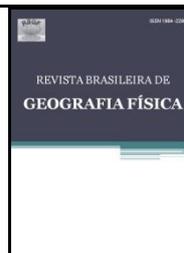




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler

Ranyére Silva Nóbrega ^{1*}

¹ Prof. Adjunto Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

Artigo recebido em 14/05/2009 e aceito em 18/06/2010

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo fazer uma revisão literária a cerca de quatro classificações climáticas de maneira a lançar um pensamento crítico sobre os métodos utilizados por Köppen, Miller, Thornthwaite e Strahler em seus sistemas de classificação climática, como os limites utilizados e os fatores verdadeiramente ativos. Ao analisar o levantamento bibliográfico, o pensamento corrobora o esperado, pois, de fato é difícil encontrar uma classificação climática que possa ser considerada satisfatória. No entanto, a aplicabilidade destes sistemas tem sua importância em todas as áreas das ciências, desde as classificações antigas (que vem sendo reelaboradas ao longo do tempo) até as mais atuais, levando-nos a entender que há a necessidade de conhecer, não apenas o sistema e seus resultados, mas as suas limitações e falhas.

Palavras-chave: Classificação climática, Köppen, Thornthwaite, Strahler, Miller.

A critical thinking about climate classifications: from Köppen to Strahler

ABSTRACT

This article objective to review the literature about four climatic classifications in order to initiate critical thinking about the methods used by Köppen, Miller, Thornthwaite and Strahler in their systems of climatic classification, the limits used and the factors truly assets. When analyzing the literature, thought confirms the expected, since in fact it is difficult to find a climate classification that can be considered satisfactory. However, the applicability of these systems has its importance in all areas of science, since the older classifications (which has been reworked over time) to the most current, leading us to understand that there is a need to know not only the system and its results, but its limitations and failures.

Keywords: Climate classification, Köppen, Thornthwaite, Strahler, Miller.

Introdução

A importância nos sistemas de classificações climáticas (SCC) se deve ao fato de que é possível analisar e definir os climas de diferentes regiões levando em consideração elementos climáticos diferentes ao mesmo tempo, otimizando a troca de informações e análises posteriores para diferentes propósitos.

Os pesquisadores no domínio do mesoclima sempre se preocuparam com a questão de classificar os macroclimas. Segundo El Tom (2003), a complexidade das dificuldades envolvidas exigiu a adoção de várias abordagens e técnicas distinta e, portanto, resultou na presença de vários sistemas de classificações climáticas. De modo geral, tem-se observado que os critérios utilizados nos principais sistemas variam entre a precipitação, temperatura, vegetação e massas de ar,

sejam como variáveis independentes ou como diferentes combinações.

Por vezes, os Sistemas de Classificações Climáticas (SCC) são abordados didaticamente, sobretudo em disciplinas do curso de geografia e meteorologia. Agora nota-se que o emprego destes sistemas continua em evidência e não nestas áreas citadas, mas, de um modo geral, desde as ciências naturais e humanas até à saúde, cruzando informações climáticas e endemias, por exemplo.

Muitos pesquisadores têm utilizado os sistemas rotineiramente de maneira bem particular para seus objetivos. McMahon et al. (1992) e Pell et al. (2004) utilizaram SCC como base para o agrupamento de rios, por tipos de clima em torno de todo o globo, a fim de facilitar as comparações das características do escoamento superficial. Já Lohmann et al. (1993) aplicaram a classificação de Köppen em saídas de modelos de circulação geral da atmosfera e modelos acoplados oceano-atmosfera e compararam os mapas

* E-mail para correspondência: ranyere.nobrega@ufpe.br (R. S. Nóbrega).

de classificação utilizando modernos conjuntos de dados com o mapa de Köppen, de 1923. Eles modelaram tanto condições atuais quanto em cenários de aumento do efeito estufa e concluíram que a classificação é útil para estimar a capacidade dos modelos do clima em reproduzir o clima atual, bem como indicar o impacto de mudanças climáticas sobre a biosfera. Sem dúvida, Köppen teria ficado contente com o resultado.

Mais recente, Pell et al. (2007) apresentaram um novo mapa global da classificação de Köppen-Geiger utilizando 12.396 postos pluviométricos e 4.844 postos de coleta de temperaturas em todo o globo para produzir um novo mapa com resolução de 0,1 x 0,1 graus de latitude e longitude, respectivamente.

O objetivo deste artigo é lançar uma abordagem crítica a cerca de quatro métodos distintos de classificações climáticas, a saber: o método de Köppen (1936), Thornthwaite (1948), Miller (1931) e Strahler (2005), os quais representam as principais abordagens em matéria de classificações climáticas, através de revisões literárias construindo um pensamento proveitoso para a temática com foco acadêmico desde a graduação até a pós-graduação e, porque não, incentivando o aperfeiçoamento dos sistemas de classificação com o uso de tecnologias atuais e novas fontes de dados históricos.

Fatores de classificação para os sistemas climáticos

A vegetação

Segundo Brooks (1948), a utilização do fator de vegetação foi iniciada por Köppen, em 1900. Ele supôs que a vegetação é bastante exigente em sua relação com o clima, de maneira que grupos distintos de vegetação tendem a se desenvolver também distintamente de condições climáticas restritas que dificilmente pode ser adequado para outro grupo de vegetação. Assim, Köppen começou com o reconhecimento dos grupos principais de vegetação e, em seguida, ele trabalhou as condições climáticas em que cada grupo se desenvolvia, de maneira que estas informações puderam ser utilizadas para definir os limites climáticos entre os principais grupos de vegetação equivalentes aos principais tipos climáticos.

A utilização difere em grande parte de Thornthwaite (1948), o qual utilizou grupos de vegetação como um guia para a localização dos limites climáticos. O autor trabalhou as características dos diferentes tipos climáticos de acordo com sua eficiência térmica e índices de precipitação e, em seguida, definiu os limites com base na distribuição da vegetação.

A precipitação

A precipitação também serviu como base para a classificação de climas do mundo. Este fator destina-se a expressar a relação entre ganho e perda de água com o objetivo de avaliar a disponibilidade de água para a vegetação. O início, mais uma vez, Brooks (1948) e Carter (1967), foi por Köppen, em 1900, que sugeriu fórmulas em que um fator de temperatura foi utilizado

em vez da evaporação devido à dificuldade de obtenção de dados suficientes e confiáveis sobre a evaporação.

A temperatura

Historicamente, foi com base na temperatura e sua relação com a latitude que surgiram as definições de grandes zonas climáticas. Ainda na atualidade muitos pesquisadores têm usado a temperatura como base de classificação. No entanto, existem grandes diferenças nas formas ou técnicas de utilizar o fator temperatura entre os métodos. Köppen em 1918 (Köppen, 1936), por exemplo, usou a temperatura dos meses mais frios e quentes para identificar os seus principais cinturões climáticos. Isso difere do caso de Miller (1931), que estava interessado na presença ou ausência de uma estação fria. Miller também acreditava que a duração da estação quente ou fria é importante e, por isso, poderia, também, servir de base para a identificação de alguns dos tipos climáticos. Esta condição de Miller sugeriu uma nova definição dos meses quentes e frios, diferentes daquela de Köppen.

Uma utilização mais sofisticada do fator temperatura foi realizada por Thornthwaite (1943), que sugeriu novos fatores térmicos, definidos como índices de eficiência térmica. Estes são usados como ferramentas para reconhecer os grandes cinturões térmicos ou zonas térmicas do globo. Embora estas divisões territoriais térmicas, ou zonas, ocuparem o segundo lugar em sua ordem literal, não são de maneira alguma menos significativas do que as zonas de umidade, que ocupam a primeira posição em seu sistema de classificação. Ao lado disso, três dos seus principais cinturões climáticos são identificados com base nesse fator térmico.

Os estudos utilizando a temperatura são relativamente antigos e desde o início já se mostravam coerentes com determinados padrões climáticos. Na atualidade, não tem se aperfeiçoado os estudos com base na temperatura e sim no englobamento de outras variáveis, sobretudo porque a utilização de apenas um parâmetro para realização de SCC geram erros consideráveis.

A evaporação

Quando os valores de evaporação se tornaram disponíveis, foram então usados extensivamente. Thornthwaite estendeu isso, eventualmente, em 1948, ao utilizar a evapotranspiração potencial ao invés da evapotranspiração real. No entanto, os dados de evaporação ainda são mais escassos do que os de precipitação e temperatura ainda nos dias de hoje.

Esta é a maior dificuldade na utilização deste fator em SCC, no entanto, há métodos que permitem estimar os valores de evaporação/evapotranspiração tendo como base principal dados de precipitação e temperatura médias mensais.

A estimativa do balanço hídrico climático foi proposta por Thornthwaite, em 1948, que desenvolveu um método simples para estimar o balanço hídrico climático em bases mensais, usando valores médios mensais da temperatura do ar e do total pluviométrico, bem como a capacidade de armazenamento hídrico do solo. Nessa primeira versão do método, basicamente

utilizada para classificação de tipos climáticos em escala global, Thornthwaite assumiu basicamente que o solo é considerado como um reservatório e que toda água colocada a disposição do solo primeiro atende a demanda evapotranspiratória (Varejão-Silva, 2006).

Thornthwaite e Matter, em 1957, aperfeiçoaram o método tomando como base que a capacidade de armazenamento do solo torna-se variável e estabelecida em função de suas propriedades (capacidade de campo e ponto de murcha permanente) na camada explorada pelas raízes das plantas nele presentes.

Apesar do aperfeiçoamento, o modelo de Thornthwaite e Matter é ainda muito simplificado, sobretudo porque além das hipóteses restritivas utilizadas na gênese do método, as perdas e reposições de água no solo são estimadas em bases mensais.

As massas de ar

As massas de ar formam a base da classificação de Strahler. Esta classificação é uma das chamadas classificações genéticas que tentam identificar as variações climáticas com base nas causas destas variações. Embora esta pareça ser uma abordagem válida, no entanto, requer uma compreensão detalhada dos tipos e as características das massas de ar em diferentes partes do globo. É verdade que uma massa de ar ideal de um determinado tipo deve possuir determinadas características básicas. No entanto, não há garantia de que os efeitos reais de tal massa seja idêntica ao longo de todo o seu percurso, uma vez que as massas são dinâmicas, associadas a circulação geral da atmosfera. Além disso, as variações locais, que podem ser muito significativas em algumas áreas, dificilmente podem ser reconhecidas no sistema de Strahler.

Um pensamento crítico

Quase todos os sistemas em consideração apresentam falhas por confiar inteiramente em um único elemento, ou um único critério com base no qual é possível identificar os diversos tipos climáticos do globo. De fato, a maioria destes sistemas depende, em grande parte, apenas de um único elemento ou critério para identificar a maioria, mas não todos os principais tipos climáticos. Por exemplo, no caso dos sistemas que usam um fator térmico para reconhecer os principais cinturões climáticos, sempre foi necessário afastar-se dessa abordagem quando há a necessidade de identificar o clima árido. Isso ocorre porque nas zonas áridas, as considerações higrométricas são mais importantes e críticas do que as térmicas.

Alguns desvios semelhantes também são encontrados nos sistemas que usam o fator de precipitação para a identificação dos principais tipos climáticos. O desvio aqui envolve as regiões polares, onde a temperatura é muito mais crítica do que a umidade.

Essas observações são aplicáveis desde os simples até os sistemas mais elaborados de classificação climática. Exemplo deste último sistema é o sugerido por Thornthwaite no qual a maioria dos principais tipos climáticos é identificada com base na higrometria, quer sob a forma de um índice de eficácia de precipitação

(1931) ou um índice de umidade (1948). Em ambos os casos, os climas frios são identificados com base no fator térmico. No de 1931 o sistema de identificação usa como base o índice de eficiência térmica, enquanto em 1948 o sistema de identificação usa como base a evapotranspiração potencial, que é considerado como sendo equivalente ao índice de eficiência térmica.

Ao lado disso, sempre houve a necessidade de subdividir as grandes regiões climáticas, a fim de reconhecer as inúmeras variações climáticas nas principais regiões. Essa tarefa levou à utilização de um número extremamente grande de variáveis, tais como: os regimes de chuva, (Köppen), localização relativa ao mar (Miller & Strahler), duração das estações quente ou fria (Miller), presença de um déficit de umidade ou excedente (Thornthwaite), concentração da eficiência térmica ou evapotranspiração potencial durante o verão (Thornthwaite), vegetação local, animais, domínio sazonal das massas de ar (Strahler), possível interação entre as massas de ar (Strahler), entre outros. Isso gerou um grande número de subtipos climáticos, que por sua vez deve ser adicionado à complexidade do problema.

A validade destas várias abordagens deve ser medida em termos do sucesso dos sistemas individuais para atender os objetivos da realização de classificações climáticas. Dos vários objetivos de uma classificação climática pode-se mencionar:

1. A simplificação ou generalização dos dados climáticos;
2. O fornecimento de uma descrição concisa de clima em termos dos Fatores Verdadeiramente Ativos;
3. O fornecimento de um meio pelo qual regiões climáticas podem ser identificadas com precisão;
4. A aplicabilidade em escala mundial, bem como a nível local ou até mesmo um micro-escala;
5. Ser um ponto de partida sobre as causas das variações climáticas observadas.

De fato, temos que considerar que há uma relativa simplificação que leva a uma generalização dos dados climatológicos. Isso parece ser o principal objetivo dos pesquisadores nesta área do conhecimento. Nota-se que os sistemas climáticos são semelhantes em suas tentativas de fornecer uma descrição concisa dos climas em termos de Fatores Verdadeiramente Ativos. No entanto, são consideravelmente diferentes na avaliação destes fatores.

Thornthwaite, por exemplo, acreditava que a umidade é o fator verdadeiramente ativo e por isso usou-a como base para identificar a maioria de seus principais tipos climática, exceto para as três zonas de frio nas quais ele analisou que a temperatura era o fator realmente ativo ou crítico. O autor não via a vegetação como um instrumento de integração dos elementos climáticos, mas sim com apenas um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera. De maneira que ele definia um tipo de clima como seco ou úmido relacionado às necessidades hídricas da vegetação (Rolim et al., 2007). Como a evapotranspiração potencial é estimada somente através da temperatura por conta da dificuldade em se obter informações de outros elementos climáticos, o método do autor acaba não trazendo melhorias

significativas quando comparado com Köppen, no entanto, se torna mais complexo e de mais difícil entendimento.

Köppen, por outro lado, raciocinou que as temperaturas dos meses mais frios e quentes são os Fatores Verdadeiramente Ativos e por isso ele usou determinados valores críticos para estes dois períodos, a fim de identificar suas zonas climáticas principais. Para os climas áridos, contudo, Köppen supôs que a eficácia da precipitação seria o fator verdadeiramente ativo e, por isso, ele a empregou para reconhecer este tipo particular de clima. Burgos (1958) concluiu que classificações descritivas como a de Köppen trazem informações mais adaptadas aos estudos geográficos e climatológicos, enquanto a de Thornthwaite mais informações para estudos agrometeorológicos, pois a primeira necessita de poucos parâmetros, simplificando demais situações complexas da relação do clima com a produtividade de culturas agrícolas.

Miller seguiu os passos de Köppen em relação à temperatura como o Fator Verdadeiramente Ativo, mas sua avaliação do papel do fator temperatura foi diferente de Köppen. Para ele, a temperatura do mês mais frio é o fator realmente ativo em regiões quentes, enquanto em outras regiões a presença/ausência e duração das estações quente e fria deve ser o mais importante.

A abordagem de Strahler (Strahler e Strahler, 2005) é distintamente diferente. Para ele, o tipo ou a natureza da massa de ar dominante é o mais importante e assim a massa de ar sobre uma determinada área deve ser considerada como o fator verdadeiramente ativo no que diz respeito ao tempo e clima em questão. É uma abordagem amplamente utilizada, principalmente em países que falam inglês, mas é de ressaltar que nas últimas edições dos livros dos Strahler's uma série de textos ainda usam a classificação de Köppen (Strahler e Strahler, 2005)

Quando consideramos o ponto de exatidão no qual as regiões climáticas podem ser identificadas e os seus limites estabelecidos, encontramos diferenças visíveis entre os sistemas considerados. A exatidão desejada pode ser alcançada quando um valor numérico ou crítico é dado. Isto é fornecido tanto pelos sistemas de classificação de Köppen quanto de Thornthwaite. No caso do sistema de Miller, essa condição só se aplica as grandes zonas climáticas, cujos limites puderam ser localizados de acordo com os valores críticos ou numéricos fornecidos. A dificuldade com o sistema de Miller surge quando se tenta subdividir os principais tipos climáticos. Aqui, a divisão é muito arbitrária, uma vez que não se pode determinar com precisão os limites entre os climas continentais e marítimos sugeridos. Miller também não conseguiu apresentar um meio pelo qual os limites das porções ocidentais dos continentes e os climas das porções orientais pudessem ser localizados com precisão.

O sistema de Strahler falha ao utilizar de médias exatas para localizar os limites climáticos. Esta limitação aplica-se aos principais tipos climáticos, bem como para os subtipos. Isto é devido ao fato de que todo o sistema é baseado em massas de ar cujas extensões reais dificilmente podem ser delimitadas.

No entanto, apesar do fato de Köppen, Thornthwaite e até certo ponto Miller ter nos fornecido valores numéricos ou críticos para os diversos limites que nos permitem determinar o tipo climático de qualquer estação de acordo com o respectivo sistema, cada um tem todo o direito de duvidar da veracidade ou a aplicabilidade geral destes valores críticos, sobretudo pelo fato de que os valores numéricos são governados por muitos fatores, tais como a escolha das variáveis e a disponibilidade de dados.

Um exemplo disto é o caso da evapotranspiração potencial de Thornthwaite. Vários pesquisadores nesta área (ex., Chang, 1959) acreditam que a evapotranspiração potencial é determinada por fatores como a radiação solar, temperatura do ar, umidade e velocidade do vento. Thornthwaite, no entanto, exprime a evapotranspiração potencial como uma função principal da temperatura média mensal do ar. Se alguns ou todos os demais fatores fossem levados em consideração, seria obtida uma formulação muito diferente.

A mesma crítica aplica-se o sistema de Köppen. Por exemplo, em sua fórmula de eficiência de precipitação, ele combina a precipitação e a temperatura, sob a forma de:

$$8r / (5t + 120),$$

onde r é a precipitação e t a temperatura. Aqui ele ignora todos os outros fatores climáticos e coloca três constantes que poderiam ser substituídas por quaisquer outros valores caso fosse utilizadas mais variáveis nos cálculos preliminares.

Uma consequência direta na utilização de diferentes variáveis é que a extensão da área de qualquer tipo climático tende a variar com os diferentes sistemas. Os climas áridos são um bom exemplo. Os climas áridos de Köppen, Thornthwaite e os outros são praticamente idênticos.

Na medida em que a causa do clima é abordada, o sistema de Strahler está à frente de todos os outros, pois é o único que pode ser considerado como uma classificação genética. Além desta característica, o sistema de Strahler é também muito mais simples e mais fácil de ser entendido que os outros.

Por fim, apesar das limitações é preciso estar claro que todos os sistemas considerados podem ser usados para fornecer um mapa generalizado dos climas do mundo, mesmo sabendo que em escalas regional e micro os limites são diferentes.

Considerações finais

Em conclusão, pode-se afirmar que é realmente difícil encontrar uma classificação climática que possa ser considerada satisfatória. Cada classificação tem seus méritos próprios, limitações e falhas, e por isso quando forem aplicadas é preciso levar em plena consideração as várias limitações. Este último aspecto levou alguns dos climatologistas recentes e contemporâneas a sugerir algumas mudanças ou modificações nos sistemas existentes. Alguns outros estão trabalhando no sentido de uma classificação mais satisfatória que deve levar em consideração todos os pontos fracos e as limitações dos sistemas clássicos de classificação. Até que esses sistemas estejam

formulados, não temos escolha a não ser usar os sistemas disponíveis, mas tendo em mente as suas limitações.

Referências

- Brooks, C.E.P.C. 1948. Classification of Climate. *Meteorological Magazine*. 77, 97-101.
- Burgos, J.J. 1958. Agroclimatic classifications and representations: report of the applications value of climatic and agroclimatic classification for agricultural purposes. Varsovia: WMO, Commission for Agricultural Meteorology. 1958 (CagM II/Doc.18).
- Carter, D.B. 1967. Farewell to the Köppen classification of climates. IN: *Annals of the Association of American Geographers*. 57, 784.
- Chang, J. 1959. An evaluation of the 1978 Thornthwaite classification. In: *Annals of the Association of American Geographers*. 49, 24-30.
- El Tom, M.A. 2003. Climatic Classification: An review. *Arts Magazine*, 21, 29-39.
- Köppen, W. 1936. Das geographische System der Klimate. Gebr. Borntraeger, 1-44.
- Lohmann, U.; Sausen, R.; Bengtsson, L.; Cubasch, U.; Perlwitz, J.; Roeckner, E. 1993. The Köppen climate classification as a diagnostic tool for general circulation models, *Clim. Res.*, 3, 177-193,
- McMahon, T.A.; Finlayson, B.L.; Haines, A.T.; Srikanthan, R. 1992. *Global Runoff - Continental Comparisons of Annual Flows and Peak Discharges*, Catena Verlag, Cremlingen, 166p.
- Miller, A. 1931. *Climatology*. Methuen & Co. LTDA. Londres. 304p.
- Peel, M.C.; McMahon, T.A.; Finlayson, B.L. 2004. Continental differences in the variability of annual runoff – update and reassessment. *J. Hydrol.*, 295, 185–197.
- PELL, M.C.; Finlayson, B.L.; McMahon, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633-1644.
- Rolim, G.S.; Camargo, M.B.P; Lania, D.G.; Moraes, J.F.L. 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, 66, 711-720.
- Strahler, A.H.; Strahler, A.N. 2005. *Physical Geography: Science and systems of the Human Environment*. Wiley, New York, 794p.
- Thornthwaite, C.W. 1948. Problems in the classification of climates, *Geogr. Rev.*, 33, 233-255.
- Trewartha, G.T. 1968. *An introduction to climate*. McGraw-Hill. 402p.
- Varejão-Silva, M.A. 2006. *Meteorologia e Climatologia*. Versão Digital 2. Recife, Pernambuco, 463p.