanço desta perspectiva mais científica, pois, as regras empíricas locais para previsão do tempo não seriam mais suficientes. Com isso, para que a previsão meteorológica não se tornasse um “beco sem saída”, a necessidade de uma abordagem ancorada em bases científicas tornou-se um imperativo. O período entre 1920-1950 pode ser considerado a era de transição entre a previsão fundamentada em regras empíricas locais. Em grande parte isto se deve aos trabalhos publicados por Bjerknes e Solberg, a partir dos quais é introduzida a ideia de que os ciclones se comportariam como perturbações em onda e separariam as massas de ar polar e tropical. O impacto deste trabalho foi imenso, estimulando o trabalho teórico sobre a formação dos ciclones, estabelecendo um novo conceito de estrutura e evolução das tempestades, resolvendo antigos conflitos a respeito da estrutura termal dos ciclones, e alterando definitivamente a forma como a previsão do tempo era realizada. O novo método de análise que foi introduzido não apenas permitiu uma descrição mais lógica e precisa do estado do tempo atmosférico, mas também providenciou bases para que fosse possível antecipar uma seqüência de eventos futuros. Apesar da resistência de alguns escritórios meteorológicos, a análise frontal logo se tornou procedimento padrão entre os meteorologistas ocidentais, fazendo com que a variabilidade do tempo atmosférico observado localmente passasse a ser explicada em função da atuação das frentes e massas de ar. Outro aspecto marcante deste período refere-se às inovações tecnológicas, como o radar e a aviação, permitindo estabelecer novas formas de comunicação e de visualização dos fenômenos atmosféricos. Já nas décadas de 1950 e 1960, com o advento dos primeiros computadores, a previsão numérica, antes apenas uma hipótese impraticável, dada a demora na realização dos cálculos, tornou-se uma realidade plausível. Finalmente, não se pode deixar de mencionar o impacto da introdução dos satélites meteorológicos na previsão do tempo atmosférico. Com os satélites finalmente foi possível observar a circulação atmosférica como um todo, e assim aperfeiçoar as conexões existentes entre processos de diferentes locais e escalas, principalmente nos oceanos e regiões desérticas.

Outro personagem essencial para o desenvolvimento das ciências atmosféricas no século XX foi o meteorologista Edward Lorenz, amplamente conhecido por sua Teoria do Caos, este autor ofereceu importantes contribuições para o desenvolvimento da previsão numérica e para uma teoria mais coerente

sobre a circulação geral da atmosfera. Em um de seus primeiros artigos, LORENZ (1953), o autor ressalta a importância dos padrões de circulação atmosférica. Segundo LORENZ (1953):

“Even a casual inspection of a typical sequence of weather maps reveals the presence of certain outstanding features of the weather patterns, such as cyclones and anticyclones, whose identities are usually preserved from one map to the next. A closer study shows that even though certain features of one map may at times appear virtually unaltered on the following map, aside from a change in geographical location, at other times these features may undergo marked variations in intensity. It is not surprising, therefore, that variations of the state of the atmosphere have often been regarded as consisting partly of displacement of the prominent features, and partly of intensification of these features. In order to study quantitatively the variations of the state of the atmosphere, and their resolutions into displacement and intensification, one must first choose some quality or some set of qualities as a measure of the existing state of the atmosphere. The way in which particular variations will be resolved will depend upon what quantity is chosen. By far the most commonly used quantity would seem to be pressure, in view of the almost universal use of sea-level pressure maps in synoptic forecasting. In numerous studies, however, vorticity rather than pressure has been used as the basic quantity. [...]”

“A natural choice for a basic quantity is pressure, since many meteorologists are accustomed to think in terms of pressure, identifying particular weather phenomena with the pressure patterns which accompany them. Particularly at sea level, pressure can be measured with a high degree of accuracy. It is therefore possible to resolve observed pressure changes into displacement and intensification, using some method such as the one used by Austin and Shapiro (1951), where the pressure change which would have occurred at a point, if a nearby pressure system had moved without changing its shape, is assumed to consist of displacement, and the remainder of the actual pressure change is assumed to consist of intensification.” (LORENZ, 1953, pág. 165)

Com isso LORENZ (1953) apresenta uma das premissas básicas da Meteorologia Dinâmica e da previsão numérica, qual seja a necessidade de quantificar uma ou mais qualidades da atmosfera, a fim de superar uma abordagem tradicional, considerada também mais superficial, baseada predominantemente na interpretação de cartas sinópticas. Com a quantificação seria possível estabelecer relações mais precisas entre os processos, além de permitir uma avaliação mais adequada sobre a variação da intensidade de determinados fenômenos em função de seu deslocamento geográfico. A ideia apresentada nesta citação, sobre a existência de padrões de circulação (em escala sinóptica) que causam

configurações similares do tempo atmosférico, persiste por toda a obra de Edward Lorenz, tanto em seus estudos sobre a circulação geral da atmosfera, quanto em seus artigos a respeito da previsibilidade atmosférica, nos quais discute desde as vantagens e os limites da modelagem matemática até o modo como o desenvolvimento destes modelos vêm auxiliando a previsão numérica. Dessa forma, a questão da existência de possíveis padrões de tempo atmosférico, que se repetem, de modo similar, ao longo do tempo cronológico, também se destaca no universo da Meteorologia Dinâmica, sobretudo nos debates a respeito da capacidade humana de prever a ocorrência de tais fenômenos. No entanto, Edward Lorenz não se ocupa, em nenhum momento, em estabelecer uma classificação para os tipos de tempo, sendo esta abordagem mais comum para os pesquisadores da área da Climatologia Dinâmica. Embora os artigos de Lorenz raramente façam referência à expressão “*weather types*”, as ideias apresentadas e discutidas por este autor claramente se preocupam com esta temática, de como identificar e prever a repetição de padrões no tempo meteorológico.

A respeito da previsibilidade atmosférica, LORENZ (1966a), afirma que existem ao menos três métodos de previsão amplamente utilizados, e frequentemente disputando a preferência dos pesquisadores. O primeiro deles seria o prognóstico sinóptico, caracterizado por ser um procedimento subjetivo, além de ser o único já em uso no período da Segunda Guerra Mundial. Neste caso, o meteorologista agrupa toda a informação com a qual consegue lidar a respeito dos estados presentes e passados da atmosfera. A partir desta seleção preliminar, o meteorologista analisa os dados disponíveis em função dos sistemas existentes, tais como áreas de alta e baixa pressão, massas de ar e frentes, nuvens, tanto em escala regional quanto local, formação e deslocamento de tempestades e etc. A partir do comportamento básico destes sistemas o meteorologista, pode extrapolar o comportamento e a localização futura destes sistemas, assim como determinar o surgimento de novos sistemas, desde que haja indicações que sugiram isso. Todavia, ressalta LORENZ (1966a), um prognóstico elaborado nestas condições depende, em grande medida, do conhecimento e experiência do meteorologista em relação aos processos atmosféricos, principalmente, acerca de suas manifestações na escala local. Outro aspecto importante destacado por LORENZ (1966a) refere-se ao fato de que, por maior que seja a experiência do meteorologista, ele nunca

descobrirá uma configuração atmosférica que já tenha ocorrido que seja idêntica ao processo que está sendo avaliado, daí a importância dos catálogos de tipos de tempo em auxílio à previsão, para facilitar a identificação de formações similares. Outras limitações, segundo LORENZ (1966a), referem-se ao fato de que o meteorologista jamais conseguirá assimilar todas as informações e peculiaridades da atmosfera de forma adequada para estabelecer um prognóstico infalível, levando muitos pesquisadores e meteorologistas a procurarem meios alternativos de estabelecer previsões, os quais fossem menos dependentes do julgamento humano.

De acordo com LORENZ (1966a), essa necessidade daria origem aos outros dois métodos de previsão mais utilizados, o estatístico e o numérico. No prognóstico estatístico as feições consideradas mais relevantes são expressas como números, que por sua vez são substituídos por equações matemáticas. As fórmulas são estatísticas na medida em que seriam baseadas unicamente no comportamento passado da atmosfera. Ou seja, as estatísticas resultantes não são nada mais do que uma tentativa de quantificar a experiência do meteorologista. Apesar do uso dos procedimentos estatísticos ter crescido muito com o surgimento dos computadores, principalmente pela maior capacidade de assimilar informações a respeito das condições atmosféricas, seu uso se mostrou muito menos versátil do que o cérebro humano, no que se refere à capacidade de prever situações ou de lidar com mudanças bruscas nas condições avaliadas inicialmente. Finalmente, o terceiro método, denominado de previsão dinâmica ou numérica. Consiste em instruir o computador a determinar soluções específicas para as equações que representam as leis físicas que governam a atmosfera. A princípio, por seguir as leis da dinâmica o computador deveria colocar as informações disponíveis da melhor forma possível, sugerindo uma série de soluções possíveis, ainda que todas sejam cruas, dada a necessidade de simplificação¹¹⁷ para evitar a sobrecarga no processamento dos dados. Esta característica permite ao meteorologista selecionar o cenário que lhe parece mais plausível, além de não necessitar estabelecer comparações com situações passadas, como os procedimentos anteriores exigiam. Porém, tanto a abordagem estatística quanto a numérica não foram capazes de eliminar o

¹¹⁷ Cabe ressaltar que as simplificações preferidas por um pesquisador nem sempre coincidem com as escolhas de outros pesquisadores, o que pode levar facilmente a resultados contraditórios, a partir do mesmo conjunto de condições iniciais.

“julgamento humano”, ambição que nos parece irreal, por mais que estes métodos possam ser aperfeiçoados.

Ainda segundo LORENZ (1966a), a inevitável comparação entre a precisão das previsões astronômicas e meteorológicas não teria um efeito positivo sobre esta última. Pois, por muito tempo, teria levado os meteorologistas a crer que, se as medidas dos parâmetros meteorológicos fossem mais exatas, com maior número de casas decimais, a condição inicial da atmosfera poderia ser estabelecida de modo mais preciso, culminando em prognósticos mais confiáveis. Todavia, para LORENZ (1966a), mesmo que fossem utilizadas vinte casas decimais, não teríamos maior precisão na previsão meteorológica. Mesmo com o conhecimento da posição e velocidade dos centros das tempestades, não teríamos o conhecimento acerca de suas formas ou intensidades, além do fato de que as tempestades apresentam variações significativas de um dia para o outro. Tais características estão fortemente associadas ao comportamento instável do sistema atmosférico, pois, segundo LORENZ (1966a):

“If a real system is allowed to oscillate for a long enough time, it must eventually assume a configuration which resembles an earlier configuration, simply because the number of possible configurations, each bearing no resemblance to any of the others, is limited. The longer the system oscillates, the closer the resemblance between some pair of configurations must become. Ultimately the system will assume a state which is equivalent to a previous state plus a small perturbation. If the system is stable, it will thereafter continue to behave in an only slightly different manner from the manner in which it behaved following the occurrence of the previous state, until, after a similar lapse of time, it will again assume a state closely resembling the earlier states, whereupon it will repeat its previous behavior again. Thus its behavior will be periodic, repeating itself at regular intervals. Conversely, if we can determine that a system is oscillating non-periodically, we can conclude that it is unstable. The instability is in this case the cause of the nonperiodicity, rather than vice versa, but the non-periodicity may serve as an indicator of the instability. [...] We cannot test the atmosphere by creating a small disturbance and observing the consequences, because we could not then determine with sufficient accuracy what would have happened if we had not created the disturbance. We do observe, however, that the atmosphere is not periodic. To be sure, the atmosphere has predictable periodic components, particularly the pronounced variations with the time of day and the time of year. Superposed upon these, however, there are marked fluctuations which show no evidence of repeating themselves at regular intervals, and which therefore presumably cannot be predicted very far in advance.” (LORENZ, 1966a, pág. 37).

Com esta citação o autor deixa claro que a existência da instabilidade implica em reconhecer que a configuração da atmosfera em um momento específico do futuro, irá diferir consideravelmente com o que foi prognosticado para o mesmo momento, sugerindo que apenas anomalias de longos períodos podem ser parcialmente previstas. Dessa forma, segundo LORENZ (1969b), o principal pré-requisito para uma previsão precisa acerca dos estados futuros da atmosfera consiste em estabelecer de modo mais preciso as condições iniciais. Além disso, seria necessário ampliar a rede de coleta de dados, pois mesmo nas regiões com maior número de estações meteorológicas, as estações estão localizadas de forma tão dispersa que uma tempestade intensa pode se formar entre duas estações, sem que seja de fato registrada. E, ainda que os satélites tenham vindo em auxílio neste tópico, ainda não se consegue mapear toda estrutura tridimensional da atmosfera.

Outras considerações importantes apresentadas por LORENZ (1979b) referem-se às variações “livres” e “forçadas” da atmosfera, as quais também fornecem elementos fundamentais para uma análise sólida a respeito dos tipos de tempo:

“Fluctuations of the state of the atmosphere and the upper layers of the underlying oceans and continents occur on practically all detectable time scales, from fractions of an hour to millions of years. Those variations with periods of decades or longer are generally considered to constitute changes of climate; sometimes variations with periods of years or even months are also called climatic. Atmospheric variations of shorter period are usually looked upon as mere changes in the weather; it is assumed that the climate may remain fixed while the weather is fluctuating. Numerous explanations for climatic changes have been proposed. Many of these regard climatic variations as being the necessary response to changes in external conditions. Variations of this sort will be called *forced*. The most obviously forced climatic changes would be those resulting from changes in the sun itself or in the earth’s orbital parameters. By contrast, day-to-day weather variations are generally assumed to take place independently of any changes in external conditions. Variations of this sort will be called *free*. The local weather changes which accompany the passage of migratory cyclones and anticyclones are presumably free, since these systems owe their existence, at least in many instances, to the instability of large-scale zonal currents. The latter would be unstable whether the external conditions were varying or steady.” (LORENZ, 1979b, pág. 1367)

Assim, temos novamente a associação entre os mecanismos que geram os tipos de tempo e a instabilidade dos processos de larga-escala. Além da instabilidade, outro aspecto, também investigado por Edward Lorenz, que contribui

para diminuir a precisão dos prognósticos, tanto sinópticos quanto subjetivos, consiste no comportamento caótico da atmosfera. Como o próprio LORENZ (1991a) esclarece, a atmosfera se encontra em um estado de caos, sendo que caos representaria uma propriedade na qual:

“...as a result of its sensitive dependence on its present state, the atmosphere may appear upon casual inspection to be fluctuating randomly, but upon closer examination may be seen to possess considerable regularity, without, however, exactly repeating its behavior at regular intervals. As a consequence, there are quite a few things that the atmosphere might do in the near future, even though there are far more things that it is certain not to do. In a time series of some atmospheric quantity, then, we may observe what appears to be cyclic behavior, but with detectable differences from cycle to cycle, until, at some point, something entirely different sets in.” (LORENZ, 1991a, pág. 4).

Esta citação traduz de forma mais adequada a concepção vulgarizada, a respeito da teoria do caos, de que “o bater de asas de uma borboleta pode ocasionar um tornado”. Ou seja, LORENZ (1991a) afirma que perturbações minúsculas ao longo dos anos não aumentam nem diminuem a frequência de ocorrência de eventos como os tornados. O máximo que tais perturbações poderiam fazer seria modificar a sequência na qual estes eventos ocorrem, de forma que, a principal questão pertinente a este assunto seria: o comportamento da atmosfera também se mostra instável em relação às perturbações de menor amplitude?

Para esta questão LORENZ (1991a) sugere que as pequenas perturbações não são apenas detalhes, mas ocorrências confinadas a um pequeno volume, fazendo com que seja muito difícil avaliar corretamente a dispersão de erros destes eventos nas escalas superiores. Embora estas relações escalares sejam difíceis de investigar e avaliar, LORENZ (1991a) também afirma que a principal característica do comportamento caótico se refere à capacidade de pequenas variações nas condições iniciais levarem a resultados absolutamente distintos. Por fim, a consequência mais óbvia do comportamento caótico da atmosfera, refere-se às limitações em prognosticar a maior parte dos aspectos do tempo meteorológico a médio e longo prazo, em vista da impossibilidade de estabelecer as condições iniciais perfeitamente.

Nesse contexto os modelos matemáticos ganharam uma posição de destaque dentro da Meteorologia, fortalecendo uma análise cada vez mais voltada para a

escala sinóptica. Soma-se a isso o fato de que, segundo THOMPSON (1983), praticamente todos os pesquisadores que optam pela modelagem, adotam uma perspectiva extremamente determinística a respeito do problema da previsibilidade atmosférica, a saber, a que o estado futuro da atmosfera é completamente determinado pelo seu estado presente. Ressalta-se que esta informação é verdadeira apenas no sentido probabilístico, assim como os prognósticos elaborados a partir de tal concepção. No entanto existem algumas ressalvas importantes, como o fato de que as condições iniciais não podem ser estabelecidas sem erro, os quais tendem a se propagar, principalmente em associação com os erros (físicos ou matemáticos) do próprio modelo.

Esta breve incursão a respeito das origens e pressupostos da Meteorologia Dinâmica tornam-se necessárias a partir do momento em que esta disciplina teria influenciado o desenvolvimento da Climatologia Dinâmica. Como se sabe, a Climatologia Dinâmica encontraria parte de seus fundamentos sobre a noção de tipo de tempo, contudo, outras áreas, como a Climatologia Sinóptica, também trabalham com a noção de tipo de tempo, aumentando ainda mais a imprecisão conceitual. Apesar de este conceito ser utilizado tanto na Meteorologia quanto na Climatologia, as formas de abordá-lo tornaram-se bastante distintas. Em face disso, veremos um pouco mais a respeito das subáreas da Climatologia que se dedicaram ao estudo dos tipos de tempo, e quais concepções foram desenvolvidas a partir desse esforço.

De acordo com BARRY (2005), o termo “climatologia sinóptica” teria surgido nos quartéis da força aérea norte-americana, no início dos anos 1940, em referência às análises do tempo meteorológico, realizadas a partir de condições passadas, a fim de estabelecer a frequência das condições necessárias para as atividades militares. Como é amplamente conhecido, o termo “sinóptico” é utilizado pelos meteorologistas para apresentar o aspecto sincrônico dos parâmetros meteorológicos, geralmente representado por meio de uma carta sinóptica. Dessa forma, os procedimentos básicos para um estudo sinóptico incluem a determinação de categorias para os diferentes tipos de circulação atmosférica, além de uma avaliação estatística dos parâmetros meteorológicos em função destes padrões. Esta identificação de categorias para os diferentes tipos de circulação, a partir de feições sinópticas, incluiria o padrão de pressão, a direção do fluxo de ar e curvatura isobárica, vorticidade, entre outros. A respeito das escalas de abordagem, a

dimensão espacial seria cerca de 10.000.000 km², enquanto a dimensão temporal pode variar entre um e cinco dias, dependendo do processo ou objetivo da classificação. Dando continuidade a este processo de classificação, em primeiro lugar, deve-se estabelecer o mapa da pressão ao nível do mar, em segundo, faz-se necessário examinar os sistemas de pressão existentes na área selecionada e por fim, as observações dos parâmetros meteorológicos devem ser agrupadas em conjuntos de tipos de tempo. Segundo BARRY (2005), até a década de 1960, as classificações¹¹⁸ sinópticas eram desenvolvidas a partir de uma base predominantemente subjetiva e manual. Conforme citado ao longo deste capítulo, tais trabalhos exigiam muita experiência por parte do pesquisador, pois somente a partir de sua familiaridade com os padrões mais recorrentes do tempo sinóptico, ele poderia estabelecer um número limitado de padrões de tempo. Dessa forma:

“The recognition of numerous types will reduce the variability of weather conditions within each category but, unless a very long record is considered, most type categories will be represented by only a few cases, which makes their characterization difficult. Conversely, if few types are distinguished then each category inevitably contains a wide variability of weather conditions. From several empirical studies of the pressure patterns and associated weather over the European Alps, it appears that the variability of weather conditions (as defined by the standard deviation of individual weather elements) shows a significant decrease as the number of types distinguished in a synoptic classification increases from 10 to 30, but little change thereafter.” (BARRY, 2005, pág. 700).

Assim, percebe-se claramente a ideia central da noção de tipos de tempo presente na classificação em escala sinóptica. De acordo com BARRY (2005), o principal sistema de classificação sinóptica seria o “*Grosswetter*”, o qual seria baseado na identificação de padrões de tempo de larga-escala sobre uma determinada região. Um “*Grosswetterlage*”, padrão de tempo de larga escala, representa a pressão média ao nível do mar, em um intervalo de tempo durante o qual os ciclones e anticiclones permanecem praticamente inalterados. BARRY (2005) também destaca que a categorização de tipos de tempo tem apresentado uma utilidade limitada em relação à interpretação das condições climáticas, mesmo aqueles fundamentados a partir de uma situação sinopticamente realista. Isto se

¹¹⁸ Segundo Oliver (2005), uma classificação atmosférica deve objetivar as seguintes necessidades: a) fornecer estrutura, ordem e simplicidade a um sistema complexo; b) estabelecer uma “taquigrafia intelectual; c) identificar limites espaciais e fronteiras, d) fornecer usos práticos e teóricos.

deveria, principalmente, à dificuldade em delimitar as estações naturais, apesar disso, os tipos de tempo têm sido amplamente utilizados como uma caracterização quantitativa das condições climáticas regionais, incluindo a frequência e seqüência típica dos tipos de tempo ao longo do ano. A este respeito, BARRY (2005) acrescenta que:

“Originally it was hoped that synoptic catalogs would find extensive use in long-range forecasting. It was considered that recurring sequences of weather patterns could perhaps be recognized, enabling predictions to be developed when similar precursor conditions were present. Some limited applications of this approach have indeed been possible, particularly when computer searches for analog situations are made. However, there are usually only a few close analogs of any large-scale situation when this approach is applied to 15-30-day intervals, and when consideration is given not only to the surface and upper-air patterns, but also to external variables such as snow cover or soil moisture content, sea-surface temperature anomalies, and so on. Moreover, the subsequent weather developments do not always proceed in a similar direction when given apparently analogous starting points!” (BARRY, 2005, pág. 703).

Por fim, apresentamos o Quadro 7.1, elaborado por BARRY (2005), que apresenta as diversas abordagens de classificação da circulação atmosférica.

Global Scale
Subjective schemes: Description of seasonal changes of pressure and circulation fields. Characterization of typical circulation regimes (zonal, meridional blocking)
Objective schemes: Calculation of zonal and meridional circulation indices
Continental Scale
Subjective schemes: Classification of pressure and circulation fields, based on major center of action (Grosswetterlagen). Delimitation of zonal and meridional circulation types. Assessment of weather conditions in relation to cyclone-anticyclone tracks. Determination of the frequency of high and low centers. Classification of airmasses and fronts.
Objective schemes: Classification based on derived parameters of the pressure and circulation fields (pressure gradient, relative vorticity, flow direction, etc.). Correlation of weather conditions with typical upper-level contour patterns. Classification based on mathematical-statistical specification of pressure fields (orthogonal polynomial functions).
Regional Scale
Subjective schemes: Grouping similar pressure fields or airflow patterns (pressure-or airflow-pattern types). Airmass and frontal classifications.
Objective schemes: Classification based on derived parameters of the pressure and circulation fields (pressure gradient, relative vorticity, flow direction, etc.). Classification based on upper airflow at selected stations. Correlation of weather conditions with typical upper-level contour patterns. Classification based on mathematical-statistical specification of pressure fields (empirical orthogonal functions and clustering; self-organizing maps).
Local Scale
Subjective schemes: Definition of weather types according to locally observed weather elements (complex climatology).
Objective schemes: Intercorrelation of locally observed weather elements and statistical condensation of these into local weather types.

Quadro 7.1 – Métodos de Classificação usados em Climatologia Sinóptica. Fonte: BARRY (2005), *in: Encyclopedia of World Climatology*.

Outra subárea da Climatologia que, para determinados autores, se dedica ao estudo dos tipos de tempo é a Climatologia Dinâmica. Segundo Marotz (2005), a abordagem da Climatologia Dinâmica baseia-se nos movimentos característicos da atmosfera nos processos termodinâmicos que os produzem, tendo seu principal interesse seria a interpretação das relações entre esses processos. Muitos pesquisadores desta área trabalham com as equações fundamentais que descrevem os processos da atmosfera, em termos de transferência de massa e transformação de energia, aproximando-os antes da Meteorologia do que da própria Climatologia. Com isso a Climatologia Dinâmica seria umas primeiras tentativas de explicar os climas do planeta como integrações entre a circulação e as perturbações da atmosfera, através dos quais poderiam ser derivados padrões de circulação regional, neste caso também denominados como tipos de tempo. MAROTZ (2005) ressalta que não há um consenso quanto ao escopo desta área de estudo, citando, por exemplo, o caso de Bergeron, que teria chamado em sua época de Climatologia Dinâmica, o que hoje se denomina por Climatologia Sinóptica. MAROTZ (2005) também define parte do escopo da Climatologia Dinâmica a partir das escalas de investigação, apresentadas de forma esquematizada na Figura 7.2.

Figura 7.2: Escalas espaciais e temporais da Climatologia. Fonte: MAROTZ, 2005. In: Encyclopedia of World Climatology, 2005.

A respeito das escalas atmosféricas SARMA (2005) ressalta que os fenômenos atmosféricos abrangem uma grande variedade de espectros escalares, mas nenhuma dessas feições seria discreta, porém, parte de um continuum. Como resultado, as tentativas de repartir os fenômenos do tempo em escalas distintas teria resultado em um grande debate acerca dos limites de cada escala, levando a uma diversidade de ordens escalares, frequentemente, com informações sobrepostas. Para RIBEIRO (1992) uma taxonomia escalar adequada aos fenômenos atmosféricos deveria contemplar os seguintes critérios: distinção entre escalas inferiores e superiores, processos físicos ordenados em sistemas do tipo “cascata” e a extensão e permanência de um fenômeno devem apresentar ordens de grandeza correspondentes. A partir disso RIBEIRO (1992) estabelece as seguintes ordens de grandeza:

“1. Clima zonal: onde se define a circulação geral da atmosfera, com extensão horizontal de 1.000 a 5.000km, e vertical, abrangendo toda a atmosfera, com duração de um estado climático de uma semana a

seis meses; 2. Clima regional: gerado pela ação modificadora da circulação geral da atmosfera provocada por fatores de superfície que engendram os centros de ação. Sua extensão horizontal situa-se entre 150 a 2.500km, limitando-se a vertical à abaixo da tropopausa. Os estados de tempo durariam de 1 a 30 dias; 3. Clima local ou mesoclima: gerados pelas variações no interior do clima regional graças a feições fisiográficas, [...]. A escala espacial de abrangência varia de 1,5 a 800km, embora geralmente se considere a amplitude de variação média entre 15 e 150km; as variações estariam compreendidas entre 12 horas e uma semana.” (RIBEIRO, 1992, pág. 290).

De acordo com esta perspectiva, os tipos de tempo poderiam ser facilmente identificados com as escalas local e regional, e não com a sinóptica, como tem se mostrado tendência. Já ORLANSKI (1975) apresenta um ponto de vista distinto, no qual a taxonomia escalar deveria se preocupar em diferenciar a dinâmica entre processos que possam ser atribuídos ao mesmo nível taxonômico. ORLANSKI (1975) também destaca que o deslocamento pode ser principal parâmetro para classificar um processo atmosférico, principalmente a partir por necessidades práticas, mas reconhece que quase tanto por critérios espaciais quanto temporais as classificações atmosféricas podem, não raramente, apresentar ambiguidades. A fim de amenizar este problema ORLANSKI (1975) sugere uma divisão escalar elaborada a partir de probabilidades, ou seja, trata-se de encontrar um determinado espectro escalar que apresente a máxima probabilidade de conter o fenômeno a ser classificado.

Retomando a discussão a respeito das subáreas da Climatologia, há ainda autores que consideram a “Climatologia das massas de ar” como uma ramificação disciplinar. A este respeito SCHWARTZ e CORCORAN (2005) reafirmam a definição clássica de massas de ar, a qual seria compreendida enquanto um “corpo de ar com temperatura, umidade e taxas de variação uniformes ao longo de uma extensão horizontal”. Segundo estes autores, mudanças bruscas no tempo meteorológico geralmente estão associadas a alternância de diferentes massas de ar, sobretudo nas latitudes médias. Porém, as massas de ar seriam igualmente responsáveis pela permanência de dias com condições similares de tempo, cobrindo áreas equivalentes a centenas de quilômetros. Assim, a “Climatologia das massas de ar” geralmente se ocupará em descrever os tipos de massas de ar encontrados em determinada região, classificando-as de acordo com suas propriedades e determinando sua frequência de ocorrência anual ou sazonal. Cabe ressaltar que

esta ênfase nos valores de temperatura e umidade apresenta um contraste significativo com os esquemas de classificação de tipos de tempo, os quais costumam ser baseados nos padrões de pressão e circulação. Esta ramificação da Climatologia teria surgido diretamente da Escola Norueguesa de análise sinóptica do tempo meteorológico, na qual Bergeron teria estabelecido as bases modernas para identificação e compreensão das “massas de ar”¹¹⁹, além de destacar a importância de seu estudo como uma forma de explicar os padrões do tempo meteorológico. Todavia, cumpre lembrar que, sendo um procedimento originário das médias latitudes, o estudo das massas de ar encontra maior aplicabilidade em regiões nas quais as mudanças do tempo são frequentes e as massas de ar numerosas. Dessa forma, estudo do tempo e do clima nos trópicos, devido ao predomínio de poucas massas de ar, seria menos adequado à análise por meio de massas de ar, uma vez que as mudanças mais significativas no tempo meteorológico seriam desencadeadas por outros mecanismos. Segundo SCHWARTZ e CORCORAN (2005), a análise clássica das massas de ar, devido ao elevado grau de subjetividade envolvido, apresentou níveis de imprecisão capazes de comprometer sua utilização para aplicações mais rigorosas. Além disso, temos o fato de que, a partir da década de 1950, os dados sobre a atmosfera superior tornaram-se cada vez mais frequentes, assim como o advento das técnicas numéricas. Nesse contexto, a análise de massas de ar foi rapidamente substituída por técnicas automáticas de identificação de tipos de tempo, mais rápidas e “objetivas”.

A este respeito, temos o trabalho de COURT (1957), no qual o autor considera como subárea a Climatologia Complexa, além das vertentes sinóptica e dinâmica. Para COURT (1957), cada uma dessas áreas surge em resposta à climatologia “estática”, buscando modos de aprofundar o estudo da atmosfera. Como essas áreas apresentam métodos e procedimentos que se sobrepõem, a melhor forma de diferenciá-las seria a partir de seus propósitos. Segundo COURT (1957), a Climatologia Complexa seria a mais antiga dessas áreas, proposta por Fedorov no início da década de 1920. A Climatologia Complexa pode ser caracterizada por seu intento em ser puramente objetiva, e por usar somente as

¹¹⁹ Conceito já utilizado ao longo do século XIX, conforme apresentado no capítulo anterior.

observações do tempo meteorológico de um lugar específico, classificada em tipos de tempo. De acordo com a revisão apresentada por COURT (1957):

“‘Tipy Podogyor’ ‘Wettertypus’ is ‘the weather of a day, which is characterized by established criteria: the values of the measured meteorological elements and the notes concerning the observations of the various atmospheric phenomena’. Each type is a combination of all the pertinent elements, ‘every observed element in one type being taken within a certain interval of its scale’.” (COURT, 1957, pág. 126).

Assim, na prática, a Climatologia Complexa envolveria duas grandes etapas. Na primeira os dados registrados seriam classificados em um grande número de classes, usando “*the smallest gradations and the largest number of elements possible*”¹²⁰. A segunda etapa consistiria em adaptar as classes de tempo em grupos menores, de acordo com a necessidade de cada tema investigado. Para COURT (1957) os tipos de tempo devem se referir a um instante ou a um intervalo de tempo de duração definida, preferencialmente curtos. O próprio Fedorov teria selecionado a duração de um dia como uma unidade natural do tempo, e por isso adequada ao estudo dos tipos de tempo, quanto aos parâmetros a serem considerados, temos a seguinte descrição:

“Weather elements considered in forming the types (with number of gradations in parenthesis) were: wind direction and variation from night to day (26); wind force and variation (20+); mean daily temperature (20); temperature amplitude (8); interdiurnal temperature change (5); cloudiness by night and day (7); mean relative humidity (6); time of precipitation (3); amount of precipitation (10); and occurrence of showers, thunderstorms, and white frost (2 each).” (COURT, 1957, pág. 126).

Com isso, esta vertente russa seleciona os parâmetros considerados essenciais para a identificação e classificação de tipos de tempo, ressaltamos que a pressão atmosférica não está incluída entre os itens selecionados. Ainda que a Climatologia Complexa não seja amplamente conhecida na literatura de língua inglesa, pode-se perceber a influência de algumas de suas ideias sobre outros trabalhos também pioneiros na classificação de tipos de tempo, nas áreas sinótica e dinâmica, ainda que estas áreas favoreçam uma classificação fundamentada

¹²⁰ Court, pág. 126, 1957.

sobre a pressão atmosférica. Segundo COURT (1957), Fedorov definia a Climatologia Complexa como:

“Analysis of the climate of a single place, or comparison of the climates of two or more places, by the relative frequencies of various “weather types” or groups of such types. Each weather type is defined by the simultaneous occurrence within specified narrow limits of each of several weather elements. In any given system of complex climatology, the element-limits for each type are fixed, as well as the time period to which the typing applies. Different systems use different element-limits, and may even use different periods.” (COURT, 1957, pág. 127).

O trabalho de LYNDOLPH (1959), ao trazer para a língua inglesa a discussão original introduzida por Fedorov, constitui-se em uma referência fundamental para compreendermos adequadamente os objetivos e procedimentos da Climatologia Complexa. LYNDOLPH (1959) inicia seu artigo tecendo considerações sobre o desconhecimento de grande parte dos pesquisadores americanos em relação a proposta de Fedorov:

“Surely it should be worthwhile for American climatologists to be versed in the development of the complex method, not only because it represents a separate school of thought that must be taken into account in any total picture of the field of climatology today, but also because it provides the prime example for the case study of an actual attempt to grasp somehow the immeasurable “*Gestalt*” of the instantaneous weather of a place and to work this nebulous and undefined unit into a quantitative system.” (LYNDOLPH, 1959, pág. 120).

Para alcançar seu objetivo de estabelecer uma classificação objetiva para os tipos de tempo Fedorov estabeleceu um sistema no qual ele caracterizou as condições meteorológicas de cada dia em uma série de códigos, os quais seriam armazenados em cartões denominados “*weather card catalog*”. Fedorov optou por usar um grande número de variáveis para conseguir o maior detalhamento possível, compilando uma quantia relativamente alta de tipos de tempo, os quais poderiam ser utilizados, segundo Fedorov, para qualquer utilização posterior, uma vez que os dados já estariam compilados. Nas figuras a seguir, Figura 7.3 e Figura 7.4, têm-se um exemplo, respectivamente, do código estabelecido por Fedorov e dos cartões desenvolvidos para “agrupar” os tipos de tempo.

Na Figura 7.3, apresentada abaixo, pode-se ver o sistema de seleção e organização dos dados utilizados por Fedorov, constituindo-se em quatro conjuntos

principais, representando vento, temperatura, nebulosidade e precipitação, e fenômenos variáveis. Cada uma destas categorias principais oferecendo dezenas de gradações, Fedorov estabeleceu uma classificação que poderia abarcar milhares de tipos de tempo por meio da combinação de quatro letras, agrupadas no “*weather card catalog*”, apresentado na sequência.

First Letter: Character of the Wind

Winds of Constant Direction (in m/s)					Winds of Variable Direction				
	Moderate	Fresh	Strong	Gale		Moderate	Fresh	Strong	Gale
Direction according to rhumbs	1-3 2-4 3-6	4-7 5-10 7-15	8-13 11-18 16-26	14-18 ² 19-24 ³ 27-36 ⁴	Direction according to quadrants	1-3 2-4 3-6	4-7 5-10 7-15	8-13 11-18 16-26	14-18 ² 19-24 ³ 27-36 ⁴
N	a	A	a	A	Shifting from one quadrant to another:				
NNE	b	B	b	B					
NE	c	C	c	C					
ENE	d	D	d	D					
E	e	E	e	E	N-ENE to E-SSE	j	J	j	J
ESE	f	F	f	F	E-SSE to S-WSW	k	K	k	K
SE	g	G	g	G	S-WSW to W-NNW	l	L	l	L
SSE	h	H	h	H	W-NNW to N-ENE	m	M	m	M
S	s	S	s	S	N-ENE to W-NNW	n	N	n	N
SSW	t	T	t	T	W-NNW to S-WSW	p	P	p	P
SW	u	U	u	U	S-WSW to E-SSE	q	Q	q	Q
WSW	v	V	v	V	E-SSE to N-ENE	r	R	r	R
W	w	W	w	W	Shifting infrequently	i	I	i	I
WNW	x	X	x	X					
NW	y	Y	y	Y					
NNW	z	Z	z	Z					
Winds Without Direction					Cases of light winds only during the night or only during the day are shown by the symbol ° before or after the letter; cases of changing strength of wind by the symbol ' before or after the letter.				
Calm (less than 1 m/s)			o						
Light winds (1-2 m/s)			O						

Second Letter: Character of the Temperature

Diurnal Amplitude															
0.0-4.9°C			5.0-9.9°C			10.0-14.9°C			15.0-19.9°C			20.0-24.9°C			
Mean daily temperature	Difference in mean temperature from preceding day														
	Change $\equiv$ 5°C	Increase $\wedge$ 5°C	Decrease $\wedge$ 5°C	Change $\equiv$ 5°C	Increase $\wedge$ 5°C	Decrease $\wedge$ 5°C	Change $\equiv$ 5°C	Increase $\wedge$ 5°C	Decrease $\wedge$ 5°C	Change $\equiv$ 5°C	Increase $\wedge$ 5°C	Decrease $\wedge$ 5°C	Change $\equiv$ 5°C	Increase $\wedge$ 5°C	Decrease $\wedge$ 5°C
Below zero:															
42.4-32.5°C	q	r	s	Q	R	S	q	r	s	Q	R	S	q	r	s
32.4-22.5	t	u	v	T	U	V	t	u	v	T	U	V	t	u	v
22.4-17.5	w	x	y	W	X	Y	w	x	y	W	X	Y	w	x	y
17.4-12.5	z	a	b	Z	A	B	z	a	b	Z	A	B	z	a	b
12.4- 7.5	c	d	e	C	D	E	c	d	e	C	D	E	c	d	e
7.4- 2.5	f	g	h	F	G	H	f	g	h	F	G	H	f	g	h
2.4- 0.0	i	ii	ij	I	Ii	Ij	i	ii	ij	I	Ii	Ij	i	ii	ij
Above zero:															
0.0- 2.4	j	ji	jj	J	Ji	Jj	j	ji	jj	J	Ji	Jj	j	ji	jj
2.5- 7.4	k	l	m	K	L	M	k	l	m	K	L	M	k	l	m
7.5-12.4	n	o	p	N	O	P	n	o	p	N	O	P	n	o	p
12.5-17.4	q	r	s	Q	R	S	q	r	s	Q	R	S	q	r	s
17.5-22.4	t	u	v	T	U	V	t	u	v	T	U	V	t	u	v
22.5-27.4	w	x	y	W	X	Y	w	x	y	W	X	Y	w	x	y
27.5-32.4	z	a	b	Z	A	B	z	a	b	Z	A	B	z	a	b
32.5-37.4	c	d	e	C	D	E	c	d	e	C	D	E	c	d	e
37.5-42.4	f	g	h	F	G	H	f	g	h	F	G	H	f	g	h
42.5-47.4	i	ii	ij	I	Ii	Ij	i	ii	ij	I	Ii	Ij	i	ii	ij

Third Letter: Character of Cloudiness, Humidity, and Precipitation

Cloudiness		Without significant precipitation (< 1 mm.) ³					With significant precipitation (≥ 1 mm.) at various times of day				
During ¹ night	During ² day	Humidity in percent					Time of occurrence of precipitation	Humidity in percent			
		100-81	80-61	60-41	40-21	20-0		100-81	80-61	60-41	40-20
<2	<2	o	O	o	O	P	Before noon	b	B	b	
<6	<6	a	A	a	A	B	After noon	c	C	c	C
							Before and after noon	d	D	d	
6-10	<6	e	E	e	E	F	Before noon	f	F	f	
							After noon	g	G	g	G
							Before and after noon	h	H	h	
<6	6-10	i	I	i	I	J	Before noon	k	K	k	
							After noon	l	L	l	L
							Before and after noon	m	M	m	
<6	6-10	j	J	j			Before noon	n	N	n	
(Used when there are significant amounts of cumulus)							After noon	p	P	p	
							Before and after noon	q	Q	q	
6-10	6-10	u	U	u			Before noon	r	R	r	
							After noon	s	S	s	
							Before and after noon	t	T	t	
>8	>8						Before noon	v	V	v	
(lower clouds)		y	Y	y			After noon	w	W	w	
							Before and after noon	x	X	x	
							All day	z	Z	z	
							Before noon	V			
Continuous fog	Y						After noon	W			
							Before and after noon	X			
							All day	Z			

¹ Night cloudiness is average for 9 p.m. and 7 a.m.

² Day cloudiness is for 1 p.m.

³ Also variously set at 2.5 mm. and 0.6 mm.!

Fourth Letter: Character of Various Phenomena in the Atmosphere and the State of the Ground Surface

Ground surface not frozen	Surface of ground (morning)				Ground surface frozen or with snow cover	Heavy sleet	Rain	Heavy snow storm	Other
	Hoar frost	Wet (soggy)	Dew	Dry					
Without pouring rain and thunderstorm	A	a	A	a	Without snow cover	O	o	O	o
Thunderstorm with heavy showers ≥ 10 mm.					Snow cover without designated depth:				
At night		b			Relatively even depth	P	p	P	p
Before noon	C	c	C	c	Very uneven depth	Q	q	Q	q
After noon	D	d	D	d	Deep snow cover:				
At night and before noon		B			Relatively even depth				
At night and after noon		b			1-5 cm.	R	r	R	r
Before and after noon	E	e	E	e	6-25	S	s	S	s
At night, before, and after noon		B			26-75	T	t	T	t
					>75	U	u	U	u
Thunderstorm with rain, but not heavy showers 1-10 mm.					Discontinuous				
At night		f			1-5	V	v	V	v
Before noon	G	g	G	g	6-25	W	w	W	w
After noon	H	h	H	h	Very uneven depth				
At night and before noon		F			26-75	X	x	X	x
At night and after noon		f			>75	Y	y	Y	y
Before and after noon	I	i	I	i	Ice glaze	Z	z	Z	z
At night, before, and after noon		F							

Figura 7.3: Tabela de parâmetros e gradações desenvolvida por Fedorov. Fonte: LYNDOLPH, pág. 121-122, 1959.

Figura 7.4: Cartão de classificação desenvolvido por Fedorov ("weather card catalog").
Fonte: LYNDOLPH, pág. 124, 1959.

A respeito do cartão de classificação, algumas explicações se fazem necessárias. Na face esquerda temos a data, na parte de cima, e o nome da estação meteorológica na parte de baixo. Na face direita, na parte superior temos o código de quatro letras designando o tipo de tempo daquela data, e na parte de baixo, com letras do alfabeto russo, a ocorrência de massas de ar, frentes e a posição em relação a centros de pressão. Apesar da grande abrangência do sistema apresentado por Fedorov, LYNDOLPH (1959) apresenta algumas críticas relevantes à esta proposta:

"The one big deficiency in the code system is the lack of incorporation of any method to represent amounts of precipitation. Throughout Fedorov's work with the complex method, precipitation is undoubtedly the most inadequately portrayed of the significant elements of climate. [...] Fedorov's only defense for this omission is the fact that diurnal amount of precipitation is measured from 7 a.m. to 7 a.m., and this period is not coincident with the 24-hour period, 9 p.m. to 9 p.m., which he has rather arbitrarily defined as being the basic unit of time for his weather type classification! [...] Fedorov recognized that so

precisely defined combinations of weather elements exist only instantaneously and change constantly; that to be entirely precise, one would have to deal with the combinations of instantaneous weather. But these “weather cases” or “weather haps”, as he terms them, would be of infinite number; so in order to make the system usable he has synthesized the weather for a 24-hour period, “a natural period of time”, he says. A given 24-hour period, of course, more likely than not, will not coincide with the extent of a given type of weather; at times, it may be only a part of a longer period over which a given weather setup has extended; or, more serious, it might incorporate the breaking point between two very different weather situations, such as in the case when frontal passages occur.” (LYNDOLPH, 1959, pág. 123).

A respeito dos parâmetros incorporados na proposta classificatória de Fedorov, faz-se necessário ressaltar que os tipos de tempo deveriam representar estados livres da atmosfera. Dessa forma, elementos como vento, nebulosidade e precipitação seriam índices mais relevantes do que orvalho ou variação diurna da temperatura. Pois estes últimos seriam, segundo Fedorov, resultantes de influências microclimáticas. Outro aspecto relevante do trabalho de Fedorov se encontra na grande quantidade de tipos de tempo identificados, criando a necessidade de estabelecer subgrupos para que fosse possível lidar com o volume de dados de modo compreensível. A partir disso foram apresentadas dezesseis classes, as quais, segundo Fedorov, foram delimitadas com base em dois critérios fundamentais para qualquer classificação, a característica genética e a aplicada. O grupo de classes pode ser visualizado na Figura 7.5, todavia, deve-se ressaltar que a maioria das classes parece ter sido delimitada arbitrariamente, em função de situações específicas que não seriam universalmente aplicáveis, contrastando significativamente com a proposta original da Climatologia Complexa de estabelecer uma classificação majoritariamente objetiva para os tipos de tempo. Segundo LYNDOLPH (1959):

“It appears that the seasonal grouping is based on the subjective impression that these are the classes of weather that occur in these seasons, and it makes no difference what the magnitudes of temperature and other elements of the weather types are, so long as these types can be identified with seasons of occurrence. As is true all through the work of Fedorov and his followers, weather types and classes are grouped because they do in fact exist together in certain associations during a given season or in a given area, rather than grouped by objective criteria involving elements of their own, make-up or genetic relations. [...] In developing presentations of space and time distributions of the weather classes, frequency of occurrence has become the byword. Frequency, not quantity, is the keynote that runs

through all the work in “complex climatology”, although all elements, except precipitation, have been defined quantitatively, within certain limits, in the original cipher code. [...] Thus, although Fedorov largely had succeeded in integrating the weather at a point for a day and had developed tables and graphs showing frequencies of occurrence of weather types and classes of weather types at a given place for a period of 10 years), when it came to showing geographical distributions over an extended area he was forced to fall back to depicting one weather type or class at a time. Thus, again the climate at a place was fragmented, and a great number of maps had to be overlaid mentally in order to get the total picture for any station, or dual sets of illustrations had to be used.” (LYNDOLPH, 1959, pág. 131-132).

Na Figura 7.6 temos a distribuição das unidades do tempo meteorológico, expressas em porcentagem de ocorrência, em uma das representações gráficas mais ricas da Climatologia Complexa, buscando estabelecer uma conexão entre os diversos tipos de tempo e seus fatores causais, segundo LYNDOLPH (1959). A respeito da preocupação de Fedorov em determinar a gênese dos tipos de tempo, LYNDOLPH (1959) considera que:

“The only real flash of brilliance that Fedorov expressed in print, which might possibly have led toward either or both of these goals, was his concept of “fundamental weather types” (translated by him as “foundation” weather types), in which he envisioned basic weather types, real or unreal, characteristic of each locale, that would represent the total influences of the Landschaft and the local insolation balance, and would exclude the influences of atmospheric advection. He starts out philosophically enough – in effect: “Do there exist fundamental types, real or otherwise, that represent the ultimate results under given sets of climate controls, on the one hand shaped by the gross influences of air masses and circulation, on the other reflecting the characteristics of each private position?” This suggests the provocative thought that perhaps the ultimate in statistical classification is to define unreal weather types for ideal steady state or one-causal-factor conditions, and then to combine these abstract component parts to produce real “weathers”. These abstractions could provide a common denominator for adding up incommensurate real quantities or for comparing different stations whose real weather types are incomparable. Also, in the course of defining the fundamental types for each area, some hitherto unknown genetic relations might be revealed. But the ephemeral thread fades out, entirely, it seems, in a void of practical incapacibilities, and the concept is reconstructed in very rigid form in a regression to traditionalism, and he ends up defining the fundamental weather types as those types of weather that occur when the atmosphere next to the ground has adjusted to the local conditions of insolation-reradiation balance and the ground surface.” (LYNDOLPH, 1959, pág. 139).

Com isso, o “tipo fundamental” de qualquer tipo de tempo seria o resultado da interação entre as propriedades conservativas de uma massa de ar e os elementos de uma determinada paisagem. Assim encerramos as considerações acerca da

Climatologia Complexa, a qual, mesmo com pouca repercussão nos trabalhos ocidentais sobre tipos de tempo, parece ter reunido uma série de ideias e iniciativas relevantes em relação a esta temática.

Figura 7.5: Representação gráfica das classes de tipos de tempo delimitadas por Fedorov.
Fonte: LYNDOLPH, pág. 131, 1959.

atribuídas a Bergeron, a respeito da Climatologia Dinâmica e do papel das massas de ar, teria sido apenas um modesto progresso em relação ao trabalho de DOVE (1862), o qual considerava as mudanças do tempo meteorológico em função dos conflitos entre as correntes de ar sul (fria) e norte (quente). Ainda de acordo com COURT (1957), uma definição bastante distinta a respeito da Climatologia Dinâmica teria sido apresentada por Hesselberg, em 1932:

“A dynamic climatology, must be concerned with the quantitative application of the laws of hydrodynamics and thermodynamics to explain average state and motion. The laws should be used to investigate the general circulation and state of the atmosphere, as well as the average state and motion for shorter time intervals (years, months, definite weather periods, etc.).” (COURT, 1957, pág. 128).

Todavia, apesar dessa miríade de definições acerca da Climatologia Dinâmica, podemos encontrar um traço comum que une todas essas abordagens através do esforço em utilizar os dados meteorológicos e cartas sinópticas para obter um quadro da distribuição da energia na atmosfera entre os diversos processos meteorológicos. Para que tal objetivo seja alcançado, o estudo da totalidade de tipos de tempo sobre um determinado lugar teria se tornado uma abordagem essencial. Dessa forma, a Climatologia Dinâmica, buscaria, por meio da compreensão dos mecanismos dinâmicos e termodinâmicos dos tipos de tempo, aqui associados à escala local, estabelecer uma explicação para o clima regional.

Em “oposição” a esta abordagem, teríamos a Climatologia Sinóptica, na qual o clima regional seria explicado em função dos processos existentes em escalas superiores. Para COURT (1957) a Climatologia Sinóptica teria sido desenvolvida como um meio prático e conveniente de estabelecer uma indexação cruzada para informação sinóptica “histórica”. Ainda de acordo com COURT (1957), Gold teria apresentado, em 1943, a Climatologia Sinóptica como a classificação de tipos de tempo observados em uma estação ou região, assim como a indicação de suas frequências sazonais e anuais. Destaca-se também a diversidade de abordagens dentro do que teria se convencionado denominar “Climatologia Sinóptica”, sendo algumas voltadas mais para a análise numérica, e outras para uma postura mais narrativa, descritiva. COURT (1957) ressalta a seguinte definição, apresentada pelo Escritório Meteorológico Britânico: “*Description and analysis of the totality of weather*

at a single place, or over a small area, in terms of the properties and motion of the atmosphere over and around the place or area.” (COURT, pág. 129, 1957).

Destacamos esta citação devido a sua grande imprecisão, um problema que parece assolar quase todas as tentativas de sistematizar os conceitos e áreas da Climatologia. Apesar disso, esta “totalidade das condições do tempo” seria dependente do estudo de algumas características específicas, identificadas a partir das cartas sinópticas: fluxo de ar (*air-flow*), campo de pressão (*pressure-field*), massas de ar (*air-mass*) e padrões de mapa (*map-pattern*). Ressaltamos as considerações apresentadas por COURT (1957) a respeito do último item:

“The “map patterns” of the fourth subdivision frequently are called “weather types”, although Fedorov used the same term much earlier as the basis of complex climatology. Recently geographers have discussed “types of weather which repeat themselves” and “weather characteristic of various climatic regions”. Because of these diverse concepts for “weather type”, the more descriptive term “map pattern” is used here for this branch of synoptic climatology.” (COURT, 1957, pág.135).

Dessa forma, os tipos de tempo surgem, novamente, como um conceito importante, mas desta vez no contexto da Climatologia Sinóptica, com escalas temporais e espaciais distintas daquelas definidas pela Climatologia Dinâmica ou Complexa. Porém, a vertente Sinóptica teria se destacado não pelas suas contribuições teóricas, mas pela sua capacidade prática de auxiliar a elaboração de prognósticos de curto prazo, a partir da definição das bases físicas para as mudanças do tempo, algo que não acontecia com as equações utilizadas até neste período. COURT (1957) também destaca que poucos esforços realmente sérios foram realizados no sentido de delimitar as áreas de atuação dessas ramificações da Climatologia, sobretudo pelo fato de que muitos meteorologistas, climatologistas e geógrafos estariam confusos com essas definições, preferindo não estabelecer uma demarcação rígida entre as áreas. Em relação a esta confusão, COURT (1957) considera que:

“By specifying dynamical explanation as a major but not exclusive purpose, this definition obscures the basic distinction between dynamic, synoptic, complex and even “empirical” climatology. Complex climatology is also the “statistical collation of observed elements” by themselves, usually for a single place. “Empirical” climatology is the “statistical collation of observed elements or derived parameters of the atmosphere”, when it is specifically the collation of

observed elements at one place with derived parameters at another, without physical or dynamical explanation. Synoptic climatology is “statistical collation of observed elements” as related to “the contemporary climate patterns” of the atmosphere.” (COURT, 1957, pág.135).

Assim, finalizamos as considerações acerca das subáreas da Climatologia, ainda que o tema tenha permanecido em aberto, pretendemos apenas evidenciar a imprecisão conceitual que predomina nesta área do conhecimento. Outros trabalhos que merecem destaque, e apresentam uma abordagem predominantemente subjetiva, são os de HOLLAND E MILLS (1959), OLIVER (1970), LADD E DRISCOLL (1980), ESTELA (1998), ainda que tais trabalhos não tenham apresentado a mesma influência que as obras de WARD (1914) e LAMB (1950).

No trabalho de WARD (1914), que se ocupa em apresentar uma caracterização dos tipos de tempo nos Estados Unidos, destacamos, em primeiro lugar, sua preocupação em evidenciar a complexidade os tipos de tempo associados à variação sazonal dos controles ciclônicos e anticiclônicos, em escala sinóptica. A este respeito WARD (1914) afirma que:

“Hence our weather changes are correspondingly irregular, uncertain, and diverse. The nature of these changes depends on the degree of development; the velocity of progression; the track; and other conditions of the disturbance which produces them. Of weather types there is na almost endless variety. Their detailed study belongs under Meteorology. Yet these types give our climates their distinctive characters, to a large extent determining the amount and the distribution of temperature; of precipitation; of humidity; of cloudiness. A general understanding of the nature of the cyclonic and anticyclonic control is therefore, essential to a proper appreciation o four climate. Anyone who seriously attempts to study the climatology of the United States should have a series of weather maps in one hand, and a set of climatic charts of the country in the other. He will very soon realize that the better his unerstanding of the former, the more inteligente is his appreciation of the latter.” (WARD, 1914, pág. 4).

WARD (1914) ainda destaca a necessidade de esmiúçar o estudo dos tipos de tempo de acordo com cada estação, pois as médias anuais ou mesmo mensais, poderiam ocultar o impacto real do tempo atmosférico sobre as plantações, conforto térmico, saúde ou qualquer outra atividade que fosse estudada nesta perspectiva. Neste sentido ressalta que as principais diferenças no controle dos tipos de tempo pode ser encontrada na comparação entre os sistemas atmosféricos predominantes no inverno e no verão:

“Winter Storm Control – the quality of our weather types varies seasonally and geographically. These types results from a combination, more or less irregular, of periodic, diurnal elements, under the control of the sun, and of non-periodic, cyclonic and anticyclonic, elements. In winter, when practically the whole country is under the influence of the storm belt; when the sun is low and the days are short, the non-periodic control is everywhere strongest. Local conditions of heat and cold largely become subordinate to the general control by the cyclone and anticyclone, which import winds and weather from a distance. The irregular changes from clear to cloudy; from warmer to colder; from dry air to snow or rain, extend over large áreas, and show but little diurnal control.” (WARD, 1914, pág. 5).

“Summer Diurnal Control – the dominant weather types are associated with the regular changes from day to night. Periodic, diurnal phenomena replace non-periodic, cyclonic phenomena. Cumulus clouds, especially noticeable on days which follows rainfalls; diurnal variations in temperature and in Wind velocity; afternoon thunderstorms, recurring in spells with considerable regularity, characterize the warmer months over most of the country and presente na analogy with tropical conditions. Cyclonic and anticyclonic spells of hotter or cooler, rainy or dry weather, with varying winds differing in the temperatures and moistures which they bring, serve to break the regularity of the simple, diurnal, sun-controlled types.” (WARD, 1914, pág. 6).

Com isso WARD (1914) apresenta de forma sucinta os elementos que considera principais na caracterização sazonal dos tipos de tempo. Para exemplificar seu sistema de classificação, apresentamos algumas das classes identificadas pelo autor: North Western, North Pacific Type, Texas or South Western Type, Colorado Type, Coast Storm, Dominant Winter Anticyclone, West Indian Hurricane, North Pacific Summer High, entre outros.

Os demais autores apresentam uma diversidade de aplicações para a classificação subjetiva de tipos de tempo, ou destacam-se por apresentar algumas propostas diferentes em relação aos procedimentos subjetivos. HOLLAND E MILLS (1959), apesar de apresentarem um esforço relevante em seu trabalho, apenas seguem a metodologia estabelecida por LAMB (1950), diferenciando-se apenas em relação à escala espacial adotada, uma vez que favorecem a dimensão hemisférica para a identificação dos tipos ou classes de tempo. OLIVER (1970), por sua vez, busca estabelecer uma abordagem genética para a classificação climática, e para isso recorre à atuação das massas de ar e aos tipos de tempo associados a essas massas, como uma unidade de síntese para definir regiões climáticas. Em sua

proposta as massas de ar seriam definidas em uma base mensal, sendo diferenciadas a partir de dados de temperatura e umidade em superfície, através da qual seria possível estabelecer a frequência das massas de ar dominantes em uma dada região, e a partir daí associá-las aos tipos de tempo registrados no mesmo período. Esta abordagem não nos parece a mais promissora, devido ao fato de que a ocorrência dos tipos de tempo, não raramente, encontra-se associada a um grande leque de fatores, não sendo adequado, portanto, o atrelamento a apenas uma feição dos processos atmosféricos. No artigo de LADD e DRISCOLL (1980), um dos aspectos mais significativos não se refere à utilização de um procedimento subjetivo, mas em sua comparação com uma abordagem objetiva. A classificação subjetiva foi conduzida a partir da identificação de padrões sinóticos de circulação, através do qual foram identificadas quatro feições básicas: pré-frontal, pós-frontal, alta pressão no atlântico subtropical e “altas transientes”, sendo que cada uma dessas feições apresentava uma série de subdivisões, de acordo com sua orientação e intensidade. Já o procedimento objetivo consistiu, basicamente, em uma Análise de Componentes Principais para reduzir o volume de dados, múltiplas análises estatísticas para determinar um coeficiente de regressão, e finalmente a utilização de “*clustering*” para delinear os conjuntos de tipos de tempo. Neste trabalho o resultado que nos parece mais significativo não se refere especificamente aos conjuntos de tipos ou classes de tempo obtidos, mas sim ao fato de que muitas classes de tempo que foram determinadas objetivamente, por se enquadrarem nos critérios matemáticos, não puderam ser identificadas na observação das cartas sinóticas, sendo considerados por LADD e DRISCOLL (1980) como grupos inválidos, pois não apresentavam um correlato com o mundo físico. Finalmente, temos o trabalho de ESTELA (1998), o qual apresenta uma preocupação pouco abordada no universo da classificação dos tipos de tempo, uma vez que está focada no estudo biometeorológico dos tipos de tempo. Segundo ESTELA (1998), um dos principais problemas em biometeorologia se refere à dificuldade em identificar a origem de reações significativas de uma dada população em relação aos eventos meteorológicos. De acordo com ESTELA (1998):

“This is a very complex process because, under the influence of the same meteorological pattern defined on a synoptic scale, different local weather conditions can be observed. Therefore, in different localities significant biotropic effects may or may not occur. These may depend on the intensity of the day to day weather contrast, the

extent of adaptation in the population, the local geographical characteristics (rural or urban), the individual's meteorolability and other factors such as the presence or lack of air pollution sources, the indoor environment, and social and economic behavior.” (ESTELA, 1998, pág. 77).

ESTELA (1998) também destaca o fato de que este tipo de estudo torna-se ainda mais escasso em relação às áreas tropicais, e esclarece que o uso de procedimentos estatísticos pode ser bastante arriscado nestes casos, pois a maioria destes modelos teria sido produzida em função dos processos predominantes nas latitudes temperadas, não sendo adequados para a grande variabilidade de condições meteorológicas das zonas tropicais, sobretudo em uma escala local. A este respeito ESTELA (1998) considera que:

“The original principle, on which any weather type classification should be based, is the expression of the local climate conditions through the simultaneous action of the weather complex. In recent years, however, there has been a tendency to use this concept incorrectly, applying it to the classification of synoptic processes on a regional scale, or identifying a given behavior of selected air masses as “weather type”. (ESTELA, 1998, pág. 77-78).

Em relação aos parâmetros necessários para a determinação de classes de tempo a autora destaca que as informações mais relevantes seriam aquelas associadas diretamente ao balanço de calor do corpo humano. Contudo, devido a dificuldade em obter séries consistentes para fluxo de radiação solar, ESTELA (1998) optou por utilizar os valores diários para as temperaturas máximas e mínimas, além de dados a respeito da nebulosidade e umidade, os quais originaram dezoito classes de tempo. Porém, estas classes de tempo apresentam pouco detalhamento, ainda que a relação entre as classes de tempo e as variações sazonais tenha sido estabelecida cuidadosamente, a aplicabilidade da correlação entre os processos atmosféricos e possíveis efeitos na saúde da população mostrou-se comprometida em virtude da restrição dos dados utilizados.

Por fim, cabe citar outro aspecto que parece receber bastante atenção quando se fala em procedimentos subjetivos de classificação, mas que virtualmente desaparece do universo conceitual dos procedimentos objetivos, e que já foi previamente abordada nesta dissertação, trata-se da visibilidade. A visibilidade, nas ciências atmosféricas, pode ser definida mais adequadamente como o “alcance visual”, em uma direção definida, corresponderia a distância máxima em que objetos

proeminentes poderiam ser identificados, em contraste com o horizonte do céu, para um observador “normal” em condições ideais. A visibilidade geralmente aparece nos registros meteorológicos como uma indicação para fenômenos como poeira, fumaça ou neblina. Contudo, o que nos parece mais relevante sobre esta “variável”, seria sua capacidade de indicar o campo visual de um observador, ou seja, a escala espacial através da qual a atmosfera tem sido tradicionalmente identificada e registrada. A este respeito DAIPHA (2009) destaca que poucas profissões estabeleceram uma relação tão forte com a visão quanto a meteorologia, e que as imagens produzidas e analisadas nesse meio representam um grande progresso acerca do ordenamento, quantificação e formalização da nossa relação com o mundo. Todavia, DAIPHA (2009) também destaca o fato de que o crescente uso de computadores teria desestimulado as gerações mais jovens de meteorologistas a exercitarem a observação direta da atmosfera, o que, por um lado traria agilidade às análises realizadas nos escritórios meteorológicos, mas por outro, restringiria a capacidade de interpretação destes meteorologistas devido a falta de referências visuais para a diversidade de configurações dos processos atmosféricos.

Com isso encerramos as considerações a respeito dos processos subjetivos, devemos destacar que já a partir de meados dos anos 1960, a utilização de procedimentos estatísticos para a classificação de tipos de tempo torna-se predominante, e acompanhando o desenvolvimento da computação eletrônica, os procedimentos objetivos tornam-se muito mais requisitados do que as alternativas subjetivas. A partir deste momento poucos autores trabalham com os procedimentos subjetivos, geralmente aplicando catálogos ou métodos consagrados a novas regiões, e menos ainda são os autores que se ocupam em propor novos procedimentos subjetivos de classificação.

Assim, daremos início à análise de alguns dos principais procedimentos objetivos de classificação, que não apenas caracterizaram a segunda metade do século XX em relação ao estudo dos tipos de tempo, mas também tem se mantido predominante durante os primeiros anos do século XXI, como veremos com o caso

do projeto COST 733¹²¹. De acordo com PRADELLA (2010), podemos sintetizar as principais características dos procedimentos objetivos da seguinte forma:

“Primeiramente, deve-se diferenciar classificação automática da classificação de padrões obtida por um processo de treinamento supervisionado. Nesta última, o classificador é visto como um discriminador, ou máquina de decisão, a qual foi treinada com dados rotulados, com origem de classe conhecida, com o objetivo de maximizar a generalização para futuras amostras de dados não usadas durante o treinamento. Por outro lado, a classificação automática objetiva descobrir as relações entre os dados, a estrutura destes, e caso seja possível, um esquema de análise de futuras amostras. [...] Um aspecto essencial para os procedimentos de classificação automática diz respeito à escolha de atributos, sendo esta uma decisão que influenciará todos os passos seguintes. Assim, recomenda-se buscar uma compressão de dados em que as características das classes as quais estamos interessados, apresentassem pouca variância dentro dos objetos da classe, e grandes diferenças entre classes distintas. Mesmo com bons atributos, diversos problemas podem ocorrer, tais como: sobreposição de classes, erros devido a problemas de medição e instrumentação, erros sistemáticos (relacionados à calibração de instrumentos), ou outros erros devido a interferências nas medidas, problemas de leitura ou armazenamento dos dados. [...] Apesar das diferenças estruturais entre esses grupos a noção de distância é central em ambos os casos, ou seja, a similaridade ou proximidade entre dados ou objetos deve ser definida matematicamente.” (PRADELLA, 2010, pág. 36-38).

Com isso temos podemos distinguir dois grandes grupos de procedimentos objetivos de classificação, os Métodos Hierárquicos e os Métodos Particionais. Os primeiros são caracterizados pela organização hierárquica, na qual índices relativos de semelhança entre objetos poderiam ser visualizados em uma representação em “árvore”. De acordo com PRADELLA (2010) os métodos hierárquicos ainda produzem seqüências aninhadas de partições do conjunto de dados. Os resultados de uma classificação hierárquica geralmente são representados por meio de um dendrograma que ilustra as fusões ou divisões feitas em cada estágio sucessivo da análise. Já os Métodos Particionais, por sua vez, produzem uma partição dos N objetos em K agrupamentos. As principais vantagens em relação às técnicas hierárquicas incluem a possibilidade de mudanças de pertinência de objetos em relação a um grupo durante todo o processo de formação dos agrupamentos, e possibilidade de trabalhar com bases de dados maiores. Já sua principal

¹²¹ Projeto de cooperação internacional, entre países europeus, para harmonização e unificação dos catálogos de tipos de tempo. Será apresentado com mais detalhes adiante.

desvantagem encontra-se no fato de que o número de agrupamentos (K) deve ser conhecido a priori.

A seguir, no Quadro 7.2, temos os principais procedimentos objetivos de classificação utilizados a partir da segunda metade do século XX.

QUADRO 7.2 - Principais procedimentos objetivos de classificação

<p>Análise de Correspondências</p>	<p>A Análise de Correspondências, em linhas gerais, converte uma matriz de dados em um tipo de representação gráfica no qual as linhas e colunas da matriz são simultaneamente representadas por pontos. Este método permite estudar as relações e semelhanças existentes entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) as categorias de linhas e entre as categorias de colunas de uma tabela; b) o conjunto de categorias de linhas e o conjunto de categorias de colunas. <p>Esta técnica também é capaz de evidenciar como as variáveis apresentadas na tabela se relacionam.</p>
<p>Análise de Agrupamentos</p>	<p>O termo aqui utilizado comporta uma variedade de algoritmos de classificação diferentes, todos voltados para a questão de como organizar grandes quantidades de dados em classes coerentes e que ocorram “naturalmente” no conjunto original. A idéia central deste procedimento é a de um processo dirigido pelos dados observados, de forma a agrupar esses dados segundo características comuns que ocorram neles. Tal procedimento inclui a organização hierárquica de grupos, na qual a cada nível de abstração maior, são também maiores as diferenças entre elementos contidos em cada grupo. Existem dois grandes meios de realizar uma Análise de Agrupamentos: a Árvore de Agrupamento e o K-Médias.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) A Árvore de Agrupamento (Tree Clustering) tem por objetivo a construção de taxonomias em níveis variados, unificando objetos em classes ou grupos sucessivamente maiores através da utilização de alguma medida de similaridade ou distância, sendo considerado um procedimento hierárquico e aglomerativo. b) O Agrupamento por K-Médias é um processo não-hierárquico e atua por repartição. Diferentemente do procedimento anterior, aqui é necessário indicar, a priori, quantos grupos serão formados, assim o K-Médias produzirá exatamente K diferentes conjuntos com a maior distinção possível entre eles. A fim de avaliar a precisão da classificação proposta, deve-se comparar a variabilidade intra-grupo com a variabilidade inter-grupo, obtendo então uma análise de variância padrão para cada variável trabalhada.

Continua

Continuação

Análise Fatorial	Técnica com dois objetivos principais: (i) reduzir o número de variáveis descrevendo um fenômeno e (ii) detectar estruturas nos relacionamentos entre variáveis, classificando-as. Trata-se, portanto, de um recurso útil, tanto para a redução de dados, quanto para estruturar a relação existente entre os mesmos.
Análise de Discriminantes	Esta técnica concentra-se em: (i) medir o poder de discriminação de cada variável ou grupo de variáveis; (ii) descrever graficamente ou algebricamente diferentes grupos em termos de variáveis discriminadoras; (iii) desenvolver regras para classificar novos elementos. Dessa forma, a idéia básica por trás da análise de discriminantes é determinar se os grupos são diferentes com relação à média de uma variável, partindo dessa variável para prever a que grupo um novo caso pertence.
Escalonamento Multidimensional	De forma geral, o objetivo deste processo é detectar dimensões significativas, subjacentes a uma distribuição de dados, que permitam ao pesquisador explicar similaridades, dissimilaridades ou regularidades observadas entre as mensurações do fenômeno observado.
Correlação Canônica	O princípio básico neste processo é desenvolver uma combinação linear em cada um dos conjuntos de variáveis, de forma que a correlação entre os dois conjuntos seja maximizada. Cabe ressaltar que nesta técnica não existe a distinção entre variável independente e dependente, existem somente dois conjuntos de variáveis em que se busca a máxima correlação entre ambos.
Análise de Séries Temporais	Este procedimento parte do pressuposto que o processo gerador dos dados analisados é determinístico, assim uma Série Temporal compõe-se de uma sequência de variáveis dispostas de forma não-aleatória. Esta técnica tem dois objetivos principais: (i) Identificar a natureza de um fenômeno descrito por uma série de observações e (ii) prever valores futuros da variável da série temporal. Uma vez que o padrão dos dados seja estabelecido, este pode ser integrado ao restante dos dados, criando potencial para previsão de eventos futuros desta série.
Cadeias de Markov	Técnica utilizada para medir e projetar os processos que se desenvolvem em cadeia. Este procedimento é capaz de considerar a tendência natural dos eventos ou inserir elementos deflatores, conduzindo a resultados alternativos que correspondem a inúmeros futuros possíveis.
Lógica Fuzzy ou Lógica Nebulosa	A principal característica desta técnica consiste na capacidade de “relaxar” a pertinência dos objetos às classes, sendo bastante utilizados quando se precisam representar conjuntos com certo grau de incerteza. Quando somado ao processo de agrupamento K-Médias, o Fuzzy K- Médias (FKM) é capaz de processar, de forma não-supervisionada, um número qualquer de atributos e de classes, distribuindo os valores dos graus de pertinência de forma normalizada através das classes “naturais”.

Conclusão

Redes Neurais	Trata-se de um algoritmo não-supervisionado que aproxima a densidade de probabilidade dos estímulos de entrada, ao mesmo tempo em que reduz a dimensionalidade, tentando preservar ao máximo as relações topológicas entre os dados. Para processos de classificação, esta técnica apresenta uma série de características desejáveis, tais como a tolerância ao ruído, capacidade de generalização, e o aprendizado adaptativo a partir de exemplos e processamento paralelo.
Análise de Componentes Principais	Este processo objetiva, principalmente, reduzir o conjunto original de variáveis para um conjunto menor, por meio de combinações lineares. Pelo fato de que, em geral, muitas das variáveis em um conjunto de dados possam ser correlacionadas, ou que possuam pequena variabilidade, o uso de PCA pode permitir grande redução da informação dos dados originais em algumas poucas combinações. Busca-se reduzir o conjunto de variáveis a dois ou três componentes principais com o objetivo de poder visualizar a estrutura dos dados e facilitar a interpretação por parte do usuário.
Classificação Sinóptica Espacial	O desenvolvimento deste procedimento fundamenta-se na seleção apropriada dos “dias-semente” (ou “dias-chave”) para cada tipo de massa de ar. Um “dia-semente” representa um dia com características meteorológicas típicas de um padrão de circulação específico, em determinado local. A partir do momento em que se define os “dias-sementes”, podem-se empregá-los para classificar todos os outros registros nas categorias correspondentes. Dessa forma é possível determinar, estatisticamente, mudanças significativas no comportamento atmosférico.
Ligação Simples e Ligação Média	A técnica de Ligação Simples, ou “método dos vizinhos mais próximos”, caracteriza-se por considerar a dissimilaridade entre dois agrupamentos, e então, classificá-los. Já a Ligação Média busca definir a maior dissimilaridade dentro de cada par de objetos. Este algoritmo tende a formar diversos agrupamentos de tamanhos compactos, mas com grande homogeneidade. Uma grande desvantagem deste procedimento se refere à elevada sensibilidade à presença de valores discrepantes.

Quadro 7.2: Principais procedimentos objetivos de classificação. Fonte: Adaptado de PRADELLA (2010).

Existem centenas de artigos produzidos a partir da aplicação destes procedimentos à classificação dos tipos de tempo, entre os quais podemos citar TODHUNTER (1989), THACKER e LEWANDOWICZ (1996), STONE (1989), STEFANICKI *et al* (1998), SERRA *et al* (1999), NEMESOVA e KILMPEROVA (1995), MASTERMAN *et al* (1996), MAHERAS *et al* (2000), MAHERAS (1984), LITTMAN (2000), LANA e FERNANDEZ MILLS (1994), KALKSTEIN *et al* (1996), KALKSTEIN *et al* (1998), JONES *et al* (1993), HUTH (1996), GRESTENGARBE e

WERNER (1997), DEGAETANO (1995), DAVIES *et al* (1991), COMPAGNUCCI (2001), BUNKERS (1996), BRINKAMNN *et al* (1990), BRIFFA *et al* (1990), BARDOSSY *et al* (1995), CHRISTENSEN e BRYSON (1966), CONWAY e JONES (1998), BOOIJ (2002) e SHERIDAN (2002), entre muitos outros que não puderam ser avaliados devido aos limites desta dissertação.

Contudo, nenhum destes artigos tornou-se um marco metodológico, uma vez que os procedimentos realizados¹²² e resultados obtidos são bastante similares entre si, sendo que a maior ou menor viabilidade de determinada técnica de classificação somente pode ser avaliada em função de um objetivo específico. Em linhas gerais, a maioria dos artigos citados pretende testar a viabilidade das contribuições metodológicas de LAMB (1950), WARD (1914) e do “*Grosswetterlage*”, entre outras classificações subjetivas que exerceram menor influência, comparando-as com os procedimentos objetivos apresentados no Quadro 7-1. Quanto às escalas espacial e temporal, cabe ressaltar que a totalidade dos artigos que foram consultados, a respeito da classificação dos tipos de tempo por meios objetivos, apresenta uma escala espacial de dimensão sinóptica, enquanto a escala temporal apresenta maior amplitude, contemplando de dias a semanas.

Não pretendemos detalhar os resultados obtidos por cada um destes trabalhos, não por descuido, mas simplesmente para evitar repetição. Isto se deve ao fato de que praticamente todas as técnicas objetivas de classificação desenvolvidas durante a segunda metade do século XX, e apresentadas nestes artigos, foram compiladas e testadas pelos grupos de trabalho do projeto COST 733, do qual falaremos com maiores detalhes a seguir.

De acordo com PHILIPP *et al* (2010), a classificação do tempo meteorológico e dos padrões circulação atmosférica em classes distintas é uma ferramenta amplamente utilizada para descrever e analisar as condições climáticas e meteorológicas. A ideia geral consiste em transferir informações multivariadas em um banco de dados, ou seja, visa estabelecer uma série temporal com dados sobre campos de pressão, temperatura, precipitação e etc., de forma a originar um

¹²² Ainda que as técnicas utilizadas fossem diferentes, o *modus operandi* se mantém: seleção dos dados, aplicação da técnica escolhida, normalmente com pouca ou nenhuma explicação sobre o funcionamento da mesma, e apresentação dos padrões de circulação obtidos em escala sinóptica.

catálogo. A vantagem destas informações reside no potencial prático destes catálogos, no entanto, como toda classificação requer alguma supressão dos dados, pode ser difícil relacionar de forma clara a informação remanescente a outros parâmetros meteorológicos. Para PHILIPP *et al* (2010), a enorme quantidade de métodos de classificação seria um reflexo direto desse fato, pois ainda se faz necessário estabelecer um modo de classificar que consiga manter a maior quantidade possível de informação e que também seja capaz de estabelecer um catálogo simples, que seja realmente aplicável. Para produzir uma avaliação sistemática de todos estes métodos foi criado o COST (*European Cooperation in Science and Technology*) Action 733, intitulado “*Harmonisation and Applications of Weather Type Classifications for European Regions*”, a ser referenciado como COST 733, tendo início em 2005, por ocasião da “*5th Conference of the European Meteorological Society*”¹²³. PHILIPP *et al* (2010) também alerta para o fato de que como se trata de um projeto com foco europeu, não será realizado um levantamento exaustivo, mas apenas aqueles que foram utilizados ou desenvolvidos na Europa. Ao invés de apresentar um levantamento dos métodos de classificação baseados em critérios como objetividade e subjetividade ou manuais e automáticos¹²⁴, PHILIPP *et al* (2010) estabelece uma distinção fundamentada nas estratégias de classificação. PHILIPP *et al* (2010) esclarece que o levantamento inicial acerca dos procedimentos de classificação foi realizado a partir de um questionário enviado para centenas de autores europeus que publicaram artigos sobre esta temática, além da adição de alguns exemplos clássicos como LAMB (1950).

De acordo com HUTH *et al* (2005), os resultados dos questionários mostraram-se adequados para a definição de um panorama a respeito dos principais procedimentos de classificação utilizados na Europa. Entre os países que responderam ao questionário, temos a participação de Áustria, Bélgica, República

¹²³ Inicialmente, segundo Tveito e Pasqui (2005), a delimitação espacial deveria contemplar áreas de 200 km a 2000 km, e períodos de 12 horas a 72 horas. No entanto, outras escalas espaciais e temporais foram empregadas nos trabalhos produzidos.

¹²⁴ Philipp *et al* (2010) também chama atenção para o fato de que os métodos automáticos não podem ser considerados sinônimos dos métodos objetivos, uma vez que estes últimos também incluem decisões subjetivas. Outra distinção relevante seria aquela entre a classificação de tipos de circulação, realizada apenas a partir dos campos de pressão, e a classificação dos tipos de tempo, a qual recorre a outros elementos como temperatura e precipitação.

Tcheca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Itália, Lituânia, Noruega, Polônia, Portugal, Romênia, Sérvia e Montenegro, Eslovênia, Espanha, Suécia, Suíça e Reino Unido. Um dos principais elementos destacados por Huth *et al* (2005), refere-se ao fato de que os termos “classificação” e “tipos de tempo e padrões de circulação”, não eram compreendidos pelos pesquisadores da mesma forma, implicando em problema significativo para o projeto. A respeito da resolução temporal e espacial, e sobre quais parâmetros eram classificados, HUTH *et al* (2005) destaca que:

“The large majority (84% of reported classifications) operate on a daily basis. Altogether 9% of classifications operate on a shorter time scale, viz., 12 and 6 hours. However, the difference is not due to a specific methodology, but results mainly from data availability. Only 5% of classifications were operated on a monthly basis, but all with a remark that a daily timestep is also possible or has been applied. [...] The information about the horizontal scale, resolution, and geographical coordinates of the database was somewhat subjectively transformed into general qualitative information on the spatial scale in five different classes: continental (involving whole Europe with adjacent parts of the Atlantic Ocean, or at least a major part of Europe typically more than 30 degrees of latitude by 40 degrees of longitude), sub-continental (involving large parts of Europe – typically of about 20 degrees by 20 degrees), country (involving a single country or a group of small countries, possibly including its/their close neighbourhood), regional (only a part of a single country), and local (single station). Larger-scale classifications prevail: the half of all classifications are of a continental scale, about 20% of them are of sub-continental and of country-scale. The rest (8%) includes regional and local scales. All the local-scale classifications are based on weather, not circulation variables. [...] The largest number of classifications (84%) is based on variables describing baric fields (SLP, geopotential heights), usually gridded or in a map form, in some cases together with other variables (typically thickness, temperature, humidity). These are referred to as ‘circulation classifications’ and are principally what the COST 733 Action is supposed to concentrate on. One classification is based on cyclone trajectories. The ‘weather classifications’ (8%) are based on surface weather variables at a single station or a group of close stations, and frequently employ the diurnal cycle of the variables. One classification can be referred to as ‘airmass’ since it utilizes variables suitable for characterizing airmasses, viz., temperature and humidity, over a small area. One classification combines ‘circulation’ and ‘weather’. Another classification is based on regional precipitation patterns. It is important to note that the share of classifications other than the circulation-based ones is likely to be underestimated because the majority of respondents seem to have concentrated just on circulation, while having overlooked the airmass- and weather-based classifications.” (HUTH *et al*, 2005, pág. 10-11).

O resultado deste levantamento se encontra na Figura 7.7, no qual 23 procedimentos são apresentados, sendo 5 subjetivos e 18 automáticos, os quais, com suas variações chegam ao total de 73 esquemas de classificação. Já na Figura 7.8 temos a abrangência espacial do projeto COST 733.

#	Abbreviation	Types	Parameters	Standard domains	Key references	
SUB (subjective methods)						
1	HBGWL	29	not specified	N	Hess and Brezowsky (1952)	
2	HBGWT	10	not specified	N		
3	OGWL	29	MSLP, Z500	N		
4	OGWLSLP	29	MSLP	N	James (2007)	
5	PECZELY	13	not specified	N		
6	PERRET	40	not specified	N	Péczely (1957)	
7	ZAMG	43	not specified	N	Perret (1987)	
THR (threshold based methods)						
8	GWT	18	MSLP	Y	Beck (2000)	
9	GWTC10	10	MSLP	Y		
10	GWTC18	18	MSLP	Y		
11	GWTC26	26	MSLP	Y	Litynski (1969)	
12	LITADVE	9	MSLP	Y		
13	LITTC	27	MSLP	Y		
14	LITTC18	18	MSLP	Y	James (2006)	
15	LWT2	26	MSLP	Y		
16	LWT2C10	10	MSLP	Y		
17	LWT2C18	18	MSLP	Y	Dittmann et al. (1995)	
18	WLKC09	9	U/V700	Y		
19	WLKC18	18	U/V700, Z925	Y		
20	WLKC28	28	U/V700, Z925/500	Y	Schüepp (1979)	
21	WLKC733	40	U/V700, Z925/500, PW	Y		
22	SCHUEPP	40	MSLP, Z500, U/VSFC/500	N		
PCA (PCA based methods)						
23	TPCA07	7	MSLP	Y	Huth (1993)	
24	TPCAC09	9	MSLP	Y		
25	TPCAC18	18	MSLP	Y		
26	TPCAC27	27	MSLP	Y	Kruizinga (1979)	
27	TPCAV	6–12	MSLP	Y		
28	P27	27	Z500	Y		
29	P27C08	8	MSLP	Y	Esteban et al. (2005, 2006)	
30	P27C18	18	MSLP	Y		
31	P27C27	27	MSLP	Y		
32	PCAXTR	11–17	MSLP	Y	Esteban et al. (2005, 2006)	
33	PCAXTRC09	9–10	MSLP	Y		
34	PCAXTRC18	15–18	MSLP	Y		
LDR (methods based on leader algorithm)						
35	LUND	10	MSLP	Y	Lund (1963)	
36	LUNDC09	9	MSLP	Y		
37	LUNDC18	18	MSLP	Y		
38	LUNDC27	27	MSLP	Y	Epicum et al. (2008)	
39	ESLPC09	9	MSLP	Y		
40	ESLPC18	18	MSLP	Y		
41	ESLPC27	27	MSLP	Y	Blair (1998)	
42	EZ850C10	10	Z850	Y		
43	EZ850C20	20	Z850	Y		
44	EZ850C30	30	Z850	Y	Blair (1998)	
45	KHC09	9	MSLP	Y		
46	KHC18	18	MSLP	Y		
47	KHC27	27	MSLP	Y	Enke and Spekat (1997)	
OPT (optimization methods)						
48	CKMEANSC09	9	MSLP	Y		
49	CKMEANSC18	18	MSLP	Y		
50	CKMEANSC27	27	MSLP	Y	Yarnal (1993)	
51	PCACA	4–5	MSLP	Y		
52	PCACAC09	9	MSLP	Y		
53	PCACAC18	18	MSLP	Y	Petisco et al. (2005)	
54	PCACAC27	27	MSLP	Y		
55	PETISCO	25–38	MSLP, Z500	Y		
56	PETISCO09	9	MSLP	Y	Esteban et al. (2005, 2006)	
57	PETISCO18	18	MSLP	Y		
58	PETISCO27	27	MSLP	Y		
59	PCAXTRKM	11–17	MSLP	Y	Esteban et al. (2005, 2006)	
60	PCAXTRKMC09	9–10	MSLP	Y		
61	PCAXTRKMC18	15–18	MSLP	Y		
62	SANDRA	18–23	MSLP	Y	Philipp et al. (2007)	
63	SANDRAC09	9	MSLP	Y		
64	SANDRAC18	18	MSLP	Y		
65	SANDRAC27	27	MSLP	Y	Michaelides et al. (2001)	
66	SANDRAS	30	Z925, Z500	Y		
67	SANDRASC09	9	MSLP	Y		
68	SANDRASC18	18	MSLP	Y	Michaelides et al. (2001)	
69	SANDRASC27	27	MSLP	Y		
70	NNW	9–30	Z500	Y		
71	NNWC09	9	MSLP	Y	Michaelides et al. (2001)	
72	NNWC18	18	MSLP	Y		
73	NNWC27	27	MSLP	Y		

Figura 7.7 - Métodos e variantes de classificação. Fonte: Philipp *et al* (2010), pág. 362-363.

A Figura 7.7 contém as seguintes informações: na segunda coluna temos a abreviação utilizada para o procedimento selecionado, na coluna três o número de classes de tempo identificado a partir deste procedimento, na coluna quatro os parâmetros¹²⁵ utilizados para classificação, na coluna cinco a disponibilidade do procedimento para os 12 domínios espaciais delimitados pelo COST 733, e na coluna seis as principais referências para cada procedimento.

Figura 7.8 - Domínios espaciais delimitados pelo projeto COST 733. Fonte: Philipp *et al*, pág. 368, 2010.

Na Figura 7.7 já temos os procedimentos de classificação agrupados de acordo com suas estratégias de classificação, os quais serão detalhados a seguir. De acordo com PHILIPP *et al* (2010) as estratégias de classificação podem ser distinguidas entre grupos que se baseiam em tipos pré-definidos e grupos que produzem classes de tempo por derivação. Dessa forma:

¹²⁵ MSLP: pressão média ao nível do mar; Z: altura geopotencial; U/V: componentes zonais e meridionais do vento; PW: precipitação (água); SFC: pressão em superfície em hPa.

“Methods using predefined types include those with subjectively chosen weather situations and those where the allocation of days to one type depends on thresholds or rules. They have in common a presumed concept of the relation between circulation and surface weather variables like temperature and precipitation even though it is rarely formulated explicitly. Especially for European surface weather it is, for example, important whether the large scale flow is organized zonally and meridionally. Therefore predefined types are preferentially defined to clearly discern between these two configurations, while this is not necessarily the case for derived types. The difference between subjectively defined types and their definition by thresholds is just the formulation of explicit rules for the latter.” (PHILIPP *et al*, 2010, pág. 363).

“In contrast to methods utilizing predefined types all of the following methods are based on the idea to identify types which are indicated by any structure existing in the dataset itself. In particular three main strategies may be discerned. The first group, [...] utilizes principal component analysis (PCA) to determine principal components (PCs) explaining major fractions of the variance of the input data while the patterns to be classified are assigned to classes according to some measure of relation to the PCs. The second strategy [...] is to find leading patterns according to the number of patterns similar to them within a certain distance, called leader algorithm (Hartigan, 1975), while the third strategy is the combinatorial approach to optimize a partition according to a function, commonly the minimization of within-type variability.” (PHILIPP *et al*, 2010, pág. 365).

Assim temos os grupos delimitados por PHILIPP *et al* (2010), sendo o primeiro deles o SUB (*subjective definition of types*), baseado em métodos predefinidos, o qual contém cinco subgrupos. A respeito da abordagem subjetiva PHILIPP *et al* (2010) considera que:

“Subjective classifications are based on the expert knowledge about the effect of certain circulation patterns on various surface climate parameters, i.e. they try to discern between typical synoptic situations. A main problem for this approach (as well as for the subject of weather and circulation type classification as a whole) is the diffuse meaning of *typical*. To define *typical* in the meaning of *more often than other situations* does not solve the problem, because there is no obvious way how to separate different situations from each other, since there are smooth gradual transitions from one situation to another. However, typical situations may be further obtained by including (not always in an explicit way) the effects of circulation on associated surface climate variables. [...] It might be this integration of effects increasing the spread of possibilities for different situations which results in the characteristic high number of types of subjective classifications, ranging between 29 for Hess and Brezowsky (1952) and 43 for the ZAMG-classification (Lauscher, 1985) including originally over 80 classes. The only subjective classification with a small number of classes is the classification by Péczely (1957) with 13 types.” (PHILIPP, pág. 363, 2010).

Para os subgrupos temos, em primeiro lugar o HBGW (HBGWL/HBGWT)¹²⁶, neste procedimento a definição dos tipos de tempo é realizada em função da direção dos fluxos das massas de ar na Europa, os quais poderiam ser zonais, meridionais ou mistos, identificando até 29 tipos de tempo. O segundo subgrupo corresponde ao OGWL¹²⁷, o qual se caracteriza por usar apenas a pressão média ao nível do mar e a altura geopotencial em 500 hPa para estabelecer padrões de circulação para os 29 tipos de tempo identificados pelo HBGW. O terceiro subgrupo corresponde ao PECZELY¹²⁸, que se caracteriza por identificar tipos de tempo de acordo com a localização geográfica dos ciclones e anticiclones na bacia Cárpata, bem como a posição das feições frontais, através disso foram estabelecidos 13 tipos de tempo. O quarto subgrupo corresponde ao PERRET¹²⁹, o qual se baseia na identificação de tipos de tempo a partir da intensidade e ciclonicidade dos processos atmosféricos de uma determinada área. A distinção dos tipos se faz de acordo com a predominância de fluxos superiores de altas ou baixas pressões, podendo conter de 12 a 31 tipos de tempo identificados de acordo com o detalhamento desejado para a classificação. O quinto subgrupo corresponde ao ZAMG¹³⁰, o qual se define por ser um catálogo dos tipos de tempo alpinos, registrados em uma base diária, desde 1950. Diversos pesquisadores têm contribuído para a compilação destes dados, o que faz com que a quantidade de tipos de tempo varie bastante, entre 17 e até 80 classes distintas. O processo se baseia na associação dos processos frontais em superfície com os fluxos superiores.

O segundo grupo delimitado por PHILIPP *et al* (2010) em relação às estratégias de classificação é o THR (*threshold based methods*), baseado em métodos predefinidos, o qual contém cinco subgrupos. A respeito desta abordagem PHILIPP *et al* (2010) considera que:

“Compared to subjective classifications, threshold based methods define their types indirectly by declaration of a borderline between

¹²⁶ Hess and Brezowsky European Grosswetterlagen.

¹²⁷ Objective Grosswetterlagen.

¹²⁸ Carpathian basin weather types.

¹²⁹ Alpine Weather Statistics.

¹³⁰ Central Institute for Meteorology and Geodynamics Eastern Alpine weather types.

different types in the form of thresholds. Alternatively the distinction between types can be realized by predefined rules for assignment, which is essentially the same. For example a distinction can be made between days with a westerly main flow direction over the domain and days with northerly, easterly or southerly direction, where the angles used to delimit the sectors represent the thresholds or borderlines between the types. In contrast to the subjective methods the use of thresholds or explicit rules allow for automated classification. However, the term objective which is sometimes used to point out the difference to subjective classification is debatable, since the predetermination of thresholds and rules also involves subjective decisions. However their advantage is the reproducibility and of course their computer based fast processing.” (PHILIPP *et al*, 2010, pág. 364).

Para este conjunto de subgrupos temos em primeiro lugar o GWT¹³¹, baseado no HBGWT, tem como ideia básica a caracterização da circulação em uma gradação para os valores de zonalidade, meridionalidade e vorticidade do campo sinóptico da pressão ao nível do mar. Permite identificar entre 18 e 27 classes de tempo. O segundo subgrupo corresponde ao LIT (LITADVE/LITTC)¹³², o qual se baseia na identificação de massas de ar através dos índices de meridionalidade, zonalidade e ciclonicidade, resultando em 27 tipos de circulação. O terceiro subgrupo, denominado LWT 2¹³³, no qual a pressão média ao nível do mar é classificada a partir da direção dos fluxos e da vorticidade, resultando em 26 tipos de circulação, dos quais oito são puramente direcionais (oeste, leste, norte e etc.), dois são puramente tipos ciclônico ou anticiclônico e 16 são tipos híbridos. O quarto subgrupo corresponde ao WLK¹³⁴, tendo como parâmetro predominante o principal componente vetorial do vento no setor estudado, considerando também as características ciclônicas ou anticiclônicas, condições úmidas ou secas e a pressão média em diversos níveis de altitude. Permite identificar até 28 tipos de circulação. O último subgrupo desta categoria corresponde ao SCHUEPP¹³⁵, o qual considera a gradiente de pressão e a direção do vento em superfície, associados aos valores de direção e intensidade do vento em 500 hPa e o comportamento baroclínico.

¹³¹ Grosswetter-types or prototype classification.

¹³² Litynski advection and circulation types.

¹³³ Lamb-weather types version 2.

¹³⁴ Objektive Wetterlagenklassifikation.

¹³⁵ Alpine Weather Statistics.

Serão apresentados agora os procedimentos pertinentes ao segundo grande grupo de estratégias de classificação, os métodos que produzem tipos por processos de derivação. O primeiro conjunto de técnicas, segundo PHILIPP *et al* (2010), é caracterizado pela utilização marcante da Análise de Componentes Principais:

“The potential of PCA to be used as a classification tool was suggested by Richman (1985) and more deeply discussed and elaborated by Gong and Richman (1995). The basic idea of using PCA as a classification tool consists in assigning each case to a PC according to some rule. However there are several different modes for PCA differing fundamentally from each other. In the most often used s-mode the results are score time series representing the most important types of data variability in time, while the loadings indicate the location and extend to which these time series are realized. Things are reversed in t-mode, where the scores describe important spatial patterns and the loadings reflect the amount of their time variant realization. Thus the t-mode seems more appropriate for pattern classification, however also the s-mode might be utilized.” (PHILIPP *et al*, 2010, pág. 365).

Com isso, o primeiro subgrupo dos métodos baseados na Análise de Componentes Principais corresponde ao TPCA¹³⁶, o qual estabelece 10 grupos de tipos de tempo, a partir dos parâmetros previamente determinados, e aquele que apresentar maior consistência em relação aos outros grupos deve ser selecionado como o resultado da classificação. O segundo subgrupo é o P27¹³⁷, baseado nos valores de zonalidade, meridionalidade e ciclonicidade, capaz de identificar 27 tipos de circulação. O terceiro subgrupo, denominado PCAXTR¹³⁸, o qual apresenta um processo similar ao procedimento anterior, com maior versatilidade quanto ao número de classes obtidas. O segundo conjunto de técnicas, de acordo com PHILIPP *et al* (2010), é caracterizado pela utilização dos LDR's (Leader Algorithms):

“Methods based on the so called leader algorithm (Hartigan, 1975) have been established at a time when computing capacities have been available but were still limited. These methods seek for key (or leader) patterns in the sample of maps, which are located in the center of high density clouds of entities (days) within the multidimensional phase space spawned by the variables, i.e. grid-point values.” (PHILIPP *et al*, 2010, pág. 366).

¹³⁶ Principal Component Analysis in t-mode.

¹³⁷ Kruizinga Empirical Orthogonal Function Types.

¹³⁸ Principal Component Analysis Extreme Scores.

O primeiro subgrupo deste conjunto de técnicas é o LUND¹³⁹, caracterizado por usar um método de correlação linear simples para identificar a frequência aparente dos padrões de pressão ao nível do mar. Escolhe-se o dia com o maior número de coeficientes de correlação como o primeiro dia-chave, a partir do qual os outros dias serão classificados de acordo com a sua proximidade em relação a estes valores. O segundo subgrupo denomina-se ERPICUM (ESLP/EZ850)¹⁴⁰, o qual apresenta um procedimento bastante similar ao LUND, diferindo no cálculo utilizado para definir o grau de similaridade entre os dias selecionados. O último subgrupo deste conjunto de técnicas é o KH¹⁴¹, baseia-se na classificação de padrões da altura geopotencial em 500 hPa, utilizando como principal critério a distância normalizada entre os valores dos pontos selecionados de determinado *grid*. O terceiro conjunto de técnicas, segundo PHILIPP *et al* (2010), é caracterizado pela utilização dos OPT's (Optimization Algorithms):

“Optimization methods are combinatorial approaches to arrange a set of objects (days) within groups (or clusters) in such a way that a certain function is optimized. This function is the minimization of the within-type variability measured as the overall sum of the Euclidean distances between the member objects of a type and the average of that type (centroid). Most of the optimization methods included in COST733cat are based on the k-means clustering algorithm (e.g., Hartigan, 1975). In order to avoid repetition its principal is described here, k-means starts with an initial partition of the objects (daily pressure maps) and, for each object evaluates whether it is in the most similar cluster in terms of the Euclidean distance between the object and the centroid of the cluster. By doing so, the affected centroids in turn have to be recalculated which in turn changes the situation for the subsequent checks. Apparently it is necessary to repeatedly iterate through the list of objects and check again at each re-assignment. At some point in this process all objects are assigned to their nearest cluster and no reassignment is necessary and possible anymore, i.e. convergence to an optimum is reached.” (PHILIPP *et al*, 2010, pág. 366).

¹³⁹ Classical Leader Algorithm.

¹⁴⁰ Erpicum and Fettweis.

¹⁴¹ Kirchhofer Types.

Com isso, temos como primeiro subgrupo para este conjunto de técnicas o CKMEANS¹⁴², para esta classificação o algoritmo “k-means” é iniciado usando uma partição inicial baseada em campos de pressão dissimilares. Dessa forma:

“The initialization takes place by randomly selecting one object (pressure map). The seed for the second cluster is then determined as the object most different to the first, while the seed of the third cluster has one seed-pattern. In a stepwise procedure the starting partition, initially consisting of the k seed-patterns is gradually identified: all remaining days are assigned to their most similar class. With each day entering a class, the centroid positions are re-computed. As a consequence the multi dimensional distance between class centroids continually decreases while the variability within the individual classes of the starting partition increases. After the initial assignment of all days has been performed the iterative k-means clustering process is launched.” (PHILIPP *et al*, 2010, pág. 367).

O segundo subgrupo corresponde ao PCACA¹⁴³, o qual tem início com um pré-processamento dos dados selecionados, que objetiva remover os traços do comportamento sazonal. Após esta etapa, um modelo de análise de componentes principais é aplicado para reduzir a colinearidade dos dados, simplificando os cálculos numéricos e otimizando o desempenho do processo de agrupamento, o qual fornecerá os tipos de tempo identificados. O terceiro subgrupo corresponde ao PETISCO¹⁴⁴, o qual apresenta um processo similar ao LUND, diferenciando-se pelo fato de que o dia-chave, neste caso, não seria aquele dia com maior proximidade aos valores do grupo, mas sim o centroide de um determinado conjunto de dias. Os demais subgrupos são PCAXTRKMN¹⁴⁵, SANDRA¹⁴⁶, SANDRAS¹⁴⁷ e NNW¹⁴⁸, os quais, apesar de se apoiarem em princípios distintos, apresentam um processo relativamente similar, no qual, uma vez delimitado o banco de dados a ser analisado, estes procedimentos permitem a interferência do pesquisador durante a etapa de classificação dos grupos, de forma que dias (ou outros dados) atribuídos

¹⁴² K-Means by dissimilar seeds.

¹⁴³ K-Means by seeds from hierarchical cluster analysis of principal components.

¹⁴⁴ Leader algorithm with optimized key patterns.

¹⁴⁵ K-Means using PCA derived seeds.

¹⁴⁶ Simulated annealing and diversified randomization clustering.

¹⁴⁷ Classification of sequences of days with SANDRA.

¹⁴⁸ Neural network self-organizing feature maps.

incorretamente a determinado grupo podem ser removidos e alocados em outro conjunto.

Esses procedimentos, brevemente apresentados, representam uma grande variedade de estratégias para distinguir situações sinópticas específicas em classes. Contudo, para avaliar adequadamente os resultados dos diferentes métodos de classificação, PHILIPP *et al* (2010) destaca a necessidade de estabelecer catálogos que sejam comparáveis. Algo que somente pode ser realizado através da aplicação padronizada destes métodos a conjuntos de dados também padronizados, sendo este um dos principais objetivos do projeto COST 733.

Os trabalhos de BECK e PHILIPP (2010), JOLLIFFE e PHILIPP (2010), KASPAR e MÜLLER (2010), PINEDA *et al* (2010), KOTARBA (2010), SCHIEMANN e FREI (2010), TVEITO (2010) e TWARDOSZ (2010), entre outros, apresentam uma série de propostas relevantes, tanto em termos de aperfeiçoamentos para as técnicas citadas acima, quanto nas relações estudadas. Nestes trabalhos os tipos de tempo e padrões de circulação são investigados em função de fenômenos como chuvas torrenciais, distribuição de chuvas, relâmpagos, nebulosidade, amplitudes térmicas, prognósticos de curto prazo, previsão de avalanches, poluição atmosférica, incêndios florestais, conforto térmico e saúde, pesca e mudanças climáticas entre outros, todos abordados em escala sinóptica, apresentando uma abrangência temporal na escala semanal ou mensal. No caso deste, entre outros artigos do mesmo caráter, pretendemos destacar a falta de alguma preocupação teórica ou conceitual em definir e situar os conceitos utilizados. Ainda que muitos autores apresentem um breve histórico a respeito do desenvolvimento dos procedimentos de classificação, tanto subjetivos quanto objetivos, não há a construção de uma relação consistente deste conhecimento com o restante do trabalho. Dessa forma, essa breve incursão histórica torna-se mera curiosidade no contexto destes artigos. A própria noção apresentada por PHILIPP *et al* (2010) de que tipos de tempo e “tipos ou padrões de circulação” seriam ideias distintas, parece se perder ao longo do projeto¹⁴⁹, pois muitos autores parecem utilizar as duas expressões como sinônimos,

¹⁴⁹ Como Bissolli e Westermeier (2005), Bartholy *et al* (2005), entre outros.

enquanto outros tomam os tipos de tempo como sinônimo para “massas de ar”¹⁵⁰. Destacamos também o predomínio absoluto da escala sinóptica, uma vez que em nenhum dos trabalhos produzidos no âmbito do projeto COST 733, os tipos de tempo são associados à escala local ou regional, algo que já era de se esperar dada a dimensão das áreas de estudo apresentadas na Figura 7.8.

Contudo, este foco na praticidade das técnicas tem apresentado resultados promissores, de acordo com a avaliação dos pesquisadores envolvidos. De acordo com HUTH (2010):

“Classifications of atmospheric patterns have been applied for a variety of purposes, one of the major applications of circulation classifications being in synoptic-climatological analyses. Within this frame, a stratification (sorting) by circulation types is used to characterize weather, environmental, and climate conditions has been recognized as one of the recent tendencies in applications of circulation classifications.” (HUTH, 2010, pág. 388).

“A large number of classifications of circulation patterns, collected within the COST733 Action, have been evaluated as to their synoptic-climatological applicability, defined here as the ability to stratify surface climate elements at a network of stations across Europe. Although the study should be considered preliminary since classifications based on only two domains (out of 12 available) have been examined and only maximum and minimum temperature has been concerned, several conclusions can be drawn. First of all, the classifications vary widely in their synoptic-climatological applicability. One particular aspect that strongly affects the synoptic-climatological applicability is the number of types: a better performance is achieved for lower numbers of types. After the effect of different sample sizes is eliminated, the ranking of methods is relatively stable. In winter, several simple methods perform surprisingly well (LWT, both variants of Litynski, GWT, P27). Also SANDRA, which in contrary is fairly elaborate, performs very well. Correlation-based methods (LUND, KH) are inferior in their synoptic-climatological applicability, as well as some more complex methods like neural networks (NNW) and T-mode PCA (TPCA). The Hess and Brezowsky catalogue is excellent in stratifying surface temperature across Europe in any of its forms, both as original 29 types (Grosswetterlagen), 10 macrotypes (Grosswettertypen), and the objectivized versions. The excellent of the H&B classifications holds for the evaluation both in winter and summer and on the central European as well as large domains. The latter fact is particularly notable since the classification targeted on central Europe (and, in a stricter sense, Germany only), being intrinsically regional, outperforms over the large, continental-scale domain the majority of the objective classifications, defined over the

¹⁵⁰ Segundo Kysely e Huth: “‘Objective’ classifications of weather types – often called ‘air masses’ (AMs).” (KYSELY e HUTH, pág. 536, 2010).

whole large domain, thus being large-scale in their nature. On the other hand, this large-scale performance of the H&B classification is not offset by its worse regional performance: it outperforms the regional objective classifications, developed over central Europe, when evaluated over central European stations.” (HUTH, 2010, pág. 393).

Com isso temos um panorama, ainda que bastante sucinto, a respeito da aplicabilidade de diversos procedimentos de classificação. Uma das contribuições realizadas no âmbito do projeto COST 733, que julgamos entre as mais relevantes, encontra-se no trabalho de JACOBET (2010), no qual o autor apresenta uma análise sucinta a respeito dos avanços metodológicos nos procedimentos de classificação aplicados às ciências atmosféricas. De acordo com JACOBET (2010), os avanços mais importantes nesta área referem-se à extensão dos procedimentos de classificação para a circulação atmosférica:

“This important line of advance in classification studies has introduced the dimensions of large-scale (so-called) weather patterns and of hemispheric, regional or meso-scale circulation types which characterize considerable parts of research in synoptic and dynamic climatology. Besides the well-known subjective or manual classifications which include a high degree of synoptic experience, but a lack of inter-subjective reproducibility. [...] Two different pathways may be identified in this respect: a first one tries to objectify manual classifications by defining numerical criteria or distance measures for the assignment of cases to predefined types as for example automated versions of the Lamb weather type classification (e.g. Jones et al., 1993; Goodess and Jones, 2002) or an objective catalogue determination of Hess-Brezowsky's Grosswetterlagen (James, 2007). [...] The added value of such objectifying studies may be seen in the definition of quantitative criteria and in the achievement of general reproducibility. The other pathway mentioned above does not refer any more to predefined circulation types, but implements appropriate techniques which are able by themselves to generate some kind of partitions which have been called automated or objective classifications. These techniques may be grouped into methods based on correlation analyses, principal component analyses, cluster analyses, fuzzy rules and self-organizing maps.” (JACOBET, 2010, pág. 412-414).

Em seguida JACOBET (2010) destaca o que considera como o principal problema dos procedimentos objetivos, que seria a projeção de dados multidimensionais em um conjunto de padrões delimitados por informações bidimensionais, com isso muitos padrões intermediários seriam perdidos. JACOBET (2010) destaca também a diversidade de aplicações possíveis a partir das classificações tanto climática, quanto de padrões de circulação e tipos de tempo,

abrangendo dezenas de temas, conforme já apresentamos neste capítulo. Ao concluir seu artigo JACOBET (2010) apresenta considerações relevantes sobre o estado da arte desta área:

“Classifications in climate research have seen significant progress during the last decades mainly due to the increasing application of multivariate statistical techniques and the inclusion of dynamical aspects related to the atmospheric circulation. Correspondingly, there has been a growing field of applications of these classifications in particular with respect to studies on circulation dynamics and circulation-climate relationships (see Huth et al., 2008). Therefore it should be emphasized which fields of application are the appropriate ones in contrast to cases for which we should better rely on techniques summarized as mode analyses. Classifications as discussed in the present context imply a strict assignment of individual objects to disjunctive groups, and this may be a serious simplification leading to considerable dissimilarities within these groups, especially in case of complex data sets. However, there are many research questions for which such a strict assignment is necessary or at least favourable as for example any direct relation of the atmospheric circulation to events on the time scale of the temporal resolution (e. g. daily occurrences of weather characteristics, extreme events or particular phenomena). In this case some classification approach will be an appropriate tool to relate the atmospheric circulation to these daily occurrences on a regional or local scale. Furthermore, the internal characterization of atmospheric circulation patterns in terms of dynamic parameters (e.g. relative vorticity or pressure gradient) and climatic variables (e.g. temperature or rainfall) likewise requires an unambiguous assignment of temporal units to classified states, and this is even true for dynamical modes and their within-mode variations which are often assessed on the basis of an implicit classification (e.g. by assigning each time unit to that mode with the highest loading on it...). On the other hand, if such requirements (as mentioned in the previous paragraph) do not exist, it is not necessary for investigations on climate and circulation dynamics to rely on classifications and to accept their shortcomings mentioned above. Instead we may benefit from multivariate representations of large-scale fields and their variations by different techniques of mode analysis. In particular the capability to derive generic circulation patterns (instead of composite patterns averaged from individual members of classified groups) and to represent individual pressure fields as superimpositions of such generic patterns with varying weights seems to be more appropriate for a complex reality than strictly assigning objects to disjunctive groups (as done by classifications). This should be considered especially for research on large-scale dynamics. (JACOBET, 2010, pág. 419-420).

Com isso pretendemos apresentar as principais características pertinentes ao desenvolvimento do estudo dos tipos de tempo, bem como algumas de suas repercussões, nos séculos XX e XXI, por meio da apresentação de algumas das principais referências neste campo do conhecimento. Ainda que questões relativas

ao número ideal de classes para representar um determinado sistema, ou sobre a possibilidade real de se definir uma estrutura subjacente a esses fenômenos, permaneçam em aberto, acreditamos ter contextualizado o tema de forma minimamente adequada.

8. Considerações Finais

Conforme apresentamos no início desta dissertação a ideia de tipos de tempo constituiu-se em um dos elementos centrais para a proposta metodológica de MONTEIRO (1962), denominada posteriormente como “análise rítmica”, e que exerceu grande influência sobre os trabalhos brasileiros produzidos a respeito desta temática. Isto teria levado alguns autores (NETO, 2004; MENDONÇA, 2007), a considerar a proposta monteriana como o estabelecimento de um novo patamar para a “ciência climatológica”¹⁵¹ no Brasil. Contudo, a partir dos autores analisados no primeiro capítulo desta dissertação, pode-se perceber que definir ou delimitar determinado campo científico não é tarefa das mais simplórias. Uma vez que a obra de Monteiro, e daqueles que seguiram sua proposta metodológica, não contemplam os requisitos que definem uma “ciência”¹⁵², tanto em termos metodológicos quanto teóricos, em função disso nos pareceu claro que a questão relativa aos tipos de tempo permanecia em aberto, como ainda está. Sendo este um dos principais motivos para a realização desta dissertação, através da qual se confirmou de modo veemente a vitalidade desta temática.

Assim, a noção de tipos de tempo parece persistir por toda a história das ciências atmosféricas, e também antes do estabelecimento dessas disciplinas. Quanto ao objetivo primário deste trabalho, qual seja estabelecer um quadro-síntese (Quadro 8.1) sobre a variação das escalas temporais e espaciais atribuídas aos tipos de tempo, concluímos, a partir das discussões apresentadas ao longo desta dissertação, que originariamente e até meados do século XIX, a percepção e o registro dos tipos de tempo restringem-se a uma escala essencialmente local, intimamente associada ao campo de visão do observador e à sua experiência sensorial, uma vez que a delimitação de um tipo de tempo era realizada a partir de um trabalho individual e não a partir da coleção de dados de uma rede de estações,

¹⁵¹Ou “climatologia geográfica”.

¹⁵²Aqui não se pretende discutir a suposta superioridade do conhecimento científico, mas sim alertar para o fato de que uma área do conhecimento repleta de inconsistências não seja equivocadamente rotulada como “científica”, uma vez que esta expressão carrega uma série de pressupostos.

quanto a dimensão temporal, esta noção estaria associada às escalas diária e semanal.

Quadro 8.1: Quadro-síntese sobre a evolução do conceito de “tipos de tempo”

Autor	Data	Escala espacial	Escala temporal	Quantidade de classes de tempo	Elementos considerados
Derham (pág. 146)	1698	Local	Diária	25	Visibilidade, nebulosidade, temperatura, intensidade dos ventos e precipitação.
Towneley (pág. 146)	1699	Local	Diária	25	Visibilidade, nebulosidade, temperatura, intensidade dos ventos e precipitação.
Hook (pág. 155)	1667	Local	Diária	10	Visibilidade, nebulosidade e precipitação.
Locke (pág. 160)	1704-1705	Local	Diária	4	Visibilidade, nebulosidade e precipitação.
Derham (pág. 161)	1733-1734	Local	Mensal	25	Visibilidade, nebulosidade, temperatura, intensidade dos ventos e precipitação.
Pickering (pág. 170)	1744-1745	Local	Diária	Não especificado	Visibilidade, nebulosidade e precipitação.
Simon e Baker (pág. 182)	1753-1754	Local	Horária-Diária	18	Visibilidade, nebulosidade, temperatura, intensidade dos ventos e precipitação.

Continua

Continuação

Milles e Borlase (pág. 183)	1770	Local	Mensal	Não especificado	Visibilidade, nebulosidade, precipitação, intensidade e direção do vento.
Royal Society (pág. 183)	A partir de 1775	Local	Diária	10	Não especificado.
Societas Palatina (pág. 184)	A partir de 1781	Local	Diária	17	Visibilidade, Nebulosidade e precipitação.
Galton (pág. 223)	1863	Local-Regional	Diária	Não especificado.	Visibilidade, nebulosidade, temperatura, intensidade dos ventos e precipitação.
Hann (pág. 192)	1903 (1883)	Local-Regional	Semanal-Mensal	Não especificado.	Não especificado.
Köppen (pág. 204)	1948 (1900)	Regional	Semanal-Mensal	Não especificado.	Não especificado.
Brown (pág. 244)	1901	Sinóptica	Diária	Não especificado.	Pressão atmosférica e temperatura.
Ward (pág. 281)	1914	Regional-Sinóptica	Mensal-Sazonal	36	Temperatura, precipitação, umidade e velocidade, direção do vento, ciclones e anticiclones.
Nichols (pág. 235)	1925	Regional	Diária, Semanal, Mensal e Sazonal	720	Temperatura, radiação solar, precipitação, umidade e velocidade e direção do vento.
Switzer (pág. 236)	1924	Local-Regional	Diária	9	Visibilidade, nebulosidade, temperatura, intensidade dos ventos e precipitação.

					Conclusão
Peppler (pág. 244)	1925	Local- Regional	Diária	Não especificado.	Visibilidade, nebulosidade, temperatura, intensidade dos ventos, precipitação e variabilidade vertical.
Nichols (pág. 244)	1927	Sinóptica	Diária	28	Não especificado.
Reed (pág. 243)	1932	Regional- Sinóptica	Diária-Semanal	6	Não especificado.
Lamb (pág. 282)	1950	Regional- Sinóptica	Diária-Semanal	7	Ciclones e anticiclones.
Fedorov <i>apud</i> Lyndolph (pág. 268)	1959	Local- Regional	Diária	107	Direção do vento, temperatura média, amplitude térmica, nebulosidade, umidade relativa, frequência e quantidade de precipitação
Estela (pág. 283)	1998	Local	Diária	18	Temperaturas máximas e mínimas, nebulosidade e umidade.
Barry (pág. 261)	2005	Sinóptica	Semanal-Mensal	Não especificado.	Ciclones e anticiclones.
COST Action 733 (pág. 290)	2005	Sinóptica	Semanal, Mensal e Sazonal	7 a 43	Variável.

Contudo, conforme foi apresentado, a consolidação das redes de estações meteorológicas e o advento das cartas sinópticas, foram responsáveis por uma mudança significativa na forma como a atmosfera era visualizada e interpretada, com a presença marcante de novos fenômenos, visíveis apenas a partir da escala sinóptica e que passaram a ganhar maior atenção, sobretudo no contexto das teorias a respeito da circulação atmosférica, em detrimento das ocorrências locais. Essa característica se manteve durante todo o século XX, ainda que existam exceções, e se fortaleceu com o surgimento da previsão numérica e dos modelos computacionais. Isto se deve ao fato de que tanto as equações utilizadas na

previsão numérica do tempo atmosférico, quanto os modelos computacionais, não conseguem atingir a escala de detalhe necessária para caracterizar os processos locais.

Porém, a expressão tipos de tempo, conforme apresentado, passou a ser utilizada para representar novas dimensões espaciais e temporais, com as quais não concordamos, defendemos, portanto, a utilização desta expressão em seu sentido original, ou seja, em escala local. Cabe ressaltar que, a percepção a respeito das repetições de determinadas configurações da atmosfera, em escala local, parece ter como propósito primordial o aperfeiçoamento da compreensão acerca dos processos atmosféricos. Contudo, com a transposição desta noção para outros níveis escalares, esta preocupação parece ter sido deixada de lado, sendo que para muitos autores a identificação e classificação de tipos de tempo passam a ser consideradas um fim em si mesmo, restringindo em muito a abrangência original deste termo.

Dessa forma, a expressão tipos de tempo não nos parece se restringir às questões das escalas espaciais e temporais, mas aborda também uma forma de apreender o ambiente atmosférico. Talvez, falando de maneira puramente especulativa, seja uma forma de intrinsecamente humana de buscar experiências análogas para reconhecer ou identificar os estímulos externos. Nessa perspectiva a escala espacial talvez não seja algo determinante, mas sim a compreensão da unidade entre os elementos atmosféricos, dessa forma cada escala apresentaria sua própria unidade, como um escalonamento de tipos de tempo, sendo determinados pela escala temporal e identificados pelo campo de visão disponível ao observador, seja através do satélite, da carta sinótica ou da observação a olho nu.

Através das leituras realizadas não acreditamos que o conceito tenha se consolidado, sobretudo quando consideramos as características necessárias a um conceito científico, apresentadas no segundo capítulo, apesar de todas as transformações pelas quais passou, mas sim que tenha se difundido, ainda que este processo tenha acarretado em novas complicações. Tampouco julgamos que este trabalho seja capaz de estabelecer uma nova formulação, mas acreditamos que

parte do mérito deste trabalho se encontre em apresentar, da melhor forma possível, a diversidade de referências¹⁵³ que abordaram esta temática ao longo dos anos.

Cabe ressaltar ainda que muitas das posturas adotadas pela Climatologia e Meteorologia¹⁵⁴ fundamentam-se antes pela tradição do que por bases científicas de fato, o que pode nos levar a questionar a que se deve o estatuto científico atribuído a essas disciplinas. Ainda que esta dissertação não tenha se voltado para uma análise exaustiva das teorias a respeito da circulação atmosférica, principalmente aquelas desenvolvidas durante o século XX, a abordagem panorâmica a respeito do conceito de tipos de tempo ao longo de cinco séculos nos permitiu identificar elementos suficientes para afirmar que as ciências atmosféricas ainda apresentam inúmeras lacunas teóricas e metodológicas, muitas delas com origens bastante remotas. Importância desta perspectiva histórica reside justamente no fato de possibilitar uma apreensão mais adequada sobre o desenvolvimento da Climatologia e da Meteorologia, evidenciando que não se trata de um percurso linear, mas repleto de contradições.

Por fim, nos parece válido destacar que um dos principais méritos desta dissertação consiste na apresentação de referências internacionais que, ao menos no contexto da climatologia brasileira, se faziam inéditas ou pouco conhecidas, como os trabalhos desenvolvidos no âmbito do projeto COST 733 ou acerca da Climatologia Dinâmica. Quanto ao debate entre procedimentos subjetivos e objetivos, a eficiência e limitação de ambas as vertentes parece indicar para um movimento de união para superar as dificuldades tradicionais, principalmente em vista do fato de que os procedimentos híbridos teriam obtido os melhores resultados.

¹⁵³ Não se trata, de forma alguma, de supor que o tema tenha se esgotado. Em primeiro lugar, a maior parte das referências, sobretudo para os períodos mais remotos, constitui-se, majoritariamente de referências inglesas. Em segundo lugar, nos deparamos com uma imensidade de referências as quais não tivemos acesso, seja pelo fato dos artigos não estarem disponíveis, seja pela ignorância do autor desta dissertação em relação a idiomas como russo, alemão, francês e latim.

¹⁵⁴A exemplo podem-se citar os próprios horários de observação e os parâmetros comumente registrados.

Referências Bibliográficas

ABBE, C. Benjamin Franklin as Meteorologist. Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 15, No. 183, pág. 117-128, 1906.

ABERCROMBY, R. On certain types of British Weather. Royal Meteorological Society Quarterly Journal, vol. 9, pág. 1-25, 1883.

ABREU, A. A. de. A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: Análise Crítica. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 4, nº 2, pág. 51-67, 2003.

AIRY, G. B. On the relation of the direction of the wind to the Age of the Moon, as Inferred from observations made at the Royal Observatory, Greenwich, from 1840 november to 1847 december. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 141. Londres, 1851.

ALCOFORADO, M. J.; VAQUERO, J. M.; TRIGO, R. M.; TABORDA, J. P. Early Portuguese meteorological measurements (18th century). Climate of the Past, vol. 8, pág. 353-371, 2012.

ALLEN, W.; PEPYS, W. H. On the changes produced in atmospheric air, and oxygen gas, by respiration. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 98. Londres, 1808.

ANDERSON, Katharine. Predicting the Weather: Victorians and the Science of Meteorology; The University of Chicago Press, pág. 331, 2005.

ANDREWS, T. On the constitution and properties of Ozone. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 146. Londres, 1836.

ANDREWS, T.; TAIT, P. G. On the volumetric relations of Ozone, and the action of electrical discharge on Oxygen and other gases. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 150. Londres, 1860.

ANDREWS, T. On the continuity of the gaseous and liquid state of matter. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 159. Londres, 1869.

ASKIN, I. F. O Problema do Tempo: Sua Interpretação Filosófica. Editora Terra e Paz, 1969, Rio de Janeiro.

AZEVEDO, T.R. Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas. Doutorado, FFLCH, USP, 2001.

BACHELARD, G. A Epistemologia, Edições 70. São Paulo, 1971.

BARBOZA, Christina Helena da Motta. Tempo bom, meteoros no fim do período. Uma história da meteorologia em meados do século XIX através das obras de Emmanuel Liais. Doutorado História, USP, FFLCH-DH, 2002.

BARDOSSY, A., DUCKSTEIN, L., BOGARDI, I. Fuzzy Rule-Based Classification of Atmospheric Circulation Patterns. International Journal of Climatology, vol. 15, 1995.

BARDOSSY, A. Atmospheric circulation pattern classification for South-West Germany using hydrological variables. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 498-506, 2010.

BARHAM, H. A Letter of That Curious Naturalist Mr. Henry Barham, R. S. S. to the Publisher, Giving a Relation of a Fiery Meteor Seen by him, in Jamaica, to Strike into the Earth; With Remarks on the Weather, Earthquakes, &c. of That Island. Philosophical Transactions, Vol. 30 (1717 - 1719).

BARKER, T. Abstract of a Register of the Barometer, Thermometer, and Rain, at Lyndon, in Rutland, for the Year 1798. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 90. Londres, 1800.

BARLOW, P. A new mathematical and philosophical dictionary. Impresso por Wittingham and Rowland, Londres, 1814.

BARR, Mr.; SAUNDERS, R. Journal of the Weather at Montreal. Philosophical Transactions, Vol. 68 (1778).

BARRY, R. G.; PERRY, A. H. Synoptic Climatology: methods and applications. Ed. Methuen, Londres, 1973.

BARRY, R. G. Synoptic Climatology. In: Encyclopedia of World Climatology, Springer, pág. 700-704, 2005.

BARTHOLY, J.; PONGRACZ, R.; PATTANTYUS-ABRAHAM, M.; PATKAI, Z. Analysis of the European cyclone tracks, the corresponding frontal activity, and changes in MCP frequency distribution, pág. 39-54. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

BASSNETT, T. Outlines of a mechanical theory of storms, containing the true law of lunar influence. Impresso por D. Appleton and Company, Nova York, 1854.

BAZARIAN, Jacob. O Problema da Verdade: Teoria do Conhecimento. Editora Alfa-Omega, São Paulo, 1985, 223 páginas.

BECK, A. L. The Earth`s Atmosphere as a Circular Vortex, Monthly Weather Review, Weather Bureau, vol. 50, No. 8, pág. 393-397, 1922.

BECK, C.; PHILIPP, A. Evaluation and comparison of circulation type classifications for the European domain. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 374-387, 2010.

BIELEC-BAKOWSKA, Z. A classification of deep cyclones over Poland (1971-2000). Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 491-497, 2010.

BISSOLLI, P.; MULLER-WESTERMEIER, G. The spatial Distribution of Precipitation in Germany for different Weather Types, pág. 27-38. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

BJERKNES, J. On the structure of moving cyclones. Geofys. Publ., Vol. 1, pág. 1-8, 1919.

BJERKNES, V. The meteorology of the temperate zone and the general atmospheric circulation. Monthly Weather Review, vol. 49, No. 732, pág. 1-4, 1921.

BJERKNES, J.; SOLBERG, H. Life cycle of cyclones and the polar front theory of atmospheric circulation. Geofys. Publ., Vol. 1, pág. 1-60, 1922.

BLAIR, T. A. Weather types and pressure anomalies. *Monthly Weather Review*, Julho, pág. 196-197, 1933.

BLANFORD, H. F. The winds of northern India, in relation to the temperature and vapor-constituent of the atmosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 164. Londres, 1874.

BLASIUS, W. A brief discussion of some opinions in Meteorology. *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 16, No. 97, pág. 198-206, 1876.

BLASIUS, W. The Signal Service Bureau: Its Methods and Results. *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 24, No. 125, pág. 179-183, 1887.

BLASIUS, W. Has the Signal Service Degenerated?. *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 26, No. 129, 1889.

BLODGET, L. The non-periodic distribution of heat in the atmosphere. *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 13, No. 90, pág. 138-140, 1873.

BOHUN, R. A Discourse Concerning the origine and properties of Wind: with a historicall account of Hurricanes, and other Tempestuous Winds. Oxford, Impresso por W. Hall, 1671.

BOOIJ, M. J. Extreme daily precipitation in western Europe with climate change at appropriate spatial scales. *International Journal of Climatology*, vol. 22, pág. 69-85, 2002.

BORLASE, W. An Account of the Late Mild Weather in Cornwall, of the Quantity of Rain Fallen There in the Year 1762. *Philosophical Transactions*, Vol. 53 (1763).

BORLASE, W. An Account of the Quantity of Rain Fallen at Mount's-Bay in Cornwall, and of the Weatherin That Place. *Philosophical Transactions*, Vol. 54 (1764).

BOYLE, R. New Experiments Concerning the Relation between Light and Air (in Shining Wood and Fish); Made by the Honourable Robert Boyle, and by Him Addressed from Oxford to the Publisher, and So Communicated to the Royal Society. *Philosophical Transactions*, (vol. (1666-1667)).

BOYLE, Robert. The Philosophical Works of the Honourable Robert Boyle. Impresso por Peter Shaw, Londres, 4ª edição, 1725.

BRANDENBURG, F. H. Facilities for systematic study of corresponding weather types. Monthly Weather Review, Dezembro, pág. 546-547, 1901.

BRIFFA, K.R., JONES, P.D., KELLY, P.M. Principal Components Analysis of the Lamb Catalogue of Daily Weather Types: Part 2, Seasonal Frequencies and Update do 1987. International Journal of Climatology, vol. 10, 1990.

BRINKAMNN, W.A.R. Application of Non-hierarchically Clustered Circulation Components to Surface Weather Conditions: Lake Superior Basin Winter Temperatures. Theoretical and Applied Climatology, vol. 63, 1999.

BROOKE, R.; BAKER, H. A Thermometrical Account of the Weather, for One Year, Beginning September 1753. Kept in Maryland. Philosophical Transactions, Vol. 51 (1759 - 1760).

BROOKE, R.; BAKER, H. A Thermometrical Account of the Weather, for Three Years, Beginning September 1754. As Observed in Maryland. Philosophical Transactions, Vol. 51 (1759 - 1760).

BROOKS, Charles. F. The Climatic Record: Its Content, Limitations and Geographic Value. Annals of the Association of American Geographers, Vol. 38, Nº 3, 1948, pp. 154-168.

BROWN, W. V. A propose classification and index of weather maps as an aid in weather forecasting. Voluntary Observer, United States Weather Bureau, Monthly Weather Review, Dez., 1901.

BRUNI, J. An Account of the Hot Baths of Vinadio, in the Province of Coni in Piedmont; With the State of the Weather at Turin in the Year 1759. Philosophical Transactions, Vol. 51 (1759 - 1760).

BRUNT, D. Meteorology and Weather Lore, Folklore, Vol. 57, Nº 2, 1946, pp. 66-74.

BRYAN, G. H. The kinectic theory of planetary atmospheres. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 196. Londres, 1901.

BUNKERS, M.J., MILLER JR., J.R., DEGAETANO, A.T. Definition of Climate Regions in the Northern Plains Using an Objective Cluster Modification Technique. *Journal of Climate*, vol. 10, 1996.

BUTLER, T. B. *The Philosophy of the Weather and a Guide to Its changes*. Impresso por Dr. Appleton and Company, Nova York, 1856.

CAHYNOVA, M.; HUTH, R. Circulation vs. climatic changes over the Czech Republic: A comprehensive study based on the COST733 database of atmospheric circulation classifications. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 422-428, 2010.

CALEF, W. Weather types as a method of analysis and description of climate. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 43, 1953.

CAMUFFO, D.; BERTOLIN, C.; DIODATO, N.; COCHEO, C.; BARRIENDOS, M.; DOMINGUEZ-CASTRO, F.; GARNIER, E.; ALCOFORADO, M. J.; NUNES, M. F. Western Mediterranean precipitation over the last 300 years from instrumental observations. *Climatic Change*, 2012.

CARACRISTI, I. *A Natureza Complexa da poíesis climática: contribuições teóricas ao estudo geográfico do clima*. Tese de Doutorado, USP-DG, São Paulo, 2007.

CARLETON, A. M. Methodology in Climatology. *Annals of the Association of American Geographers*, vol.89, No. 4, pág. 713-735, 1999.

CARLIN, A. V. Meteorological charts in three dimensions. *Monthly Weather Review*, vol. 82, No. 4, pág. 97-100, 1954.

CARMICHAEL, L. The Smithsonian Institution and the American Philosophical Society. *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 101, No. 5, pág. 401-408, 1957.

CARVALHO JÚNIOR, I. J. de. Dos mitos acerca do determinismo climático/ambiental na história do pensamento geográfico e dos equívocos de sua crítica: reflexões metodológicas , teórico-epistemológicas, semântico-conceituais e filosóficas como

prolegômenos ao estudo da relação sociedade-natureza pelo prisma das idéias das influências ambientais. Tese de Doutorado, USP-DG, São Paulo, 2011.

CASADO, M. J.; PASTOR, M. A.; DOBLAS-REYES, F. J. Links between circulation types and precipitation over Spain. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol.35, pág. 437-447, 2010.

CASWELL; HODGSON. Part of a Letter from Mr. Caswell of Oxford, F. R. S. to the Reverend Mr Flamsteed, M. R. S.S. Giving an Account of a New Baroscope, Invented by Him, and Communicated by Mr Hodgson, F. R. S., *Philosophical Transactions*, Vol. 24 (1704 - 1705).

CAVENDISH, H. An Account of the Meteorological Instruments Used at the Royal Society's House. *Philosophical Transactions*, Vol. 66 (1776).

CASSIDY, David C. Meteorology in Manheim: The Palatine Meteorological Society, 1780-1795. 1985. In: <http://www.dcassidybooks.com/palatine.pdf>

CHALMERS, A. A Fabricação da Ciência. Editora UNESP, São Paulo, 1994.

CHALMERS, A. F. O que é Ciência, afinal?. Editora Brasiliense, São Paulo, 2000.

CHAMBERS, F. The diurnal variations of the wind and barometric pressure at Bombay. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 163. Londres, 1873.

CHAMBERS, G. F. The Story of the Weather, Hodder and Stoughton Publishers, Londres, 1897.

CHANGNON, S. A. Applied Climatology. In: *Encyclopedia of World Climatology*, Springer, pág. 54-57, 2005.

CHASE, P. E. An experiment in weather forecast. *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 22, No. 118, pág. 207-210, 1885.

CHASE, P. E. American weather notes. *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 12, No. 86, p. 40, 1871.

CHESNEAUX, J. Devemos fazer tábula rasa do passado?. Editora Ática, São Paulo, 1995.

CHRISTENSEN JR., W. I.; BRYSON, R. A. An investigation of the potential of component analysis for weather classification. *Monthly Weather Review*, vol. 94, No. 12, pág. 697-709, 1966.

CHRISTIE, J. R. On the use of the barometric thermometer for the determination of relative heights. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 136. Londres, 1846.

CLARIDGE, J. The Shepherd of Banbury's Rules to judge the changes of the weather. Impresso por Thomas Hurst, Edward Chance & Co., Londres, 1827.

CLARK, E. T. Objectivity in the Classification of North American Weather Types, Naval Postgraduate School, Estados Unidos, 1959.

COCHEO, C.; CAMUFFO, D. Corrections of systematic errors and data homogenization in the daily temperature Padova series (1725-1998). *Climatic Change*, vol. 53, pp. 77-100, 2002.

COMPAGNUCCI, R.H., ARANEO, D., CANZIANI, P.O. Principal Sequence Patterns Analysis: A New Approach to Classifying the Evolution of Atmospheric Systems. *International Journal of Climatology*, vol.21, 2001.

CONIERS, J. A description of Mr. John Coniers, Apothecary and Citizen, his Hygroscope, in two several contrivances: together with some observations made thereon. *Philosophical Transactions*, Vol. 11, pp. 715-721, 1676.

CONWAY, D.; JONES, P.D. The use of weather types and air flow indices for GCM downscaling. *Journal of Hidrology*, vol. 212-213, pág. 348-361, 1998.

COURT, A. Climatology: Complex, Dynamic, and Synoptic. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 47, pág. 125-136, 1957.

CRESSMAN, G. An operational objective analysis system. *Monthly Weather Review*, vol. 87, No. 10, pág. 367-374, 1959.

CROCKER, Mr. An Account of a Meteor Seen in the Air in the Day-Time, on Dec. 8. 1733. Philosophical Transactions, Vol. 41 (1739 - 1741).

CROCKER, A. M.; GODSON, W. L.; PENNER, C. M. Frontal contour charts. Journal of Meteorology, vol. 4, pág. 95-99, 1947.

CUNHA, A. G. Dicionário Etimológico Nova Fronteira da Língua Portuguesa. Segunda edição, Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1987.

CUNNINGHAM, J. Some Observations of the Mercury's Altitude, with the Changes of the Weather at Emuy in China. Lat. 24 degrees 20'. No. Philosophical Transactions, Vol. 21 (1699).

CUNNINGHAM, J. Part of a Letter from Mr James Cuningham to the Publisher, from the Cape of Good Hope, Ap. 6. 1700. Giving An account of His Observations on the Thermometer and Magnetick Needle in His Voyage Thither. Philosophical Transactions, Vol. 22 (1700 - 1701).

CUNNINGHAM, J. Part of a Letter from Mr James Cuningham to the Publisher, from the Cape of Good Hope, Ap. 6. 1700. Giving An account of His Observations on the Thermometer and Magnetick Needle in His Voyage Thither, Philosophical Transactions, Vol. 22 (1700 - 1701).

CUNNINGHAM, J. A Register of the Winds and Weather, with the Observations of the Mercurial Barometer at Chusan, an Island in 30 degrees. 25'. N. Latitude upon the Coast of China. By Mr James Cuningham. F. R. S., Philosophical Transactions, Vol. 24 (1704 - 1705).

CUNNINGHAM, J. Observations of the Weather, Made in a Voyage to China. Ann. Dom. 1700. Philosophical Transactions, Vol. 24 (1704 - 1705).

CYRILLUS, N. An Account of an Extraordinary Eruption of Mount Vesuvius in the Month of March, in the Year 1730, Extracted from the Meteorological Diary of That Year at Naples. Philosophical Transactions, Vol. 37 (1731 - 1732).

DAHECH, S.; BELTRANDO, G. Weather types according to the wind direction in Sfax (Middle East of Tunisia), pág. 89-98. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings

from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

DAIPHA, P. Visual perception at work: Lessons from the world of meteorology. Poetics, Elsevier, pág. 1-15, 2010.

DALMEDICO, A. D. History and Epistemology of Models: Meteorology (1946-1963) as a Case Study. Archive for History of Exact Sciences, vol. 55, No. 5, pág. 395-422, 2001.

DALTON, J. On the constitution of the Atmosphere. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 116. Londres, 1826.

DALTON, J. Sequel to an essay on the constitution of the Atmosphere. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 127. Londres, 1837.

DAVEAU, Suzanne. Os tipos de tempo em Coimbra (Dez. 1663 – Set. 1665), nas cartas do Padre Antonio Vieira. Revista Finisterra, Universidade de Lisboa, Lisboa, XXXII, 64, 1997, PP. 109-115.

DAVIS, W. M. The Principles of Geographical Description. Annals of the Association of American Geographers, Vol. V, pág. 61-105, 1915.

DAVIES, T.D., DORLING, S.R., PIERCE, C.E., BARTHELMIE, R.J., FARMER, G. The Meteorological Control on the Anthropogenic Ion Content of Precipitation at three sites in the UK: the utility of LambWeather Types. International Journal of Climatology, vol. 11, 1991.

DAVY, J. Observations on the temperature of the Ocean and Atmosphere, and on the Density of Sea-Water during a Voyage to Ceylon. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 107. Londres, 1817.

DAVY, J. On the temperature of man. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 135. Londres, 1845.

DAVY, J. On the temperature of man within the Tropics. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 140. Londres, 1850.

DE CHIARA, G.; CRISCI, A.; VACCARI, F. P.; MARACCHI, G. Weather type and wave height distribution changes in Tyrrhenian and Adriatic basins, pág. 109-117. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

DEGAETANO, A.T., Delineation of Mesoscale Climate Zones in the Northeastern United States Using a Novel Approach to Cluster Analysis. *Journal of Climate*, vol. 9, 1995.

DEMIDOFF, M.; GEORGE, H. An Extract from the Thermometrical Observations Made by Mons. Demidoff at Solikamsky on the Borders of Siberia, Latit. 59, in the Year 1751, by a Thermometer Adapted to Mons. DeL'Isle's Scale, Which, in This Extract, are Reduced Likewise to Those of Fahrenheit and Mons.Reaumur. *Philosophical Transactions*, Vol. 48 (1753 - 1754).

DERHAM, W. A Letter of Mr. W. Derham, Rector of Upminster, Dated Jan. 13. 1697 to Dr. Sloane, about a Contrivance to Measure the Height of the Mercury in the Barometer, by a Circle on One of Weather Plates, with a register of the Weather, etc. for the Year 1697. *Philosophical Transactions*, Vol. 20 (1698).

DERHAM, W. Part of a Letter of Mr. William Derham, Rector of Upminster, Dated Dec. 6. 1697. Giving an Account of Some Experiments about the Height of the Mercury in the Barometer, at Top and Bottom of the Monument: and about Portable Barometers. *Philosophical Transactions*, Vol. 20 (1698).

DERHAM, W. Part of Letter from Mr. William Derham, to Dr. Sloane; Accompanying his Observations of the Height of the Mercury in the Barometer, Rains, Winds, etc. for the Year 1698. *Philosophical Transactions*, Vol. 21 (1699)

DERHAM, W. A Letter for the Reverend Mr William Derham, F. R. S. Containing His Observations concerning the Late Storm, *Philosophical Transactions*, Vol. 24 (1704 - 1705).

DERHAM, W.; TOWNELEY, R. Prospect of the Weather, Winds, and Height of the Mercury in the Barometer, on the FirstDay of the Month; And of the Whole Rain in Every Month the Year 1703, and the Beginningof 1704. Observed at Towneley in

Lancashire, by Ri. Towneley, Esq; And at Upminster in Effex. By the Revere Mr W. Derham, F. R. S., Philosophical Transactions, Vol. 24 (1704 - 1705).

DERHAM, W. Tabula Exhibens Coelitempestates, & Mutationes, ter Unoquoque Die: Item Plagam Ventorum, & Nubium; Altitudinem Mercurii in Barometro, & Spirituum in Thermometro; & Denique Pluviae Quantitatem, Quae Quibusdam Diebus, & Unoquoque Mense, per Infundibulum 12 Pollices Latum, apud Upminster in Comitatu Essexiae Decidebat Anno 1705. Per W. Derham Rectorem Upminsterensem, & S. R. S.; Philosophical Transactions, Vol. 25 (1706 - 1707).

DERHAM, W. The History of the Great Frost in the Last Winter 1703 and 1708/9. Philosophical Transactions, Vol. 26 (1708 - 1709).

DERHAM, W.; SCHEUCHZER, J. J.; TILLI, M. A. Tables of the Barometrical Altitudes at Zurich in Switzerland in the Year 1708. Observed by Dr. Joh. Ja. Scheuchzer, F. R. S. and at Upminster in England, Observed at the Same Time by Mr. W. Derham, F. R. S. as Also the Rain at Pisa in Italy in 1707. and 1708. Observed There by Dr. Michael Angelo Tilli, F. R. S. and at Zurich in 1708. And at Upminster in All That Time: With Remarks on the Same Tables, as Also on the Winds. Philosophical Transactions, Vol. 26 (1708 - 1709).

DERHAM, W.; LA HIRE, D. An Account of the Rain which Fell Every Year at Upminster in Essex, the Last Eighteen Years, with Remarks upon That of the Year 1714. By W. Derham, F. R. S. Also a Comparison of What Has Been Observed of That Kind at Paris. Philosophical Transactions, Vol. 29 (1714 - 1716).

DERHAM, W. An Abstract of the Meteorological Diaries Communicated to the Royal Society, with Remarks upon Them by W. Derham. Philosophical Transactions, Vol. 37 (1731 - 1732).

DERHAM, W. An Abstract of the Meteorological Diaries, Communicated to the Royal Society, with Re-Marks upon Them, by W. Derham, D. D. Canon of Windsor, Part II. Philosophical Transactions, Vol. 38 (1733 - 1734).

DERHAM, W. An Abstract of the Meteorological Diaries, Communicated to the Royal Society, with Re-Marks upon Them, by W. Derham, D. D. Canon of Windsor, Part III. Philosophical Transactions, Vol. 38 (1733 - 1734).

DERHAM, W. An Abstract of the Meteorological Diaries, Communicated to the Royal Society, with Re-Marks upon Them, by W. Derham, D. D. Canon of Windsor, Part IV. Philosophical Transactions, Vol. 38 (1733 - 1734).

DERHAM, W. An Abstract of the Meteorological Diaries, Communicated to the Royal Society, with Re-Marks upon Them, by W. Derham, D. D. Canon of Windsor, Part V. Philosophical Transactions, Vol. 38 (1733 - 1734).

DESAGULIERS, J. T. An Attempt to Account for the Rising and Falling of the Water of Some Ponds Near the Sea, or Ebbing and Flowing Rivers; Where the Water is Lowest in the Pond, at the Time of High Water in the Sea or River; And the Water is Highest in the Pond, at the Time of Low Water in the Sea or River. As Also for the Increasing or Decreasing of the Water of Such Pools and Brooks as are Highest in the Dry Seasons. Philosophical Transactions, Vol. 33 (1724 - 1725).

DESAGULIERS, J. T. An Attempt to Solve the Phaenomenon of the Rise of Vapours, Formation of Clouds and Descent of Rain. Philosophical Transactions, Vol. 36 (1729 - 1730).

DOBSON, Dr.; FOTHERGILL, J. Observations on the Annual Evaporation at Liverpool in Lancashire; And on Evaporation Considered as a Test of the Moisture or Dryness of the Atmosphere. Philosophical Transactions, Vol. 67 (1777).

DOMINGO, F. R.; GARCIA-CODRON, J. C.; CARRACEDO, V.; DIEGO, C. Circulation patterns, wildfire risk and wildfire occurrence at continental Spain. Physical and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 553-560, 2010.

DONNELLY, E. C. Human Comfort as a basis for classifying weather. Monthly Weather Review, Outubro, pág. 425-426, 1925.

DOVE, H. W. The Law of Storms: considered in connection with the ordinary movements of the atmosphere. Segunda edição, impresso por Longman & Green & Roberts, Londres, 1862.

DUBROVSKY, M.; METELKA, L.; SEMERADOVA, D.; TRNKA, M.; HALASOVA, O.; RUZICKA, M.; NEMESOVA, I.; KLIEGROVA, S.; ZALUD, Z. The CalIM&Ro Project, pág.99-108. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting

of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

DUTRA, L. H. de A. Introdução à Teoria da Ciência. Livro, 3ª Ed., Editora UFSC, Florianópolis, 2009, 219 p.

DYMOND, J.; WALES, W. Observations on the State of the Air, Winds, Weather, &c. Made at Prince of Wales's Fort, on the North-West Coast of Hudson's Bay, in the Years 1768 and 1769. Philosophical Transactions, Vol. 60 (1770).

ELLIOT, C. M. On the lunar atmospheric tide at Singapore. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 142. Londres, 1852.

ELY, D. F. Teoria e Método da Climatologia Geográfica Brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas. Tese de Doutorado, UNESP - Presidente Prudente, 2006.

EMERSON, Dr. On lunar influence upont the conditions of wet or dry weather. Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 12, No. 86, pág. 17-18, 1871.

ESTELA, L. B. L. Biometeorological classification of daily weather types for the humid tropics. International Journal of Biometeorology, vol. 42, pág. 77-83, 1998.

FAHRENHEIT, D. G. Barometri Novi Descriptio. Philosophical Transactions, Vol. 33 (1724 - 1725).

FANNY, D. Bergen; NEWELL, W. W. Weather-Lore, The Journal of American Folklore, Vo. 2, Nº 6, 1889, pp. 203-208.

FARADAY, M. On the existence of a limit to vaporization. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 116. Londres, 1826.

FARR, W. Observations on the Barometer and Thermometer, and Account of the Whole Rain in Every Month of the Year 1767, Taken at the Royal Hospital Near Plymouth. Philosophical Transactions, Vol. 58 (1768).

FARR, W. Extract of a Meteorological Journal for the Year 1774, Kept at Bristol. Philosophical Transactions, Vol. 65 (1775).

FARR, W. Extract of a Meteorological Journal for the Year 1775, Kept at Bristol. Philosophical Transactions, Vol. 66 (1776).

FARR, W. Extract of a Meteorological Journal for the Year 1776, Kept at Bristol. Philosophical Transactions, Vol. 67 (1777).

FARR, W. Extract of a Meteorological Journal for the Year 1777, Kept at Bristol. Philosophical Transactions, Vol. 68 (1778).

FARR, W. Extract of a Meteorological Journal for the Year 1778, Kept at Bristol. Philosophical Transactions, Vol. 69 (1779).

FRANKLIN, B. Physical and Meteorological Observations, Conjectures, and Suppositions. Philosophical Transactions, Vol. 55 (1765).

FERRATER MORA, J. Dicionario de Filosofia, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1951.

FERRAZ, J. S. Meteorologia Brasileira: Esboço elementar de seus principais problemas. Companhia Editora Nacional, 1945.

FERREL, W. An essay on the winds and the currents of the ocean. Nashville Journal of Medicine and Surgery, vol. XI, n.4, Nashville, 1856.

FEYERABEND, P. Contra o Método. Livraria Francisco Alves Editora S.A., Rio de Janeiro, 1977, 488 p.

FIORIN, J. L. Linguagem e Interdisciplinaridade, Revista Alea, Vol. 10 , nº 1, pág. 29-53, 2008.

FISHMAN, J.; KALISH, R. The Weather Revolution: innovations and imminent breakthroughs in accurate forecasting. Plenum Press, EUA, 1994.

FITZROY, R. The Weather Book: a manual of practical meteorology. Impresso por Longman, Green & Roberts, Londres, 1863.

FLEIG, A. K.; TALLAKSEN, L. M.; HISDAL, H.; STAHL, K.; HANNAH, D. M. Inter-comparison of weather and circulation type classifications for hydrological drought development. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 507-515, 2010.

FLEMING, J. R.; JANKÓVIC, V.; COEN, D. R. *Intimate Universality: Local and Global Themes in the History of Weather and Climate*. Science History Publication, EUA, 2006.

FLINDERS, M. Observations upon the marine barometer, made during the examination of the coasts of New Holland and New South Wales, in the years 1801, 1802 and 1803. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 96. Londres, 1806.

FOUCAULT, M. *A Arqueologia do Saber*, Editora Vozes Ltda., Rio de Janeiro, 1972.

FRANÇA, A. Estudo sobre o Clima da Bacia de São Paulo. Tese de Doutorado, USP-DG, 1946.

FRIEDMAN, R. M. Constituting the Polar Front, 1919-1920. *Isis*, vol. 73, No. 3, pág. 343-362, 1982.

FRISINGER, Howard. H. *The History of Meteorology to 1800*. Colorado State University, Science History Publications, Nova York, 1977.

FRITZ, S.; WEXLER, H. Cloud pictures from satellite Tiros I. *Monthly Weather Review*, vol. 88, No. 3, pág. 79-87, 1960.

FUNARI, F. L. O índice de sensação térmica humana em função dos tipos de tempo na Região Metropolitana de São Paulo. Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, Tese de Doutorado, 2006.

FULLER, J. Part of a Letter from John Fuller of Sussex, Esq, concerning a Strange Effect of the Late Great Storm in That County, *Philosophical Transactions*, Vol. 24 (1704 - 1705).

GALTON, F. *Meteorographica: methods of mapping the weather*, MacMillan and Co., Londres, 1863.

GARDEN, G. Extracts of Two Letters, Written by Dr. Garden of Aberdeen; One concerning the Causes of Several Winds, etc. to Dr. Plot: the other concerning the Proboscis of Bees; etc. to Dr. Middleton. Philosophical Transactions, Vol. 15 (1685).

GARDEN, Dr.; MIDDLETON, Dr. A Discourse concerning Weather, etc. By the Learned Dr. Garden of Aberdene. Written by Way of Letter, to Mr. Henry Scougall, Professor of Theology in that University. Philosophical Transactions, Vol. 15 (1685).

GARRIOTT, E. B. Classified Weather Types. Monthly Weather Review, Dezembro, pág. 548-551, 1901.

GERLACH, A. C. Distribution of Air-Mass types and frequency of change in the Western United States during 1937-38. Monthly Weather Review, Novembro, pág. 376-377, 1938.

GERSTENGARBE, F.W., WERNER, P.C. A Method to Estimate the Statistical Confidence of Cluster Separation. Theoretical and Applied Climatology, vol.57, 1997.

GLAISHER, J. On the corrections to be applied to the Monthly Means of Meteorological Observations taken at any hour, to convert them into Mean Monthly Values. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 138. Londres, 1848.

GOLLEDGE, R.; AMEDEO, D. On Laws in Geography. Annals of the Association of American Geographers, pág. 768-774, 1968.

GRAHAM, G. Observation of an Extraordinary Height of the Barometer, December 21. 1721. Philosophical Transactions, Vol. 31 (1720 - 1721).

GRAHAM,T. On the motion of Gases. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 136. Londres, 1846.

GRAMELSBERGER, G. Conceiving Meteorology as the exact science of the atmosphere: Vilhelm Bjerknes's paper of 1904 as a milestone. Meteorologische Zeitschrift, vol. 18, No. 6, pág. 669-673, 2009.

GREGORY, R. Weather recurrences and weather cycles. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 56, nº 234, pág. 103-120, 1930.

GREGG, W. R. Progress in International Meteorology. Monthly Weather Review, vol. 63, No. 12, pág. 339-342, 1935.

GREGG, W. R.; TANNEHILL, I. R. International standard projections for meteorological charts. Monthly Weather Review, vol. 65, No. 12, 1937.

GROVE, W. R. Supplementary paper on certain phenomena of voltaic ignition, and the decomposition of water into its constituent gases by heat. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 137. Londres, 1847.

GROVE, W. R. The Bakerian Lecture: paper on certain phenomena of voltaic ignition, and the decomposition of water into its constituent gases by heat. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 137. Londres, 1847.

GUENTCHEV, G. S.; WINKLER, J. A. A two-tier atmospheric circulation classification scheme for the European-North Atlantic region. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 341-351, 2010.

GUIJARRO, Victor. El Barómetro y los Proyectos Meteorológicos de la Ilustración: El Caso Español. Universidad Rey Juan Carlos, ÉNDOXA, Séries Filosóficas, nº 19, 2005, pp. 159-190, UNED, Madrid.

HADLEY, G. Concerning the Cause of the General Trade-Winds. Philosophical Transactions, Vol. 39 (1735 - 1736).

HADLEY, G. An Account and Abstract of the Meteorological Diaries Communicated to the Royal Society, for the Years 1729 and 1730. Philosophical Transactions, Vol. 40 (1737 - 1738).

HADLEY, G. An Account and Abstract of the Meteorological Observations Communicated to the Royal Society, for the Years 1731, 1732, 1733, 1734 and 1735. Philosophical Transactions, Vol. 42 (1742 - 1743).

HALLEY, Edmond. A Discourse of the rule of the Decrease of the Height of the Mercury in the Barometer, according as Places are elevated above the Surface of the Earth; with an Attempt to discover the true Reason of the Rising and Falling of the Mercury, upon Change of Weather. Philosophical Transactions, Vol. 16, (1686-1692).

HALLEY, Edmond. An Estimate of the Quantity of Vapours raised out of the Sea, derived from Experiment: Together with an account of the Circulation of the watry Vapours of the Sea, and of the Cause of Springs, presented to the Royal Society. In: Philosophical Transactions, Vol. 16, (1686-1692).

HALLEY, Edmond. An Historical Account of the Trade Winds, and Monsoons, Observable in the Seas between and Near the Tropicks, with an Attempt to Assign the Physical Cause of the Said Winds. Philosophical Transactions, Vol. 16 (1686-1692).

HALLEY, Edmond. A Discourse concerning the Proportional Heat of the Sun in all Latitudes, with the Method of collecting the same, as it was read before the Royal Society in one of their late Meetings. Philosophical Transactions, Vol. 17, (1693).

HALLEY, Edmond. An Account of Several Experiments Made to Examine the Nature of the Expansion and Contraction of Fluids by Heat and Cold, in Order to Ascertain the Divisions of the Thermometer, and to Make That Instrument, in All Places, without Adjusting by a Standard. By Mr. Edm. Halley, S. R. S. Philosophical Transactions, Vol. 17 (1693).

HALLEY, Edmond. An Account of the Evaporation of Water, as It Was Experimented in Gresham Colledge in the Year 1693. With Some Observations Thereon. By Edm. Halley. Philosophical Transactions, Vol. 18 (1694).

HALLEY, Edmond. A Letter from Mr. Halley at Chester, Giving an Account of an Extraordinary Hail in These Parts, on the 29th of April Last. Philosophical Transactions, Vol. 19 (1695 - 1697).

HALLEY, Edmond. Part of Another Letter, Dated May 1. Giving a Larger Account of the Same Hail-Storm. Philosophical Transactions, Vol. 19 (1695 - 1697).

HALLEY, Edmond. A Discourse Concerning a Method of Discovering the True Moment of the Sun's Ingress into the Tropical Signs. By E. Halley. Philosophical Transactions, Vol. 19 (1695 - 1697).

HALLEY, Edmond; NEWTON, Isaac. The True Theory of the Tides, Extracted from That Admired Treatise of Mr. Isaac Newton, Intituled, Philosophiae Naturalis Principia

Mathematica; being a Discourse Presented with That Book to the Late King James, by Mr. Edmund Halley. Philosophical Transactions, Vol. 19 (1695 - 1697).

HALLEY, Edmond. A Letter from Mr. Halley of June the 7th. 97. Concerning the Torricellian Experiment Tryed on the Top of Snowdon-Hill and the Success of It. Philosophical Transactions, Vol. 19 (1695 - 1697).

HALLEY, E. An Account of the Late Surprising Appearance of the Lights Seen in the Air, on the Sixth of March Last; With an Attempt to Explain the Principal Phaenomena thereof; As It Was Laid before the Royal Society by Edmund Halley, J. V. D. Savilian Professor of Geom. Oxon, and Reg. Soc. Secr. Philosophical Transactions, Vol. 29 (1714 - 1716).

HALLEY, E. A Proposal for Measuring the Height of Places, by Help of the Barometer of Mr. Patrick, in Which the Scale is Greatly Enlarged. Philosophical Transactions, Vol. 31 (1720 - 1721).

HALLEY, E. Some Considerations about the Cause of the Universal Deluge, Laid before the Royal Society, on the 12th of December 1694. Philosophical Transactions, Vol. 33 (1724 - 1725).

HANN, J. Handbook of Climatology, Part I. General Climatology. The MacMillan Company, Londres, 1903.

HAMILTON, H. A Dissertation on the Nature of Evaporation and Several Phaenomena of Air, Water, and Boiling Liquors. Philosophical Transactions, Vol. 55 (1765).

HARTLIB, S. Irelands Natural History. Impresso por John Wright, Londres, 1652.

HARVEY, G. Of the effects of density of air on the rates of chronometers. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 114. Londres, 1824.

HAUKSBEE, F. Experiments on the Resilition of Bodies in Common Air, in Vacuo and in Air Condens'd, Made at a Meeting of the Royal Society at Gresham College. Philosophical Transactions, Vol. 24 (1704 - 1705).

HAUKSBEE, F. An Experiment Shewing, That the Springs or Constituent Parts of Air are Capable to Suffer Such Disorder, by a Violent Impulse, as to Require Time to Recover Their Natural State; By Mr. Fr. Hauksbee, F. R. S.; Philosophical Transactions, Vol. 25 (1706 - 1707).

HAUKSBEE, F. An Account of the Success of an Attempt to Continue Several Atmospheres of Air Condensed in the Space of One, for a Considerable Time. Philosophical Transactions, Vol. 26 (1708 - 1709).

HAUKSBEE, F. An Account of an Experiment Touching the Different Densities of the Air, from the Greatest Natural Heat, to the Greatest Natural Cold in This Climate. Philosophical Transactions, Vol. 26 (1708 - 1709).

HAUKSBEE, F. An Account of an Experiment Touching the Different Densities of Common Water, from the Greatest Degree of Heat in our Climate, to the Freezing Point, Observ'd by a Thermometer. Philosophical Transactions, Vol. 26 (1708 - 1709).

HAUKSBEE, F. An Experiment Touching the Freezing of Common Water, and Water Purg'd of Air. Philosophical Transactions, Vol. 26 (1708 - 1709).

HAUKSBEE, F. Experiments concerning the Time Required in the Descent of Different Bodies, of Different Magnitudes and Weights, in Common Air, from a Certain Height. Philosophical Transactions, Vol. 27 (1710 - 1712).

HAUKSBEE, F. Experiments concerning the Effects of Air Pass'd through Red Hot Mettals, &c. Philosophical Transactions, Vol. 27 (1710 - 1712).

HAWTHORNE, R. Exploratory Flights of Admiral Byrd (1940). Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 89, No. 1, Reports on Scientific Results of the United States Antarctic Service Expedition, 1939-1941, pág. 398a-398e, 1945.

HAZEN, H. A. The Origin and Value of Weather Lore. The Journal of American Folklore, Vol. 13, Nº 50, 1900, pp. 191-198.

HEBERDEN, T.; HEBERDEN, W. A Continuation of the Account of the Weather in Madeira. Philosophical Transactions, Vol. 48 (1753 - 1754).

HEBERDEN, W. Of the Influence of Cold upon the Health of the Inhabitants of London. Philosophical Transactions, Vol. 86 (1796).

HEBERDEN, W. An account of the heat of July, 1825. Together with some remarks upon sensible cold. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 116. Londres, 1826.

HERSCHEL, W. Observations and remarks on the figure, the climate, and the atmosphere of Saturn, and Its Ring. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 96. Londres, 1806.

HILL, M. J. M. On the motion of fluid, part of which is moving rotationally and part irrotationally. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 175. Londres, 1884.

HILLIER, J. Part of two letters from Mr. J. Hillier, dated Cape Corse, Jan. 3. 1688. And Apr. 25. 1688. Wrote to the Reverend Dr. Bathurst, President of Trinity College, Oxon; giving an account of the customs of the inhabitants, the air, etc. of that place, together with an account of the weather there from Nov. 24. 1686. To the same day 1687. In: Philosophical Transactions, Vol. 19, (1695-1697).

HOLLAND, J. S.; MILLS, L. L. A Hemispheric Study of Weather Types, Naval Postgraduate School, Estados Unidos, 1959.

HOOK, R. A Method for making a History of the Weather, pp. 173-182. In: SPRAT, T. The History of the Royal Society of London, for the improving of Natural Knowledge, Impresso por Samuel Chapman, Londres, 1667.

HOOK, R. A Description of An Invention, Whereby the Divisions of the Barometer May be Enlarged in Any Given Proportions; Produced before the Royall Society By Mr. Robert Hook R. S. Soc. and Profess. Geom. Philosophical Transactions, Vol. 16 (1686 - 1692).

HOOK, R. An Account of Dr Robert Hook's Invention of the Marine Barometer, with Its Description and Uses, Published by Order of the R. Society, by E. Halley. Philosophical Transactions, Vol. 22 (1700 - 1701).

HORSBURG, J. Abstract of observations on a diurnal variation of the barometer between the Tropics. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 95. Londres, 1805.

HORSLEY, S. An Account of the Depth of Rain Fallen from April 1, 1722, to April 1, 1723. Observed at Widdrington in Northumberland, and Communicated to the Publisher by the Reverend Mr. Horsley. Philosophical Transactions, Vol. 32 (1722 - 1723).

HORSLEY, S. M. DE Luc's Rules, for the Measurement of Heights by the Barometer, Compared with Theory, and Reduced to English Measures of Length, and Adapted to Fahrenheit's Scale of the Thermometer: With Tables and Precepts, for Expediting the Practical Application of Them. By Samuel Horsley. Philosophical Transactions, Vol. 64 (1774).

HORSLEY, S. An Abridged State of the Weather at London in the Year 1774, Collected from the Meteorological Journal of the Royal Society. Philosophical Transactions, Vol. 65 (1775).

HORSLEY, S. An Abridged State of the Weather at London for One Year, Commencing with the Month of March 1775, Collected from the Meteorological Journal of the Royal Society. Philosophical Transactions, Vol. 66 (1776).

HOWARD, L. Essay on the modifications of clouds, John Churchill & Sons, Londres, 1803.

HOWARD, L. The Climate of London, deduced from meteorological observations, made in the metropolis, and at various places around it. Impresso por Harvey and Darton, Londres, 1833.

HOWARD, L. Seven Lectures on Meteorology. Segunda edição, Impresso por Harvey and Darton, Londres, 1843.

HOWARD, L. On the barometrical variations as affected by the moon's declination. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 136. Londres, 1846.

HUDSON, J. Hourly observations on the barometers with experimental investigations into the Phenomena of Its Periodical Oscillation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 122. Londres, 1832.

HUGENS, M. An Account of the Observation, Made by the Philosophical Academy at Paris, May 12 1667 about 9. of the Clock in the Morning, of an Halo or Circle about the Sun; together with a Discourse of M Hugens de Zulechem, Concerning the Cause of these Meteors, as Also That of Parelia's or Mock Sums. Englished Out of French by the Publisher, to Whom It Was Sent but Lately from the Worthy Author of the Said. Philosophical Transactions, Vol. 5 (1670).

HUGENS, M. An Extract of a Letter of M. Hugens to the Author of the Journal des Savans of July 25. 1672. Attempting to Render the Cause of that Odd Phaenomenon of the Quicksilvers Remaining Suspended Far Above the Usual Height in the Torricellian Experiments. Philosophical Transactions, Vol. 7, 1672.

HUNTER, J.; CAVENDISH, H. Some Observations on the Heat of Wells and Springs in the Island of Jamaica, and on the Temperature of the Earth below the Surface in Different Climates. Philosophical Transactions, Vol. 78 (1788).

HUTH, R. An Intercomparison of Computer-Assisted Circulation Classification Methods. International Journal of Climatology, vol. 16, 1996.

HUTH, R.; USTRNUL, Z.; DITTMAN, E.; BISSOLLI, P.; PASQUI, M.; JAMES, P. Inventory of Circulation Methods and Their Applications in Europe within the COST 733 Action, pág. 9-16. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

HUTH, R., NEMESOVA, I., KILMPEROVA, N. Weather categorization based on the average linkage clustering technique: An application to European midlatitudes. Institute for Atmospheric Physics, Czech Acad. Sci., Prague, Czech Republic. International Journal of Climatology, vol. 13, 2006.

HUTH, R. Synoptic-climatological applicability of circulation classifications from the COST733 collection: first results. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 388-394, 2010.

INWARDS, R. Weather-lore, Ellio Stock, Londres, 1898.

INWOOD, M. Coleção Mestres do Pensar: Heidegger. Edições Loyola, 174 páginas, 2004.

JACOBET, J. Classifications in climate research. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 411-421, 2010.

JACOBS, W. J. Synoptic Climatology. American Meteorological Society Bulletin, vol. 27, pág. 306-311, 1946.

JANKÓVIC, Vladimir. Reading the Skies: A Cultural History of English Weather, 1650-1820. The University of Chicago Press, Chicago and London, 2000.

JAPIASSÚ, H. F. O Mito da Neutralidade Científica. Editora Imago, Rio de Janeiro, 1975.

JAPIASSU, H. F. Introdução ao Pensamento Epistemológico. 3ª Edição, Livraria Francisco Alves Editora S.A. Rio de Janeiro, 1979.

JAPIASSU, H. F. Questões Epistemológicas. Imago Editora, Rio de Janeiro, 1981.

JESUS, E. F. R. de. Espaço, Tempo e Escala em Climatologia. Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, USP, Tese de Doutorado, 1995.

JENKS, Stuart. Astrometeorology in the Middle Ages. Isis, Vol. 74, Nº 2, pp. 185-210, 1983.

JOHNSTON, R. J. Choice in classification: subjectivity of objective methods. Annals of the Association of American Geographers, vol. 58, pág. 575-539, 1968.

JOLLIFFE, I. T.; PHILIPP, A. Some recent developments in cluster analysis. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 309-315, 2010.

JONES, T. P. Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania. Franklins Institute, Philadelphia, 1835.

JONES, P.D., HULME, M., BRIFFA, K.R. A Comparison of Lamb Circulation Types with an Objective Classification Scheme. *International Journal of Climatology*, vol. 13, 1993.

JONES, P. D.; OGILVIE, A. E. J.; DAVIES, T. D.; BRIFFA, K. R. *History and Climate: Memories of the Future?*. Plenum Publishers, Nova York, 2001.

JOULE, J. P. On the surface-condensation of steam. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 151. Londres, 1861.

KALKSTEIN, L.S., NICHOLS, M.C., BARTHEL, C.D., GREENE, J.S. A New Spatial Synoptic Classification: Application to Air-Mass Analysis. *International Journal of Climatology*, vol. 16, 1996.

KALKSTEIN, L.S., SHERIDAN, S.C., GRAYBEAL, D.Y. A Determination of Character and Frequency Changes in Air Masses using Spatial Synoptic Classification. *International Journal of Climatology*, vol. 18, 1998.

KASPAR, M.; MULLER, M. Variants of synoptic-scale patterns inducing heavy rains in the Czech Republic. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 477-483, 2010.

KASSOMENOS, P. Synoptic circulation control on wild fire occurrence. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 544-552, 2010.

KIDSON, J.W. Relationship of New Zealand Daily and Monthly Weather Patterns to Synoptic Weather Types. *International Journal of Climatology*, vol. 14, 1994.

KINGTON, J. A. *Daily Weather Mapping from 1781: A Detailed Synoptic Examination of Weather and Climate during the Decade leading up to the French Revolution*. *Climate Change*, Nº 3, University of East Anglia, Norwich, 1980.

KÖPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Economica do Mexico, Buenos Aires, 1948.

KOTARBA, A. Z. Satellite-derived cloud climatology over high elevation areas based on circulation types: A 2007 analysis of the Tatra Mountains. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 462-468, 2010.

KREIENKAMP, F.; ENKE, W.; SPEKAT, A. A simple approach to derive objective circulation pattern Classifications, pág. 61-68. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas, Editora Perspectiva, 9ª edição. São Paulo, 2007, 263 páginas.

KURZ, M. Lectures on Synoptic Meteorology, Finnish Meteorological Institute, 2001.

KUTZBACH, G. The Thermal Theory of Cyclones: A History of Meteorological Thought in the Nineteenth Century. American Meteorological Society, Boston, 255 pág., 1979.

KYSELY, J.; HUTH, R. Relationships between summer air masses and mortality in Seoul: Comparison of weather-type classifications. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 536-543, 2010.

LADD, J. W. A Comparison of Objective and Subjective Means of Weather Typing: an example from West Texas. Journal of Applied Meteorology, vol.19, pág. 691-704, 1980.

LAMB, H. H. Types and spells of weather around the year in the British Isles: Annual trends, seasonal structure of the year, singularities. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 76, pág. 393-429, 1950.

LANGFORD, Captain; BONAVERT, Mr. Captain Langford's Observations of His Own Experience upon Hurricanes, and Their Prognosticks. Communicated by Mr. Bonavert. Philosophical Transactions, Vol. 20 (1698), pp. 407-416.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Metodologia Científica, Editora Atlas, São Paulo, 1983.

LANA, X., FERNANDEZ MILLS, G. Minimum Sample Size for Synoptic Weather Type Classification. Application to Winter Period Data Recorded on the Catalan Coast (North-East Spain). International Journal of Climatology, vol. 14, 1994.

LEIGHLY, J. What happened to physical geography?. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. XLV, nº 4, pág. 309-318, 1955.

LEMPFERT, R. C. *The Weather Science*, T.C. & E.C. Jack Publishers, Londres, 1875.

LESNIOK, M.; MALARZEWSKI, L.; NIEDZWIEDZ, T. Classification of circulation types for Southern Poland with an application to air pollution concentration in Upper Silesia. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 516-522, 2010.

LEUWENHOEK, A. Part of a Letter from Mr Anthony van Leuwenhoek, F. R. S. Giving His Observations on the Late Storm, *Philosophical Transactions*, Vol. 24 (1704 - 1705).

LINACRE, E. Características das várias escalas do clima. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, vol. 5, pág. 11-14, 1981.

LINIGER, M. A.; FREI, C. Weather type classification: Approaches in Switzerland, pág. 55-60. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. *Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications*. Utrecht, Netherlands, 2005.

LING, C. W. Weather types at Havre, Mont. *Monthly Weather Review*, Setembro, 1898.

LINK, P.; POST, P. Spatial and temporal variance of cyclones in the Baltic Sea Region, pág. 69-76. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. *Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications*. Utrecht, Netherlands, 2005.

LITTMAN, T. An empirical classification of weather types in the Mediterranean Basin and their interrelation with rainfall. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 66, 2000.

LISTER, M. A Discourse concerning the Rising and Falling of the Quicksilver in the Barometer; And What May be Gathered from Its Great Rise in Frosty Weather, as to a Healthy or Sickly Season; Presented the Royal Society March 20. 1683. by the

Learned Dr. Martin Lister, Fellow of the R. S. Philosophical Transactions, Vol. 14 (1684).

LISTER, M. An Ingenious Proposal for a New Sort of Maps of Countrys, together with Tables of Sandsand Clays, Such Chiefly as are Found in the North Parts of England, Drawn up about 10 YearsSince, and Delivered to the Royal Society Mar. 12. 1683. by the Learned Martin Lister M. Philosophical Transactions, Vol. 14 (1684).

LIVINGSTON, B. E. Climatic Areas of the United States as Related to Plant Growth. Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 52, No. 209, pág. 257-275, 1913.

LOCKE, J. A Register of the Weather for the Year 1692, Kept at Oates in Essex. Philosophical Transactions, Vol. 24 (1704 - 1705).

LORENZ, E. N. Chaos and the Weather Forecast. Material de palestra, sem data.

LORENZ, E.N. Displacement and intensification associated with variations of local angular momentum. Geophys. Res. Papers, vol. 24, 164-170, 1953.

LORENZ, E. N. A study of the general circulation and a possible theory suggested by it Sci. Proc. Internat. Assoc. Meteor., pág. 603-608, 1954.

LORENZ, E. N. Energetics of atmospheric circulation. International Dictionary of Geophysics, Pergamon Press, 1-9, 1965.

LORENZ, E. N. Atmospheric Predictability. Advances in Numerical Weather Prediction, 1965-1966 Seminar Series, The Travelers Research Center, Inc., pág. 34-39, 1966a.

LORENZ, E. N. The circulation of the atmosphere. Amer. Scientist, vol. 54, pág. 402-420, 1966b.

LORENZ, E. N. Large-Scale Motions of the Atmosphere: Circulation. Advances in Earth Science, MIT Press, pág. 95-109, 1966c.

LORENZ, E. N. The nature and theory of the general circulation of the atmosphere. WMO Bulletin, pág. 74-78, 1967a.

LORENZ, E. N. The nature and theory of the general circulation of the atmosphere. Partes 1-3, World Meteorological Organization, No. 218, TP 115, 161 pág., 1967b.

LORENZ, E. N. The nature of the global circulation of the atmosphere: a present view. The Global Circulation of the Atmosphere, London, Roy. Meteor. Soc., pág. 3-23, 1969a.

LORENZ, E. N. How much better can weather prediction become? Technology Rev., pág. 39-49, 1969b.

LORENZ, E. N. Three approaches to atmospheric predictability. Bull. Amer. Meteor. Soc., vol. 50, pág. 345-351, 1969c.

LORENZ, E. N. Forecast for another century of weather progress. A Century of Weather Progress, American Meteorology Society, pág. 18-24, 1970a.

LORENZ, E. N. Climatic change as a mathematical problem. J. Appl. Meteor., vol. 9, 325-329, 1970b.

LORENZ, E. N. Progress report on atmospheric predictability. Não publicado, 1970. Disponível em: http://eaps4.mit.edu/research/Lorenz/Progress_Report_on_Atmospheric_Predictability_1970.pdf

LORENZ, E. N. "Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas?" AAAS Section on Environmental Sciences, New Approaches to Global Weather: GARP. 1972a.

LORENZ, E. N. Limits of Meteorological Predictability. Apresentação para American Meteorological Society, 1972b.

LORENZ, E. N. Climatic predictability. GARP Publications Series, pág. 132-136, 1975.

LORENZ, E. N. Nondeterministic Theories of Climatic Change. Quaternary Research, vol. 6, pág. 495-506, 1976.

LORENZ, E. N. Dynamical and Empirical Methods of Weather Forecasting. Massachusetts Institute of Technology, 1979a.

LORENZ, E. N. Forced and Free Variations of Weather and Climate. Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 36, No. 8, 1367-1376, 1979b.

LORENZ, E. N. Some Aspects of Atmospheric Predictability. Seminário do European Centre for Medium Range Weather Forecasts, pág. 1-20, 1982.

LORENZ, E. N. A History of Prevailing Ideas about the General Circulation of the Atmosphere. American Meteorological Society, vol. 64, No. 7, pág. 730-734, 1983.

LORENZ, E. N. Estimates of atmospheric predictability at medium range. Predictability of Fluid Motions (G. Holloway and B. West, eds.), American Institute of Physics, 133-139, 1984a.

LORENZ, E. N. Irregularity: a fundamental property of the atmosphere Crafoord Prize Lecture, presented at the Royal Swedish Academy of Sciences, Tellus, vol. 36A, pág. 98-110, 1984b.

LORENZ, E. N. The index cycle is alive and well.; In: Namias Symposium, Roads, J. O., Ed. California Univ., Scripps Institution of Oceanography, pág. 188-196. 1986

LORENZ, E. N. Deterministic and Stochastic aspects of atmospheric dynamics. Irreversible Phenomena and Dynamical Systems Analysis in Geosciences. D. Reidel Publishing Co., 159-179, 1987.

LORENZ, E. N. Can chaos and intransitivity lead to interannual variability? Tellus, vol. 42A, 378-389, 1990.

LORENZ, E. N. The general circulation of the atmosphere: an evolving problem. Tellus, vol. 43AB, pág. 8-15, 1991a.

LORENZ, E. N. A Scientist by Choice. Kyoto Award Lecture, 1991b.

LORENZ, E. N. Chaos, spontaneous climatic variations and detection of the greenhouse effect Greenhouse-Gas-Induced Climatic Change: A Critical Appraisal of

Simulations and Observations, M. E. Schlesinger, Ed. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, Netherlands, 445-453, 1991c.

LORENZ, E. N. Climate is what you expect. Apresentação do Colóquio NCAR, Applications of statistics to modeling the Earth's climate system, 1994.

LORENZ, E. N. The evolution of dynamic meteorology. Historical essays on meteorology 1919-1995, J. R. Fleming, Ed., Amer. Meteor. Soc., 3—19, 1996a.

LORENZ, E. N. The Bulletin Interviews: Professor Edward N. Lorenz. WMO Bulletin, vo. 45, No. 2, 1996b.

LORENZ, E. N. Reflections on the conception, birth, and childhood of numerical weather prediction. Ann. Rev. Earth Planetary Sci., vol. 34, pág. 37-45, 2006a.

LORENZ, E. N. Predictability – a problem partly solved. Predictability of Weather and Climate, Ed. Tim Palmer and Renate Hagedorn. Publicado por Cambridge University Press, 2006b.

LOWTHORP, A. An Experiment of the Refraction of the Air Made at the Command of the Royal Society, Mar. 28. 1699 By J. Lowthorp. Philosophical Transactions, Vol. 21 (1699).

LUBBOCK, J. W. On the meteorological observations made at the apartment of the Royal Society during the years 1827, 1828, and 1829. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 121. Londres, 1831.

LUC, J. A. de. A Second Paper on Hygrometry. Philosophical Transactions, Vol. 81 (1791).

LUCIO, P. S.; CONDE, F. C.; RAMOS, A. M. Stochastic contrasts for Rainfall Variability over Continental Portugal. Persistent Oscillation Weather Patterns, pág. 77-88. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

LUND, I. A. Map-Pattern Classification by Statistical Methods. Journal of Applied Meteorology, vol. 2, pág. 56-64, 1963.

LUPIKASZA, E. Relationships between occurrence of high precipitation and atmospheric circulation in Poland using different classifications of circulation types. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 448-455, 2010.

LYKOUDIS, S. P.; KOSTONPOLOU, E.; ARGIRIOU, A. A.; Stable isotopic signature of precipitation under various synoptic classifications. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 530-535, 2010.

LYNDOLPH, P. E. Fedorov's complex method in climatology. *Association of the American Geographers Annals*, vol. 49, pág. 120-144, 1959.

LYNN, G. A Letter from George Lynn, Esq; To Ja. Jurin, M. D. F. R. S. Containing Some Remarks on the Weather, and Accompanying Three Synoptical Tables of Meteorological Observations for 14 Years, viz. from 1726 to 1739. Both Inclusive. *Philosophical Transactions*, Vol. 41 (1739 - 1741).

MACHADO, J. P. *Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa*. Segunda edição, Editorial Confluência e Livros Horizonte, 1952.

MACHADO, A. J. Distribuição especial do fluxo radiativo em ondas longas na Região Metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado, USP-DG, São Paulo, 2009.

MAHERAS, P. Weather-type classification by factor analysis in the Thessaloniki area. Institute of Meteorology and Climatology, University of Thessaloniki, Greece. *International Journal of Climatology*, vol. 4, 1984.

MAHERAS, P., PATRIKAS, I., KARACOSTAS, Th., ANAGNOSTOPOULOU, Chr. Automatic Classification of Circulation Types in Greece: methodology, description, frequency, variability and trend analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 67, 2000.

MASS, C. F. Synoptic Frontal Analysis: Time for a Reassessment?, *Bulletin American Meteorological Society*, vol. 72, nº 3, pág. 358-363, 1991.

MASON, Otis T. The Natural History of Folk-Lore, *The Journal of American Folklore*, Vol.4, Nº 13, 1891, PP. 97-105.

MAROTZ, G. A. Dynamic Climatology. In: Encyclopedia of World Climatology, Springer, pág. 341-345, 2005.

MARQUES, J. Novo Dicionario das Linguas Portugueza e Franceza, Tomo II. Primeira edição, impresso na Oficina Patriarcal de Francisco Luiz Ameno, Lisboa, 1764.

MARTIN, CRAIG. Experience of the New World and Aristotelian Revisions of the Earth's Climate during the Renaissance. History of Meteorology, Vo. 3, 2006, pp. 1-16.

MARVIN, C. F. Aneroid barometers. Monthly Weather Review, Setembro, 1898.

MASTERMAN, A.J., FOSTER, G.N., HOLMES, S.J., HARRINGTON, R. The use of the Lamb daily weather types and the indices of progressiveness, southerliness and cyclonicity to investigate the autumn migration of *Rhopalosiphium padi*. Journal of Applied Ecology, vol. 33, 1996.

MAXWELL, J. C. The Bakerian Lecture: on the viscosity of internal friction of air and other gases. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 156. Londres, 1866.

MAXWELL, J.C. On the dynamical theory of gases. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 157. Londres, 1867.

MAXWELL, J. C. On stresses in rarified gases arising from inequalities of temperature. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 170. Londres, 1879.

MEMORIAL, Literario, Instructivo y Curioso de Madrid, Corte Real, 1784.

MEMORIAL, Literario, Instructivo y Curioso de Madrid, Corte Real, 1785.

MEMORIAL, Literario, Instructivo y Curioso de Madrid, Corte Real, 1786.

MEMORIAL, Literario, Instructivo y Curioso de Madrid, Corte Real, 1787.

MEMORIAL, Literario, Instructivo y Curioso de Madrid, Corte Real, 1790.

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil. Oficina de Textos, 2007.

McADIE, A. G. Charts of the Atmosphere, Monthly Weather Review, Weather Bureau, Setembro, pág. 1446-1447, 1911.

McCUTCHAN, M. H. A model for predicting synoptic weather types based on model output statistics. Journal of Applied Meteorology, vol. 17, pág. 1466-1475, 1978.

MIDDLETON, C. Observations on the Weather, in a Voyage to Hudson's Bay in North-America, in the Year 1730. Philosophical Transactions, Vol. 37 (1731 - 1732).

MIDDLETON, C.; ROBINS, B. Observations of the Variations of the Needle and Weather, Made in a Voyage to Hudson's-Bay, in the Year 1731, by Capt. Christopher Middleton. Philosophical Transactions, Vol. 38 (1733 - 1734).

MIDDLETON, W. E. Knowles. Invention of the Meteorological Instruments. The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1969.

MILLER, E. R. American pioneers in meteorology. Monthly Weather Review, vol. 61, No. 7, pág. 189-193, 1933.

MILES, H. An Observation of Extraordinary Warmth of the Air in January 1741-2. Communicated in a Letter from the Revd Mr. H. Miles to Mr. John Eames. Philosophical Transactions, Vol. 42 (1742 - 1743).

MILES, H. A Letter from the Reverend Henry Miles D. D. to Mr. Henry Baker F. R. S. concerning the Difference of the Degrees of Cold Marked by a Thermometer Kept within Doors, or without in the Open Air. Philosophical Transactions, Vol. 44 (1746 - 1747).

MILES, J.; BORLASE, W. Meteorological Observations for 1768, Made at Bridgwater in Somersetshire, and at Ludgvan in Mount's-Bay, Cornwall . Philosophical Transactions, Vol. 59 (1769).

MILES, J.; BORLASE, W. Meteorological Observations at Ludgvan in Mount's-Bay, Cornwall, 1769 . Philosophical Transactions, Vol. 60 (1770).

MILES, J.; BORLASE, W. Meteorological Observations at Ludgvan in Mount's-Bay, Cornwall, 1770. Philosophical Transactions, Vol. 61 (1771).

MILES, J. Meteorological Observations for 1769, Made at Bridgewater in Somersetshire. Philosophical Transactions, Vol. 60 (1770).

MILLS, J. An Essay on the Weather. Londres, 1773.

MITCHELL, J.; COLLINSON, P. An Essay upon the Causes of the Different Colours of People in Different Climates; By John Mitchell, M. D. Communicated to the Royal Society. Philosophical Transactions, Vol. 43 (1744 - 1745).

MONTEIRO, C.A.F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática: Algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional. Revista Geográfica, IPGH, 1962.

MONTEIRO, C.A.F. Sobre a análise geográfica de seqüências de cartas de tempo (pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia). Revista Geográfica, IPGH, 1963.

MONTEIRO, C.A.F. A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil. Doutorado, USP, São Paulo, 1969.

MONTEIRO, C.A.F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Instituto de Geografia, Série Climatologia nº 1. 1971.

MONTEIRO, C.A.F. A climatologia no Brasil ante a renovação atual da geografia: um depoimento. USP, Instituto de Geografia, Métodos em Questão. 1973.

MONTEIRO, C. A. F. A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo. IG, USP, São Paulo, 1973.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e Clima Urbano, USP. 1975.

MONTEIRO, C. A. F. O Clima e a Organização do Espaço no Estado de São Paulo: Problemas e Perspectivas. IG-USP, Série Teses e Monografias nº 28, São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C.A.F. A Geografia no Brasil (1934 – 1977): avaliações e tendências. 1980.

MONTEIRO, C. A. F. Fatores climáticos na organização da agricultura nos países tropicais em desenvolvimento: conjecturas sobre o caso brasileiro. Série Climatologia n° 10, IG-USP, 1981.

MONTEIRO, C. A. F. De Tempos e Ritmos: Entre o Cronológico e o Meteorológico para a Compreensão Geográfica dos Climas. Palestra In: IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Anais do Simpósio Vol. I, UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

MONTEIRO, C. A. F.; TARIFA, J. R. Balanço de energia em sequência de tipos de tempo: uma avaliação no Oeste Paulista (Presidente Prudente) 1698-1969. USP- IG, Série Climatologia n°5, São Paulo, 1972.

MONTEIRO, C. A. F.; TARIFA, J. R. Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao Planejamento Urbano. IG-USP, 1977.

MORIN, E. O método I: A natureza da Natureza. Editora Sulina, Porto Alegre, 2008.

MORRILL, R. L. A Theoretical Imperative. Annals of the Association of American Geographers, Vol. 77, n° 4, pág. 535-541, 1987.

MULLER, M.; KASPAR, M. Quantitative aspect in circulation type classifications – An example based on evaluation of moisture flux anomalies. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 484-490, 2010.

NAMIAS, J. The History of Polar Front and Air Mass Concepts in the United States – An Eyewitness Account. American Meteorological Society, vol. 64, No. 7, pág. 734-755, 1983.

NAVARRETTE, F. F. Ephemerides Barometrico-Medicas Matritenses, Madrid, 1737.

NAYLOR, S. Nationalizing provincial weather: meteorology in nineteenth-century Cornwall. British Journal for the History of Science, vol. 39, pág. 407-433, 2006.

NEMESOVA, I., KILMPEROVA, N. Weather Categorization – A Useful Tool for Assessing Climatic Trends. Theoretical and Applied Climatology, vol. 51, 1995.

NETO, J. L. S. História da Climatologia no Brasil: gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico; in Cadernos Geográficos, UFSC, Florianópolis, 2004.

NETO, J. L. S. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. Revista da ANPEGE, v.4, p.61-88, UNESP, Presidente Prudente, 2008.

NETTLETON, Dr. Observations concerning the Height of the Barometer, at Different Elevations above the Surface of the Earth. Philosophical Transactions, Vol. 33 (1724 - 1725).

NEWMAN, J. L. The use of the Term "Hypothesis" in Geography. Annals of the Association of American Geographers, Vol. 63, nº 1, pág. 22-27, 1973.

NICHOLS, E. S. A Classification of Weather Types. Monthly Weather Review, Weather Bureau, Outubro, pág. 431-434, 1925.

NICHOLS, E. S. Frequency of weather types at San Jose, Calif. Monthly Weather Review, Setembro, pág. 403-405, 1927.

NUNES, L. H. A Escala nas Ciências Atmosféricas. Revista IG, vol. 19, pág. 71-73, 1998.

OLIVER, J. E. A genetic approach to Climate Classification. Annals of the Association of American Geographers, vol. 60, pág. 615-637, 1970.

OLIVER, J. E. The history, status and future of climatic classification. Physical Geography, vol. 12, pág. 235-251, 1991.

OLIVER, J. E. Encyclopedia of World Climatology, Springer, 2005.

OLIVER, J. E. Climate Classification. In: Encyclopedia of World Climatology, Springer, pág. 218-226, 2005.

ONÇA, D. S. Curvar-se diante do existente: o apelo às mudanças climáticas pela preservação ambiental. Dissertação de Mestrado, USP-DG, São Paulo, 2007.

POPPER, K. A Lógica da Pesquisa Científica. Editora Cultrix, 15ª edição. São Paulo, 2007, 567 páginas.

ORLANSKI, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 56, pág. 527-530, 1975.

ORME, C.; BEIGHTON, H. The Imperfections of the Common Barometers, and the Improvement Made in Them, by Mr. Cha. Orme of Ashby-De-La-Zouche in Leicestershire, Where They are Perfected and Rectified; With Some Observations. Philosophical Transactions, Vol. 40 (1737 - 1738).

OXFORD, An Etymological Dictionary of the English Language. Oxford University Press, Nova Iorque, 1966.

PAGUE, B. S. Weather types of the North Pacific Slope. Monthly Weather Review, Novembro, pág. 417-418, 1895.

PAPIN, D. An Account of an Experiment Shewn before the Royal Society, of Shooting by the Rarefaction of the Air: By Dr. D. Papin. Philosophical Transactions, Vol. 16 (1686 - 1692).

PARTINGTON, C. F. The British Cyclopaedia of the Arts and Sciences. Impresso por Orr & Smith, Londres, 1835.

PEARCE, A. J. The Weather Guide-Book: a concise exposition of astronomic-meteorology. Impresso por Simpkin, Marshall and Co., Londres, 1864.

PEARSON, K.; LEE, A.; YULE, G. U. On the distribution of frequency (variation and correlation) of the barometric height at divers stations. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 190. Londres, 1897.

PEPPLER, W. The Meteorological Conditions in the free air during two extreme types. Monthly Weather Review, Maio, pág. 220-221, 1925.

PHILIPP, A.; BARTHOLY, J.; BECK, C.; ERPICUM, M.; ESTEBAN, P.; FETTWEIS, X.; HUTH, R.; JAMES, P.; JOURDAIN, S.; KREIENKAMP, F.; KRENNERT, T.; LYKOUDIS, S.; MICHALIDES, S. C.; PIANKO-KLUCZYNSKA, K.; POST, P.; ALVAREZ, D. R.; SCHIEMANN, R.; SPEKAT, A.; TYMVIOS, F. S.. Cost733cat – A database of weather and circulation type classifications. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 360-373, 2010.

PHILIPP, A.; JACOBET, J.; DELLA-MARTA, P. M. Classifying reconstructed daily pressure patterns for the period 1850 to 2003 in the North-Atlantic – European Region by Simulated Annealing Clustering, pág. 17-26. In: TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS. Observations Continued upon the Barometer, or Rather Ballance of the Air. Philosophical Transactions, Vol. 1 (1665 - 1666).

_____. An Experimental History of Cold, Philosophical Transactions, Vol. 1, (1665-1666).

_____. A Relation of Some Mercurial Observations, and Their Results. Philosophical Transactions, Vol. 1 (1665-1666).

_____. A Method for Finding the Number of the Julian Period for Any Year Assign'd, the Number of the Cycle of the Sun, the Cycle of the Moon, and the Indications for the Same Year, being Given; Together with the Demonstration of that Method. Texto anônimo, Philosophical Transactions, Vol.2 (1666-1667).

_____. Some Remarkable Effects of a Great Storm of Thunder and Lightning at Portsmouth Oct.23. Philosophical Transactions, Vol. 15 (1685).

_____. An Account of a Storm of Rain That Fell at Denbigh in Wales: Communicated to Dr Hans Sloane, R. S. Secr. Philosophical Transactions, Vol. 25 (1706 - 1707).

_____. An Inquiry into the Causes of a Dry and Wet Summer. By an Anonymous Hand. Philosophical Transactions, Vol. 41 (1739 - 1741).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1774. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 65 (1775).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1775. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 66 (1776).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1776. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 67 (1777).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1777. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 68 (1778).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1778. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 69 (1779).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1779. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 70 (1780).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1780. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 71 (1781).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1781. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 72 (1782).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1782. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 73 (1783).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1783. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 74 (1784).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1784. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 75 (1785).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1785. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 76 (1786).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1786. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 77 (1787).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1787. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 78 (1788).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1788. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 79 (1789).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1789. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 80 (1790).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1790. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 81 (1791).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1791. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 82 (1792).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1792. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 83 (1793).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1793. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 84 (1794).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1794. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 85 (1795).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1795. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 86 (1796).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1796. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 87 (1797).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1797. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 88 (1798).

_____. A Meteorological Journal for the Year 1798. Kept at the Royal Society's House by Order of the President and Council. Philosophical Transactions, Vol. 89 (1799).

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 90. Londres, 1800.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 91. Londres, 1801.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 92. Londres, 1802.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 93. Londres, 1803.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 94. Londres, 1804.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 95. Londres, 1805.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 96. Londres, 1806.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 97. Londres, 1807.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 98. Londres, 1808.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 99. Londres, 1809.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 100. Londres, 1810.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 101. Londres, 1811.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 102. Londres, 1812.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 103. Londres, 1813.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 104. Londres, 1814.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 105. Londres, 1815.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 106. Londres, 1816.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 107. Londres, 1817.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 108. Londres, 1818.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 109. Londres, 1819.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 110. Londres, 1820.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 111. Londres, 1821.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 112. Londres, 1822.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 113. Londres, 1823.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 114. Londres, 1824.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 115. Londres, 1825.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 116. Londres, 1826.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 117. Londres, 1827.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 118. Londres, 1828.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 119. Londres, 1829.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 120. Londres, 1830.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 121. Londres, 1831.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 122. Londres, 1832.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 123. Londres, 1833.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 124. Londres, 1834.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 125. Londres, 1835.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 126. Londres, 1836.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 127. Londres, 1837.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 128. Londres, 1838.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 129. Londres, 1839.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 130. Londres, 1840.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 131. Londres, 1841.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 132. Londres, 1842.

_____. Meteorological Journal, kept by the Assistant Secretary at the apartments of the Royal Society, by Order of the President and Council. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 133. Londres, 1843.

PICKERING, R. A Scheme of a Diary of the Weather; Together with Draughts and Descriptions of Machines Subservient Thereunto; Inscribed to the President and Fellows of the Royal Society. Philosophical Transactions, Vol. 43 (1744 - 1745).

PIGOTT, N.; BEVIS, Dr. Meteorological Observations at Caën in Normandy; For 1765, 1766, 1767, 1768, 1769. Philosophical Transactions, Vol. 61 (1771).

PINEDA, N.; ESTEBAN, P.; TRAPERO, L.; SOLER, X.; BECK, C. Circulation types related to lightning activity over Catalonia and the Principality of Andorra. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 469-476, 2010.

PLOT, R. Observations of the Wind, and Height of the Mercury in the Barometer, throughout the year 1684; Taken in the Musaeum Ashmoleanum at Oxford, by Robert Plot, LLD. To which is Prefixt a Letter from Him, to Dr. Martin Lister, F. of the R. S. concerning the Use of This and Such Like Historys of the Weather. Philosophical Transactions, Vol. 15 (1685).

PLUCKER, J.; HITTORF, J.W. On the spectra of ignited gases and vapours, with especial regard to the different spectra of the same elementary gaseous substance. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 155. Londres, 1865.

POINTER, J. A Rational Account of the Weather. Oxford, 1723.

PRADELLA, H. L. Notas sobre o Problema da Classificação dos Tipos de Tempo (types of weather) na Geografia Brasileira. Trabalho de Graduação Individual, USP-Departamento de Geografia, 2010.

PRESTWICH, J. Tables of temperatures of the sea at different depths beneath the surface, reduced and collated from various observations made between the years 1749 and 1868, discussed with map and sections. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 165. Londres, 1875.

PRINSEP, J. On the measurement of high temperatures. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 118. Londres, 1828.

RAMO, S. On a scientific approach to prediction. Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 121, No. 4, 1977.

RAMOS, A. M.; RAMOS, R.; SOUSA, P.; TRIGO, R. M.; JANEIRA, M.; PRIOR, V. Cloud to ground lightning activity over Portugal and its association with circulation weather types. Atmospheric Research, vol. 101, pág. 84-101, 2011.

RAYNER, J. N.; HOBGOOD, J. S.; HOWARTH, D. A. Dynamic climatology: its history and future. Physical Geography, vol. 25, pág. 207-219, 1991.

READ, J.; BENNET, R. H. A. A Meteorological Journal, Principally Relating to Atmospheric Electricity; Kept at Knightsbridge, from the 9th of May, 1789, to the 8th of May, 1790. Philosophical Transactions, Vol. 81 (1791).

READ, J.; BENNET, R. H. A. A Meteorological Journal, Principally Relating to Atmospheric Electricity; Kept at Knightsbridge, from the 9th of May, 1790, to the 8th of May, 1791. Philosophical Transactions, Vol. 82 (1792).

REED, R. J. The Development and Status of Modern Weather Prediction, Bulletin American Meteorological Society, vol. 58, No. 5, pág. 390 – 399, 1977.

REED, T. R. Weather types of the Northeast Pacific Ocean as related to the weather of the North Pacific Coast. Monthly Weather Review, Dezembro, pág. 246-252, 1932.

REGNIER, E. Doing something about the weather. *Omega*, vol. 36, pág. 22-32, 2008.

RENNELL, J. On the effect of westerly winds in raising the level of the British Channel, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 99. Londres, 1809.

REUSCH, D. B. Nonlinear climatology and paleoclimatology: Capturing patterns of variability and change with Self-Organizing Maps. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 329-340, 2010.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. *Boletim de Geografia Teorética*, Rio Claro, vol. 23, pág. 288-294, 1992.

RICHMAN, M. B.; ADRIANTO, I. Classification and regionalization through kernel principal component analysis. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 316-328, 2010.

RITCHIE, W. On a new form of differential thermometer, with some of its applications. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 117. Londres, 1827.

ROBESON, S. M. Statistical Climatology. In: *Encyclopedia of World Climatology*, Springer, pág. 687-693, 2005.

RONALDS, F. On photographic self-registering meteorological and magnetical instruments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 137. Londres, 1847.

ROSCOE, H. E. The Bakerian Lecture: On a method of meteorological registration of the chemical action of total daylight. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 155. Londres, 1865.

ROSS, J. C. On the effect of the pressure of the atmosphere on the Mean Level of the Ocean. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 144. Londres, 1854.

ROSSE, E. The Bakerian Lecture: on the radiation of heat from the Moon, the laws of its absorption by our atmosphere, and of its variation in amount of her phases. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 163. Londres, 1873.

SABINE, E. Experiments to ascertain the correction of variations of temperature, within the limits of the natural temperature of the climate of South England, of the invariable pendulum recently employed by british observers. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 120. Londres, 1830.

SARMA, A. A. L. N. Scales of Climate. In: Encyclopedia of World Climatology, Springer, pág. 637-639, 2005.

SAXBY, S. M. Saxby's Weather System: lunar influence on weather. Segunda edição, impresso por Longman, Green & Roberts, Londres, 1864.

SCHEUCHZER, J. J.; SCHEUCHZER, J. G. The Barometrical Method of Measuring the Height of Mountains, with Two New Tables Shewing the Height of the Atmosphere at Given Altitudes of Mercury. Extracted Chiefly from the Observations of John James Scheuchzer, M. D. Professor of Mathematicks at Zurich, and a Member of the Imperial, and Royal Societies of London and Prussia. Philosophical Transactions, Vol. 35 (1727 - 1728).

SCHIEMANN, R.; FREI, C. How to quantify the resolution of surface climate by circulation types: An example for Alpine precipitation. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 403-410, 2010.

SCHLAGINTWEIT, H. Numerical elements of Indian Meteorology. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 153. Londres, 1863.

SCHOTTE, J. P.; BANKS, J. Journal of the Weather at Senegambia, during the Prevalence of a Very Fatal Putrid Disorder, with Remarks on That Country. Philosophical Transactions, Vol. 70 (1780).

SCHROKIU, L. Ephemerides Barometricae. Impresso por Antonii Capponi, Londres, 1695.

SCHWARTZ, M. D.; CORCORAN, W. T. Airmass Climatology. In: Encyclopedia of World Climatology, Springer, pág. 16-21, 2005.

SERRA, C., FERNANDEZ MILLS, G., PERIAGO, M.C., LANA, X. Winter Synoptic Weather Types in Catalunha (NE Spain) and their Linkage with Minimum Temperature Anomalies. International Journal of Climatology, vol. 19, 1999.

SHERIDAN, S.C. The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America. International Journal of Climatology, vol. 22, pág. 51-68, 2002.

SHAW, Napier. Manual of Meteorology, Vol. I – Meteorology in History. Cambridge, Inglaterra, 1932.

SILVA, A. M. Dicionario da Lingua Portuguesa, Tomo I. Quarta Edição, Impressão Régia, Lisboa, 1831.

SIMON, J.; BAKER, H. An Account of the Barometer, and the State of the Weather, at Dublin, from the 7 of March 1752, to the 28 of February 1753. Philosophical Transactions, Vol. 48 (1752 - 1753).

SIX, J. Experiments on Local Heat. Philosophical Transactions, Vol. 78 (1788).

SKAGGS, R. H. Climatology in American Geography. Annals of the Association of American Geographers, vol. 94, No. 3, pág. 446-457, 2004.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1781.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1782.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1783.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1784.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1785.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1786.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1787.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1788.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1789.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1790.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1791.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1792.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1793.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1794.

SOCIETAS PALATINA. Ephemerides Barometricae, Manheim, 1795.

SORRE, M. Objeto e Método da Climatologia. Revista do Departamento de Geografia, nº 18, USP, São Paulo, 2006. Tradução de texto de 1934.

SORRE, M. Max. In: Max. Sorre: Geografia, org.: Januário Francisco Megale, Editora Ática, São Paulo, 1984.

SOUTH, J. On the extensive atmosphere of Mars. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 121. Londres, 1831.

SPEKAT, A.; KREIENKAMP, F.; ENKE, W. An impact-oriented classification method for atmospheric patterns. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 352-359, 2010.

SPRAT, T. The History of the Royal Society of London, for the improving of Natural Knowledge, Impresso por Samuel Chapman, Londres, 1667.

STEDMAN, J. Thermometrical Tables and Observations, in a Letter to John Pringle. Philosophical Transactions, Vol. 47 (1751 - 1752).

STEFAN, S.; NECULA, C.; GEORGESCU, F. Analysis of long-range transport of particulate matters in connection with air circulation over Central and Eastern part of Europe. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág.523-529, 2010.

STEFANICKI, G., TALKNER, P., WEBER, R.O. Frequency Changes of Weather Types in the Alpine Region since 1945. Theoretical and Applied Climatology, vol. 60, 1998.

STEPHENS, G. L. Satellite observations of the Earth's Climate System. In: Encyclopedia of World Climatology, Springer, pág. 629-634, 2005.

STEWART, B. An account of experiments on the change of the elastic force of a constant volume of atmospheric air, between 3e degrees F. and 212 degrees F., and also on the temperature of the melting-point of mercury. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 153. Londres, 1863.

STONE, R.C. Weather Types at Brisbane, Queensland: An example of the use of Principal Components and Cluster Analysis. International Journal of Climatology, vol. 9, 1989.

SWITZER, J. E. Weather types in the climates of Mexico, the Canal Zone and Cuba. Bulletin of American Meteorological Society, vol. 5, pág. 434-437, 1924.

SYKES, W. H. On the atmospheric tides and meteorology of Dukhun, East Indies. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 125. Londres, 1835.

TABORDA, J. P. O temporal de 3 a 6 de dezembro de 1739 em Portugal: reconstrução a partir de fontes documentais descritivas. Revista Finisterra, nº 82, pp. 73-86, 2006.

TARIFA, J. R. Fluxos Polares e as Chuvas de Primavera-Verão no Estado de São Paulo (uma análise quantitativa do processo genético). Série Teses e Monografias nº 19, IGEO, São Paulo, 1975.

TARIFA, J. R.; COSTA, W. M. da; MORAES, A. C. R. Tipos de tempo e balanço de energia na cidade de São Paulo. Série Climatologia nº 8, USP-IG, São Paulo, 1977.

TARIFA, J. R. A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: O caso de São José dos Campos. USP-IG, Série Climatologia nº 11, São Paulo, 1981.

TARIFA, J. R. Os climas nos Maciços litorâneos da Juréia-Itatins: um ensaio de ritmanálise (vol. I e II). Tese de Livre Docência, USP, 2002.

TAYLOR, N. R. The importance of a well written synopsis of weather conditions. Monthly Weather Review, Novembro, pág. 475-476, 1905.

TEMPLER, J. A Relation of Two Considerable Hurricans, Happened in Northampton-Shire, not above Four Miles Distance from One Another, within the Compass of Less then Twelve Calendar-Months: Communicated by Mr. John Templer of Braybrook to a Friend of His in London. *Philosophical Transactions*, Vol. 6 (1671).

TERJUNG, W. H. Climatology for Geographers. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 66, No. 2, pág. 199-222, 1976.

THACKER, W.C., LEWANDOWICZ, R. Climatic Indices, Principal Components, and the Gauss-Markov Theorem. *Journal of Climate*, vol. 10, 1996.

THOMPSON, P. D. A History of Numerical Weather Prediction in the United States. *American Meteorological Society*, vol. 64, No. 7, pág. 755-769, 1983.

THOMSON, W. On the thermal effects of fluids in Motion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 143. Londres, 1853.

THORESBY, R. A Letter from Mr. Ralph Thoresby, F. R. S. to Sir Hans Sloane, Bart. President of the College of Physicians, and Vice-Pres. R. S. concerning the Effects of a Violent Shower of Rain in Yorkshire. *Philosophical Transactions*, Vol. 32 (1722 - 1723).

THORNDYKE, Lynn. A Weather Record for 1399-1406 A.D. *Isis*, Vol. 32, No. 2, 1940, pp. 304-323.

THORNDYKE, Lynn. Oresme and Fourteenth Century Commentaries on the *Meteorologica*. *Isis*, vol. 45, N° 2, pp. 145-152, 1954.

THORNDYKE, Lynn. More Questions on the *Meteorologica*. *Isis*, vol. 46, N° 4, pp. 357-360, 1955.

THORNDYKE, Lynn. A Daily Weather Record Continued from 1 September 1400 to 25 June 1401. *Isis*, Vol. 57, No. 1, 1966, pp. 90-99.

THORNTHWAITE, C. W. The Climate of the Earth. *Geographical Review*, volume 23, p.433-440, New York, 1933.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, vol. 38, No. 1, pág. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W. The Task Ahead. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 51, pág. 345-356, 1961.

TITARELLI, A. U. V. A onda de frio de abril de 1971 e sua repercussão no espaço geográfico brasileiro. USP – IG, Série Climatologia n° 4, São Paulo, 1972.

TODHUNTER, P.E. An approach to the variability of Urban Surface Energy Budgets under Stratified Synoptic Weather Types. *International Journal of Climatology*, vol. 9, 1989.

TOLEDO, G. S. Tipos de tempo e categorias climáticas na Bacia do Alto Tietê (1968) – Ensaio Metodológico. Doutorado, USP, 1973.

TOWNELEY, R. An Account of What Rain Fell at Townly in Lancashire, in the Years 1697, and 1698, with some other observations on the Weather. *Philosophical Transactions*, Vol. 21 (1699).

TVEITO, O. E. An assessment of circulation type classifications for precipitation distribution in Norway. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 395-402, 2010.

TVEITO, O.; PASQUI, M. Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society: Session AW8 – Weather types classifications. Utrecht, Netherlands, 2005.

TWARDOSZ, R. An analysis of diurnal variations of heavy hourly precipitation in Kraków using a classification of circulation types over southern Poland. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 35, pág. 456-461, 2010.

TYNDALL, J. The Bakerian Lecture: On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connexion of radiation, absorption and conduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 151. Londres, 1861.

TYNDALL, J. On the relation of radiant heat to aqueous vapour. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 153. Londres, 1863.

VALENCIANO, Geronimo cortes. El Non Plus Ultra Del Lunario y Prognostico Perpetuo general, y particular para cada Reyno y Provincia. Valencia, Publicado por Juan Lorenzo Cebrera, 1672.

VALENCIANO, Geronimo cortes. El Non Plus Ultra Del Lunario y Prognostico Perpetuo general, y particular para cada Reyno y Provincia. Valencia, Publicado por Juan Lorenzo Cebrera, 1839.

VARENIUS, Bernhard. A Compleat System of General Geography Explaining The Nature and Properties of the EARTH. Tradução em inglês do original em latim. 1734, Londres e impresso por Stephen Austen, Pág. 419-563.

USTRNUL, Z.; CZEKIERDA, D.; WYPYCH, A. Extreme values of air temperature in Poland according to different atmospheric circulation classifications. Physics and Chemistry of the Earth, vol. 35, pág. 429-436, 2010.

WALLER, A. Microscopic observation on the so-called vesicular vapours of water, as existing in the vapours of steam, and clouds. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 137. Londres, 1847.

WALLIS, I.; BEALE, I. Some Observations Concerning the Baroscope and Thermoscope, Made and Communicated by Doctor I. Wallis at Oxford, and Dr. I. Beale at Yeovil in Somerset, Delivered here according to Decemb. 18. Decemb. 29. 1669 and January. Philosophical Transactions, Vol. 4, (1669).

WALLIS, Dr. A Discourse concerning the Air's Gravity, Obserudin the Baroscope, Occasioned by That of Dr.Garden; Presented to the Phil. Soc. of Oxford, by the Reverend Dr. Wallis, President of That Society. April, 14, 1685. Philosophical Transactions, Vol. 15 (1685).

WALLIS, Dr. A letter of Dr. Wallis to Dr. Sloane, Concerning the generation of Hail, and of thunder and Lightning, and effects thereof. Philosophical Transactions, Vol. 19 (1695-1697).

WALLIS, Dr. A Letter from Dr. Wallis of Jan. 11. 1697. To Dr. Sloane, Concerning the Effects of a Great Storm of Thunder and Lightning at Everdon in Northamptonshire, on July, 27, 1691. Philosophical Transactions, Vol. 20, (1698).

WAR DEPARTMENT. Monthly Weather Review, Office of the Signal Officer, Estados Unidos, 1874.

WARD, R. DeC. The Weather Element in American Climates. Annals of the Association of American Geographers, Vol. IV, pág. 3-54, 1914.

WARD, R. DeC. The "Indian Summer" as a Characteristic Weather Type of the eastern United States. Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 62, No. 2, pág. 48-56, 1923.

WARD, R. DeC. The Importance of Field-Work in the Study of Climates. Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 64, No. 1, pág. 64-77, 1925.

WARD, R. DeC. A Proposed Guide-Book to the World's Weather and Climates. Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 67, No. 1, pág. 67-94, 1928.

WARD, R. DeC. The literature of climatology. Annals of the Association of the American Geographers, vol. 21, No. 1, pág. 34-51, 1931.

WHITE, W.; FOTHERGILL, J. Experiments upon Air, and the Effects of Different Kinds of Effluvia upon It; Made at York. Philosophical Transactions, Vol. 68 (1778).

WILLETT, H. C. Ground plan of a Dynamic Meteorology. Monthly Weather Review, vol. 59, No. 6, pág. 219-223, 1931.

WILSON, P. An Account of a Most Extraordinary Degree of Cold at Glasgow in January last; Together with Some New Experiments and Observations on the Comparative Temperature of Hoar-Frost and the Air Near to It, Made at the Macfarlane Observatory Belonging to the College. Philosophical Transactions, Vol. 70 (1780).

WOOD, L. E. Automatic Weather Stations, Journal of Meteorology, vol. 3, pág. 115-121, 1946.

WOODWARD, John. An Essay towards a Natural History of the Earth and Terrestrial Bodies. Impresso por A. Bettesworth e W. Taylor, 1695.

WOLLASTON, F. J. H. Description of a thermometrical barometer for measuring altitudes. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 107. Londres, 1817.

WOLLASTON, F. J. H. On the measurement of snowdon, by the thermometrical barometer. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 110. Londres, 1820.

YARNAL, B. The effect of weather map scale on the results of a synoptic climatology. Journal of Climatology, vol. 4, pág. 481-493, 1984.

ZAVATTINI, J. A. A propósito do ritmo como paradigma da Climatologia Geográfica Brasileira. In: IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Anais do Simpósio Vol. I, UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.