

Classificação climática do Estado do Espírito Santo segundo as zonas de vida de Holdridge

Climate classification of the state of Espírito Santo, Brazil, according to Holdridge's life zones

Maurício Shoji Seki¹, Alexandre França Tetto², Andressa Tres³, Renann de Silos Vieira⁴

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi enquadrar o Estado do Espírito Santo no modelo de Holdridge, comparando-o com o sistema de Köppen e a distribuição fitogeográfica. Com as médias municipais de biotemperatura, precipitação, relação de evapotranspiração potencial, altitude e latitude, determinaram-se as zonas de vida de cada um dos 78 municípios do Estado. Obtiveram-se dados a partir de bases cartográficas oficiais e registros de no mínimo 25 anos coletados em estações meteorológicas e postos pluviométricos. Processaram-se as informações com programa FoxPro e o enquadramento das classes climáticas se fez por intermédio de diagramas. Os resultados revelaram seis zonas de vidas: floresta úmida/seca subtropical basal (52%), floresta úmida subtropical basal (25%), floresta úmida/seca tropical premontana (13%), floresta seca/úmida subtropical basal (7%), floresta úmida subtropical montana baixa (3%) e floresta úmida tropical premontana (1%). Três zonas de vida se correlacionaram significativamente com três tipos climáticos de Köppen, sendo que o fator relevo foi o principal causador da recorrência espacial. A fitogeografia não se correlacionou significativamente com a classificação do sistema de Holdridge, porém seriam necessárias mais pesquisas para robustecer esta constatação.

Palavras-chave: Clima. Correlação. Fitogeografia. Köppen. Vegetação.

ABSTRACT: The Brazilian state of Espírito Santo is framed within Holdridge's model, comparing it with Köppen's system and phytogeographic distribution. Municipal averages of bio-temperature, rainfall, potential evaporation-transpiration ratio, altitude and latitude determined the life zones of its 78 municipalities. Data were obtained from official cartographic databases and records of at least 25 years were collected at weather and rainfall stations. Information by FoxPro program was processed and the framing of climatic classes was made through diagrams. Results revealed six vital areas: basal subtropical humid forest/drought (52%), basal subtropical wet forest (25%), pre-mountain tropical wet/dry forest (13%), basal subtropical dry/humid forest (7%), low mountain subtropical rainforest (3%) and pre-mountain tropical rainforest (1%). Three life zones were significantly correlated with three climatic types classified by Köppen, whilst relief factor was the main cause of spatial recurrence. Since phytogeography failed to correlate significantly with Holdridge's system classification, further research is required.

Keywords: Climate. Correlation. Phytogeography. Köppen. Vegetation.

Autor correspondente:

Maurício Shoji Seki: mssflorestal@gmail.com

Recebido em: 10/12/2019

Aceito em: 22/12/2020

¹ Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), Brasil.

² Professor doutor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), Brasil.

³ Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba (PR), Brasil.

⁴ Biólogo, Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba (PR), Brasil.

INTRODUÇÃO

O clima caracteriza-se pela variação de elementos meteorológicos (SOARES; BATISTA, 2015) e, sob escalas temporal e regional, exerce influência nos ecossistemas, por exemplo condicionando a distribuição das espécies vegetais (NOGUEIRA; KUNIYOSHI; SOARES, 1987).

Existe estreita relação de influência entre a fitogeografia e o clima, de acordo com Bergamin (2017). O pesquisador afirmou que variações climáticas afetam a ocorrência das espécies e a estrutura de fitofisionomias. Por outro lado, a vegetação também atua como fator climático e influencia elementos meteorológicos, como a temperatura (TORRES; MACHADO, 2008).

Desde os primórdios da evolução terrestre, o clima exerce influência sobre o reino vegetal (FERREIRA *et al.*, 2019), inclusive na fitogeografia. A espacialização das fitofisionomias está diretamente ligada às condições climáticas (ALVES *et al.*, 2019) e geomorfológicas (VELAZCO *et al.*, 2015).

Métodos para classificar o clima têm sido criados desde 1840 (ELOI, 2001), sendo que um dos mais utilizados mundialmente é o modelo de Köppen-Geiger (MASTELLA *et al.*, 2019), ou simplesmente Köppen. Este relacionou a temperatura e a precipitação pluvial associadas à fitogeografia, partindo de critérios numéricos e levando em conta a sazonalidade (ROLIM *et al.*, 2007). O sistema de classificação é satisfatório para abordagens gerais no planeta (ALVES *et al.*, 2019), mas vem sendo considerado insatisfatório para situações específicas em diferentes áreas de pesquisa, como agronomia, silvicultura e ecologia (ELOI, 2001).

Nessa concepção destaca-se a aplicabilidade da classificação bioclimática de Holdridge, pois ela associa formações vegetais com a biotemperatura, a precipitação, a taxa de evapotranspiração e os gradientes latitudinal e altitudinal (TRES *et al.*, 2016). As classes do sistema foram chamadas de zonas de vida e abrangeram aspectos ecológicos, climáticos e geográficos (HOLDRIDGE, 2000). Um zoneamento ecológico-climático pode contribuir ao conjunto de interesses socioeconômicos, científicos e ambientais (MILANO; BRASSIOLO; SOARES, 1987) dos municípios e Estado do Brasil.

Embora seja o quinto menor Estado brasileiro (JESUS, 2019), o Espírito Santo apresenta variabilidade climática expressiva e potencial agroclimático diversificado (FEITOZA, 1979). A variedade dos ambientes espírito-santenses favorece a diversificação agrícola (RODY *et al.*, 2010) e, analogamente em épocas pretéritas, favorecera a diversidade dos ecossistemas e a exuberância das florestas num território relativamente pequeno (GARBIN *et al.*, 2017).

O Espírito Santo encontra-se integralmente nos domínios do bioma Mata Atlântica (IBGE, 2008; SEKI; MUZZOLON-JÚNIOR; VIEIRA, 2019), todavia, ponderando menor escala, é oportuno mencionar a existência de diminutos relíquitos de Savana (VELOSO;

GÓES-FILHO, 1982). Garbin *et al.* (2017) afirmaram a insuficiência de pesquisas acuradas e consistentes acerca da fitogeografia do Estado. Os referidos autores se basearam no mapa de vegetação do Brasil (IBGE, 2004) e no projeto RADAMBRASIL (VELOSO; GÓES-FILHO, 1982) para descrever as unidades fitogeográficas espírito-santenses.

Face ao exposto, o objetivo do trabalho foi classificar os municípios do Espírito Santo segundo o sistema de classificação bioclimática de Holdridge. As hipóteses norteadoras foram: (i) existe correlação entre as classificações das zonas de vida e dos tipos climáticos de Köppen; (ii) existe correlação entre as classificações das zonas de vida e da vegetação natural.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O Estado do Espírito Santo está situado dentre as coordenadas 17°52' e 21°17' de latitude Sul e 41°54' e 39°38' de longitude Oeste. Possui território de aproximadamente 46 mil km² (IBGE, 2020), que é abrangido pelas zonas climáticas A e C de Köppen (RODY *et al.*, 2010). As médias municipais de precipitação e de altitude variam de 1.078 a 1.377 mm anuais e de 16 a 1.145 m sobre o nível do mar (s.n.m.), respectivamente (ALVARES *et al.*, 2013).

Concordante ao mapa de vegetação do Brasil (IBGE, 2004), no Espírito Santo ocorrem cinco tipologias do bioma Mata Atlântica: (i) floresta ombrófila densa; (ii) floresta estacional semidecidual; (iii) vegetação ombrófila aberta; (iv) vegetação com influência fluviomarinha; (v) refúgios vegetacionais; além das superfícies de massa d'água costeira. Essas unidades fitogeográficas do Estado foram descritas no trabalho de Garbin *et al.* (2017).

Na Figura 1 está ilustrada a caracterização dos municípios espírito-santenses, com ressalva para a altimetria, clima e vegetação.

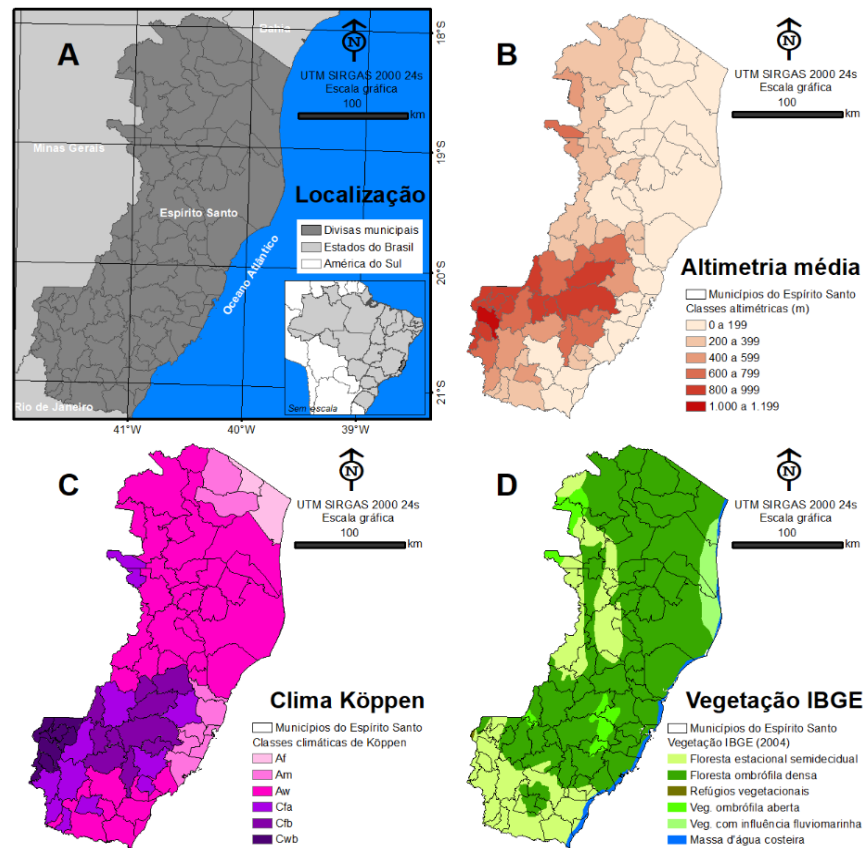


Figura 1. Caracterização dos municípios do Espírito Santo - (A) localização geral; (B) médias municipais de altimetria; (C) classificação climática de Köppen; (D) adaptação do mapa de vegetação do Brasil. Fonte: IBGE (2004) e Alvares *et al.* (2013), elaborada pelos autores (2019).

Basicamente, a topografia do Espírito Santo é formada por áreas planas no litoral e montanhosas no interior (CASTRO, 2008). O clima sofre influência marcante do relevo (exposição das serras e gradiente altimétrico) (CASTRO *et al.*, 2010) e da proximidade com o oceano (SILVA *et al.*, 2011).

O relevo espírito-santense é bastante variado, podendo ser encontradas desde planícies litorâneas a escarpas declivosas (SIQUEIRA *et al.*, 2004). Na porção Sul/Sudoeste do Estado verifica-se uma região serrana (SILVA *et al.*, 2011), onde se salientam as serras do Valentim, do Castelo, da Chibata, do Palmital e do Chaparaó (IBGE, 2012).

2.1 BASE DE DADOS

Obtiveram-se os dados meteorológicos através do estudo realizado por Alvares *et al.* (2013). Esses autores classificaram o clima do Brasil conforme o sistema de Köppen, a partir da temperatura e precipitação registradas em 2.950 estações meteorológicas e 2.400 postos pluviométricos, dentre os anos de 1950 e 1990. As fontes foram o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/ONU).

O conjunto de dados foi extrapolado para todos os municípios brasileiros, baseando-se em estimativas geoestatísticas (ALVARES *et al.*, 2013). A base extrapolada foi processada em Sistema de Informações Geográficas (SIG), que passou por modelagem multivariada.

Os dados meteorológicos dos 78 municípios do Espírito Santo foram extraídos da base nacional e subsidiaram os cálculos de biotemperatura média mensal, necessária para determinar as zonas de vida de Holdridge.

A base de dados também continha a média altimétrica e a classificação de Köppen para cada município espírito-santense. Os valores de altitude, temperatura e precipitação representaram as médias dos pixels (com área de 1 ha) dentro dos perímetros municipais.

Os dados meteorológicos de Alvares *et al.* (2013) foram comparados com os de outras pesquisas que envolveram aspectos climáticos do Espírito Santo, a fim de verificar possíveis discrepâncias nos valores médios.

2.2 PROCESSAMENTO

Replicou-se metodologia de Tres *et al.* (2016) para determinar a biotemperatura (Tbio), a relação de evapotranspiração potencial (Retp) e as zonas de vida.

A Tbio consiste no intervalo de temperatura no qual ocorre efetivo crescimento das plantas, isto é, de 0 a 24 °C (HOLDRIDGE, 2000). Foram desconsiderados os valores inferiores a esse intervalo e corrigidos aqueles que o ultrapassaram. Empregaram-se as seguintes equações (SOARES; BATISTA, 2015):

- Equação 1: $T_{cor} = T - \left[\frac{31}{100} \times (T - 24)^2 \right]$
- Equação 2: $T_{bio} = \frac{\sum_{l=1}^{12} T_{cor>0} \text{ } ^\circ\text{C}}{12}$
 - Tcor = biotemperatura do mês corrigida (°C)
 - T = temperatura média mensal (°C)
 - l = latitude (graus decimais)
 - Tbio = biotemperatura média anual (°C)

A Retp foi calculada por intermédio das seguintes equações (SOARES; BATISTA, 2015):

- Equação 3: $ETP = 58,93 \times T_{bio}$
- Equação 4: $Retp = \frac{ETP}{Pp}$
 - Retp = relação de evapotranspiração potencial (adimensional)
 - ETP = evapotranspiração potencial anual média (mm)
 - Pp = precipitação média mensal (mm)

Os dados dos 78 municípios espírito-santenses foram imputados nos diagramas das zonas de vida e dos pisos altitudinais (SOARES; BATISTA, 2015)

Figura 2): (A) no diagrama das zonas de vida, cada hexágono possui um núcleo correspondente a uma zona e seis triângulos adjacentes, que correspondem às transições. Na horizontal está a T_{bio} , compreendida de 0 a 30 °C, e nas diagonais estão a precipitação anual média e a relação de evapotranspiração potencial. Os valores referentes aos três eixos foram cruzados para definir a classificação; (B) no diagrama de pisos altitudinais, as regiões latitudinais e a T_{cor} estão na horizontal, a cota altimétrica está na vertical e a T_{bio} na diagonal. O cruzamento das informações e valores definiu a classificação. A zona de vida correta de um ponto elevado pode ser determinada por intermédio da sua T_{bio} corrigida para o nível do mar, que é calculada de acordo com o gradiente adiabático médio de 0,6 °C/100 m (HOLDRIDGE, 2000).

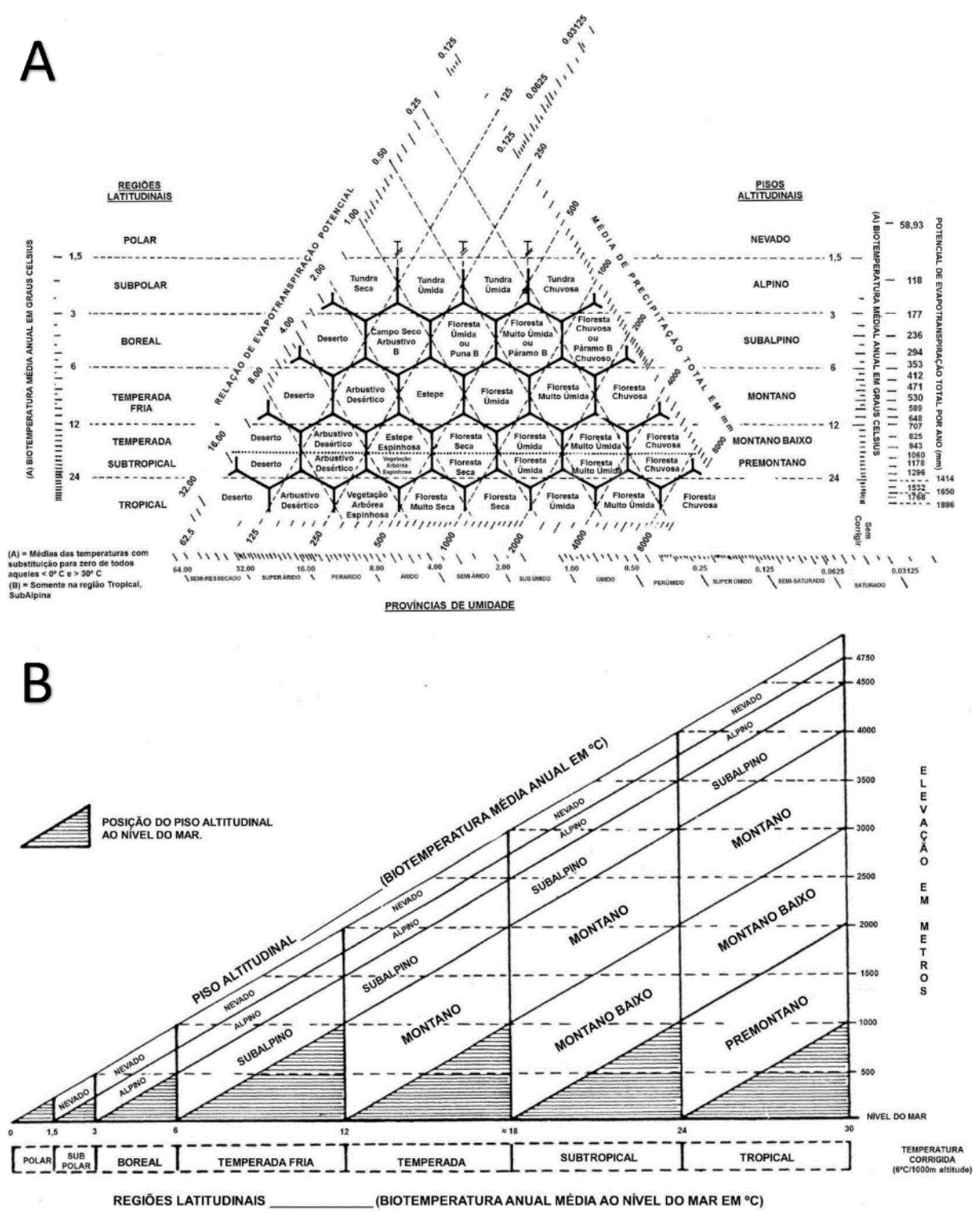


Figura 2. Método do sistema de Holdridge - (A) diagrama das zonas de vida; (B) diagrama dos pisos altitudinais. Fonte: Soares e Batista (2015), adaptada pelos autores (2019).

Os cálculos de biotemperatura, precipitação e evapotranspiração, assim como a classificação de Holdridge, foram processados através do programa FoxPro.

A Figura 3 ilustra o fluxograma do procedimento metodológico.

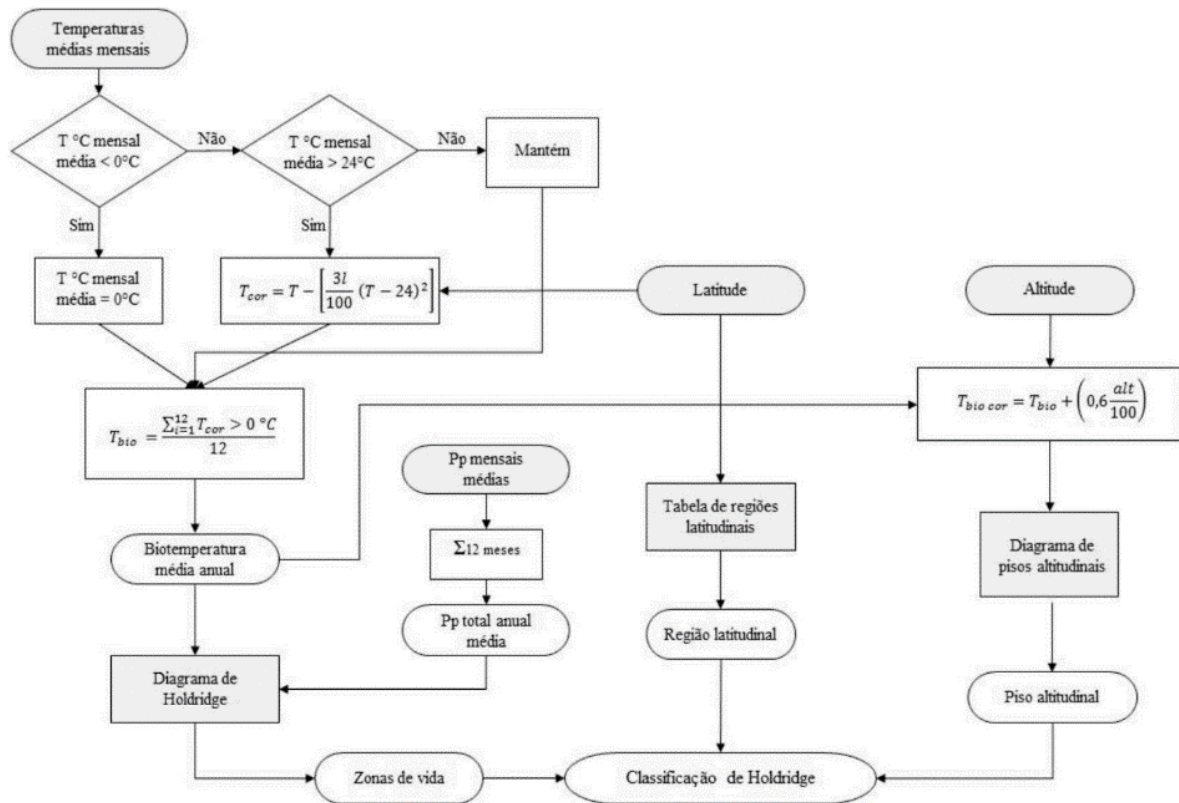


Figura 3. Fluxograma do procedimento metodológico executado para determinação das zonas de vida de Holdridge. Fonte: Valério *et al.* (2018), adaptada pelos autores (2019).

Uma vez mapeadas as zonas de vida, estas foram comparadas com o mapeamento dos tipos climáticos de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013) e da vegetação (IBGE, 2004). A comparação foi realizada por meio de matrizes de confusão elaboradas no programa ArcGIS, com a ferramenta *Zonal Histogram*. Quantificou-se a área de sobreposição das classes climáticas e vegetacionais, resultando percentuais de recorrência espacial.

2.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Para analisar estatisticamente a recorrência espacial, elaboraram-se matrizes de correlação bivariada pelo método não paramétrico de Spearman (FIELD, 2009). Foi utilizado o programa SPSS *Statistics* e a linguagem de programação estatística R (R CORE TEAM, 2020), junto com os pacotes *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2019) e *ggpubr* (KASSAMBARA, 2020). O tamanho do efeito (ou força da relação) e o valor da significância foram baseados nos critérios descritos por Cohen (1988) e Field (2009), respectivamente.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Embora os dados utilizados no presente trabalho tenham sido obtidos em escala nacional, os valores não foram discrepantes em nível estadual. Na Tabela 1 é apresentada uma comparação com outros trabalhos que envolveram aspectos do clima no Espírito Santo.

Tabela 1. Comparação dos dados utilizados para classificação climática de Holdridge

Parâmetro	Alvares <i>et al.</i> (2013)	Rody <i>et al.</i> (2010)	Silva <i>et al.</i> (2011)	Castro (2008)	Uliana <i>et al.</i> (2013)	Saraiva, Bonomo e Souza (2017)
Precipitação anual média (mm)	1.245	1.270	1.257	-	1.079	-
Temperatura anual média (°C)	21 *	22	-	23	-	-
Evapotranspiração potencial anual média	1.255 *	1.251	-	-	-	-
Altitude média (m)	371	402	-	-	-	312

* Calculada a partir da Tbio.

Fonte: Os autores (2019)

Foram determinadas seis zonas de vida no território espírito-santense: (i) floresta úmida/seca subtropical basal, 24.070 km² - 52%; (ii) floresta úmida subtropical basal, 11.372 km² - 24%; (iii) floresta úmida/floresta seca tropical premontano, 5.897 km² - 13%; (iv) floresta seca/floresta úmida subtropical basal, 3.078 km² - 7%; (v) floresta úmida subtropical montana baixa, 1.307 km² - 3%; (vi) floresta úmida tropical premontano, 550 km² - 1%.

As zonas de vida remeteram às regiões latitudinais subtropical em 39.827 km² (86%) e tropical nos outros 6.447 km² (14%). A ampla prevalência da primeira região latitudinal pode ser explicada pela geografia do Espírito Santo, cujo território é relativamente pouco extenso (FEITOZA, 1979; JESUS, 2019) e apresenta gradiente de latitude inferior a quatro graus.

No que tange à altitude média, 38.520 km² foram enquadrados como basal (83%), 6.447 km² como premontana (14%) e 1.307 km² como montana baixa (3%). Essa distribuição seria um reflexo da variação altimétrica do Estado, cujas cotas variam do nível do mar até regiões serranas que chegam a 2.892 m s.n.m. (ICMBIO, 2020).

A biotemperatura média anual variou de 22 a 25 °C e a relação de evapotranspiração potencial de 0,77 a 1,24. Os maiores valores desses elementos meteorológicos (o segundo depende do primeiro) se concentraram nas porções Norte e costeira do Estado, justamente onde foram constatadas as menores altitudes. Nas mesmas regiões, Castro *et al.* (2010) encontraram valores elevados para deficiência hídrica e temperatura. De fato, o relevo exerce papel fundamental na espacialização da temperatura (CASTRO, 2008), sobretudo no que se refere à variação altimétrica.

A Figura 4 ilustra as zonas de vida dos 78 municípios espírito-santenses, assim como as médias anuais da relação de evapotranspiração e biotemperatura.

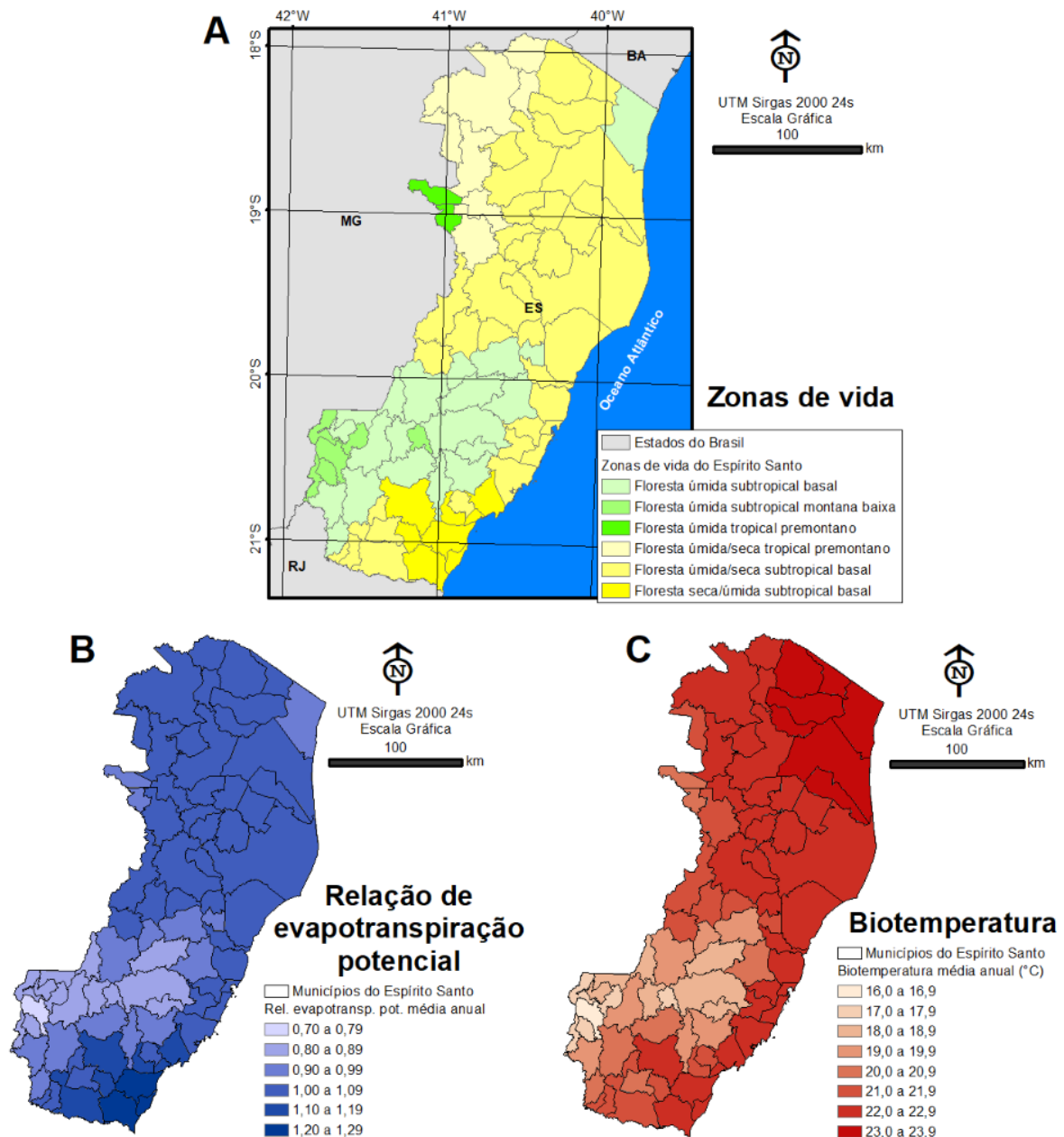


Figura 4. Resultados da classificação climática de Holdridge - (A) zonas de vida; (B) relação de evapotranspiração potencial média anual; (C) biotemperatura média anual. Fonte: Os autores (2019).

Em termos de abrangência territorial, houve predominância em extensão das zonas de vida de transição (3) sobre as não transitivas (3), com seus respectivos 33,1 e 13,2 mil km² (71 e 29%).

Os sítios transitórios se concentraram nas porções Centro-Norte e costeira do Estado, sendo 30,0 mil km² (65%) de floresta úmida/seca e 3,1 mil km² (7%) de floresta seca/úmida. A variedade de ambientes do Espírito Santo, afirmada por Rody *et al.* (2010), pode implicar na variabilidade dos fatores climáticos e, conseqüentemente, causaria a transitividade revelada pelas zonas de vida.

Ademais, inferiu-se que o Estado está numa zona transitória entre feições de floresta seca e floresta úmida, respectivamente referentes à região Nordeste e ao restante do país. No mapa da classificação de Holdridge do Brasil (TRES, 2016), verificou-se que os Estados nordestinos se diferenciaram do contexto nacional e zonas de vida de transição foram configuradas no entorno, principalmente no Espírito Santo, Minas Gerais e Tocantins.

Dentre as zonas de vida não transitórias, constatou-se a ocorrência de floresta úmida no Espírito Santo. Essa classe abrangeu 13,2 mil km² (29%) e ficou concentrada na porção Sudoeste do Estado. Haja vista que a fitogeografia estadual é integralmente representada pelo bioma Mata Atlântica (SEKI; MUZZOLON-JÚNIOR; VIEIRA, 2019), com dominância de formações ombrófilas (72%), justifica-se a classificação de Holdridge em razão das características da vegetação.

Enquanto o Espírito Santo (46 mil km²) apresentou 6 zonas de vida, outros Estados brasileiros tiveram as seguintes quantidades:

- Paraná (199 mil km²) - 7 zonas de vida (MILANO; BRASSIOLO; SOARES, 1987);
- Santa Catarina (96 mil km²) - 4 zonas de vida (NOGUEIRA; KUNIYOSHI; SOARES, 1987);
- Minas Gerais (587 mil km²) - 9 zonas de vida (FERREIRA *et al.*, 2019);
- Mato Grosso (903 mil km²) - 9 zonas de vida (TRES *et al.*, 2016);
- Rio Grande do Sul (282 mil km²) - 8 zonas de vida (VALÉRIO *et al.*, 2018);
- Amazonas (1.559 mil km²) - 5 zonas de vida (ALVES *et al.*, 2019);
- Minas Gerais (587 mil km²) - 9 zonas de vida (FERREIRA *et al.*, 2019);
- Goiás/Distrito Federal (346 mil km²) - 2 zonas de vida (MASTELLA *et al.*, 2019);
- Mato Grosso do Sul (357 mil km²) - 3 zonas de vida (IVASKO-JÚNIOR *et al.*, 2020).

Dos Estados citados, o Espírito Santo é o menor em extensão territorial, mas nem por isso apresentou a menor quantidade de zonas de vida. A explicação estaria na variabilidade climática do Estado (FEITOZA, 1979), decorrente da associação de fatores como topografia, exposição das encostas condicionadoras de chuvas orográficas e maritimidade/continentalidade (SILVA *et al.*, 2011).

Numa escala mais abrangente, 46 zonas de vida parciais foram encontradas no Brasil (TRES, 2016), das quais destacaram-se: floresta úmida (60%), floresta úmida/muito úmida (11%) e floresta seca (8%); elas reuniram quase 79% do total. Referente aos parâmetros geográficos, o território brasileiro se enquadrou em três regiões latitudinais: tropical (65%), subtropical (31%) e temperada (4%); além de três pisos altitudinais: basal (89%), premontano

(9%) e montano baixo (2%). A região Sudeste, onde se localiza o Espírito Santo, configurou dez zonas de vida, sendo que as prevalências ficaram por conta do piso altitudinal basal (96%), floresta úmida (64%) e floresta úmida/seca (18%).

Exceto pela predominância do piso altitudinal basal, o Espírito Santo não seguiu as propensões nacional e político-regional. A explicação seria a prevalência das zonas de vida de transição (já discutida), que foram menos representativas no restante do país. Rody *et al.* (2010) pesquisaram sítios ambientais homogêneos no Estado e identificaram extensa região de transição na porção Centro-Norte, abrangendo mais que a metade do território.

3.1 HOLDRIDGE X KÖPPEN

As classificações de Holdridge e Köppen foram comparadas no Estado do Espírito Santo, em termos de área territorial (Tabela 2). Os sistemas revelaram a mesma quantidade de classes, seis cada, o que supostamente poderia indicar alguma relação entre eles.

Tabela 2. Análise comparativa das classificações climáticas de Holdridge e Köppen

Zonas de vida	Classificação de Köppen											
	Af		Am		Aw		Cfa		Cfb		Cwb	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Fl. úmida subtropical basal	1.196	73	-	-	201	1	4.500	78	5.048	96	427	28
Fl. úmida subtropical montana baixa	-	-	-	-	-	-	-	-	188	4	1.119	72
Fl. úmida tropical premontana	-	-	-	-	-	-	550	10	-	-	-	-
Fl. úmida/seca subtropical basal	435	27	4.409	100	18.504	67	722	13	-	-	-	-
Fl. úmida/seca tropical premontana	-	-	-	-	5.897	21	-	-	-	-	-	-
Fl. seca/úmida subtropical basal	-	-	-	-	3.078	11	-	-	-	-	-	-
Total	1.631	100	4.409	100	27.680	100	5.772	100	5.236	100	1.546	100

Fonte: Os autores (2019)

Através da análise da matriz de correlação de Spearman entre os sistemas de Holdridge e Köppen, verificaram-se três casos com tamanho do efeito considerado alto ($r \geq 0,5$) e estatisticamente significativo ($p < 0,05$):

- i. Caso 1 - floresta úmida subtropical basal com o tipo Aw, coeficiente de correlação (r) = -0,51 e $p < 0,01$. As classes climáticas se correlacionaram inversamente, perfazendo uma função com tendência monotônica decrescente.

- ii. Caso 2 - floresta úmida subtropical basal com o tipo Cfb, $r = 0,58$ e $p < 0,01$. As classes tiveram correlação direta, perfazendo uma função com tendência monotônica crescente.
- iii. Caso 3 - floresta úmida subtropical montana baixa com o tipo Cwb, $r = 0,71$ e $p < 0,01$. As classes tiveram correlação direta, perfazendo uma função com tendência monotônica crescente.

Cabe explicar o motivo pelo qual relações aparentemente expressivas (porcentagem elevadas) não foram estatisticamente apontadas como correlações fortes. Basicamente, o método de Spearman correlaciona a ordenação de postos das variáveis e leva em conta a existência de relação monotônica de dependência, seja em função direta ou inversa (SPEARMAN, 1904; FIELD, 2009).

Avaliando as características do Espírito Santo, foram verificadas diferenças entre as áreas da floresta úmida subtropical basal e do tipo Aw (caso 1 - correlação negativa). Este último é caracterizado como clima tropical (ALVARES *et al.*, 2013) e praticamente não ocorreu nas regiões de maior altitude e de menores temperatura e déficit hídrico (CASTRO *et al.*, 2010); a zona de vida se concentrou nelas. O relevo com seu gradiente altimétrico teria sido o principal fator de discernimento, interagindo com outros fatores climáticos e interferindo decisivamente nos elementos meteorológicos (CASTRO, 2008). Na mesma linha de raciocínio, Rody *et al.* (2010) afirmaram que a topografia foi decisiva na diferenciação de sítios ambientais do Estado.

No que tange à recorrência espacial da floresta úmida subtropical basal e do tipo Cfb (caso 2 - correlação direta), a causa também pôde ser atribuída aos aspectos do relevo e sua influência nos elementos climáticos. A classe de Köppen é caracterizada como clima temperado ou subtropical (ALVARES *et al.*, 2013) e sua ocorrência se fez junto às regiões das serras do Valentim, do Castelo e da Chibata, situadas na porção Sudoeste do Espírito Santo (IBGE, 2012). Trata-se de uma região serrana, onde a altitude foi descrita como um influente controlador das temperaturas, impondo-se ao fator latitude (ULIANA *et al.*, 2013). Ainda, a conformação topográfica afeta a distribuição das chuvas, ocasionando a sombra pluviométrica (SILVA *et al.*, 2011), e a concentração das massas de ar, provocando variação da evapotranspiração de referência (SARAIVA; BONOMO; SOUZA, 2017).

A floresta úmida subtropical montana baixa e o tipo Cwb revelaram o maior tamanho do efeito (caso 3 - correlação direta), que pode ser explicada por uma característica peculiar do relevo. A recorrência espacial se fez junto às serras do Palmital e do Chaparaó (IBGE, 2012), sendo que esta última abriga o pico da Bandeira, terceiro ponto mais alto do país com 2.892 m s.n.m. (ICMBIO, 2020). A classe de Köppen é caracterizada como clima subtropical de altitude (ALVARES *et al.*, 2013). Essa região apresentou as maiores declividades médias do Estado,

em razão dos topos de morros (RODY *et al.*, 2010). Novamente ressaltou-se a influência topográfica sobre os elementos climáticos.

Portanto, inferiu-se que as correlações significativas entre os sistemas de Köppen e Holdridge foram ocasionadas por características específicas do relevo na região Sudoeste do Estado. Na relação foi determinante a influência da topografia sobre os elementos meteorológicos.

3.2 HOLDRIDGE X MAPA DE VEGETAÇÃO

A classificação de Holdridge foi comparada com a fitogeografia do Espírito Santo, em termos de área territorial (Tabela 3).

Tabela 3. Análise comparativa entre as zonas de vida de Holdridge e o mapa de vegetação (IBGE, 2004)

Zonas de vida	Fitogeografia IBGE											
	Fl. estacional semidecidual		Fl. ombrófila densa		Refúgios vegetac.		Veg. ombrófila aberta		Veg. com influência fluviomarinha		Massa d'água costeira	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Fl. úmida tropical premontana	416	4	20	0	-	-	143	8	-	-	-	-
Fl. úmida subtropical basal	1.908	18	8.268	26	-	-	916	54	191	13	96	11
Fl. úmida subtropical montana baixa	823	8	482	2	33	100	-	-	-	-	-	-
Fl. úmida/seca tropical premontana	1.517	14	3.743	12	-	-	638	37	-	-	-	-
Fl. úmida/seca subtropical basal	4.111	38	18.123	58	-	-	12	1	1.259	87	478	56
Fl. seca/úmida subtropical basal	1.980	18	846	3	-	-	-	-	-	-	272	32
Total	10.754	100	31.481	100	33	100	1.709	100	1.450	100	846	100

Fonte: Os autores (2019)

Com exceção das prevalências gerais de fitofisionomias ombrófilas e zonas de vida relativas a florestas úmidas, a fitogeografia do Espírito Santo (IBGE, 2004) não apresentou equivalências efetivas com o sistema de Holdridge.

Todas as zonas de vida tiveram suas ocorrências concentradas na floresta ombrófila densa e/ou floresta estacional semidecidual, que se mostraram as duas fitofisionomias dominantes em extensão territorial. Não ocorreu propensão de equivalência das demais unidades fitogeográficas, cujas áreas de abrangência foram menores.

Essa constatação pôde ser confirmada pela análise da matriz de correlação de Spearman. Não foram apontadas correlações com significância estatística e tamanho do efeito considerável.

Mesmo no caso dos refúgios vegetacionais, classe que afigurou 100% de correspondência com floresta úmida subtropical montana baixa, a correlação não foi

estatisticamente atestada. O motivo seria a ausência de uma relação monotônica de dependência (SPEARMAN, 1904; FIELD, 2009), explanada anteriormente.

As outras classes do mapa de vegetação, abstraindo massa d'água costeira, se distribuíram sem qualquer tendência de correlação com as zonas de vida do Espírito Santo.

Portanto, não foram detectadas correlações significativas das zonas de vida com a fitogeografia no Espírito Santo, considerando os materiais e métodos aplicados nesta pesquisa. A relação entre as variações fitogeográfica e bioclimática não pode ser interpretada unicamente por meio da classificação de Holdridge, pois aspectos bióticos e edáficos são importantes na espacialização das tipologias vegetacionais (ELOI, 2001). A máxima expressão fitofisionômica é dinâmica e a sucessão ecológica depende do conjunto de fatores do ambiente (WHITTAKER, 1953). Além disso, alguns botânicos e fitogeógrafos, conhecedores das paisagens do Espírito Santo, têm manifestado informalmente suas desconfianças a respeito das delimitações do mapa de vegetação do IBGE (GARBIN *et al.*, 2017). Logo, outros mapeamentos fitogeográficos requerem investigação, especialmente aqueles que tenham flexibilizado o método de análise, abrindo espaço para realidades ambientais inconstantes (SAITER *et al.*, 2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram definidas seis zonas de vida no Espírito Santo, sendo que todas envolveram florestas úmidas ou suas transições. A região latitudinal apresentou as classes subtropical e tropical. O piso altitudinal foi classificado dentre basal, premontana e montana baixa. A quantidade e a transitividade das zonas de vida refletiram a variabilidade das condições físico-geográficas do Estado (relevo associado à maritimidade/continentalidade).

Dos seis tipos climáticos de Köppen definidos no Espírito Santo, três tiveram correlação significativa com as zonas de vida de Holdridge. Todas as correlações ocorreram em regiões cujo relevo apresenta características específicas (altitudes elevadas e formações serranas), que influenciam determinantemente os elementos do clima. Os dois sistemas de classificação revelaram a mesma quantidade de classes, seis cada, e isso também pode ser relevante em termos de correlação, dada a variabilidade físico-geográfica do Estado.

A comparação da fitogeografia com a classificação de Holdridge não revelou correlações significativas. No entanto, mais investigações seriam necessárias a fim de robustecer esta afirmação, de modo que outros mapeamentos fitogeográficos precisariam ser investigados. Ademais, é preciso atentar para uma abordagem ecológica mais ampla, que envolva aspectos climáticos, edáficos e bióticos. Em novas pesquisas recomenda-se que seja investigada eventual correlação das zonas de vida com outras variáveis do ambiente, por exemplo os solos e a dinâmica da vegetação na paisagem.

5 AGRADECIMENTO

À CAPES-DS pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, R. C.; TRES, A.; SOARES, R. V.; WENDLING, W. T.; TETTO, A. F. Classificação climática para o Estado do Amazonas segundo as zonas de vida de Holdridge. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p. 1-12, 2019.
- BERGAMIN, R. S. **Variação espacial e temporal de espécies arbóreas em florestas da Mata Atlântica: perspectivas sobre o efeito de mudanças climáticas e planejamento de conservação**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências - Ênfase em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CASTRO, F. S. **Zoneamento agroclimático para a cultura do pinus no Estado do Espírito Santo**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.
- CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Zoneamento agroclimático para espécies do gênero *Pinus* no estado do Espírito Santo. **Floresta**, v. 40, n. 1, p. 235-250, 2010.
- COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioural sciences**. 2. ed. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- ELOI, C. M. A. **Enquadramento das 'zonas de vida' de Holdridge na classificação climática de Minas Gerais**. 2001. Tese (Magister Scientiae) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- FEITOZA, L. A. Estimativas das temperaturas médias mensais e anual do estado do Espírito Santo. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 9, n. 3, p. 279-291, 1979.
- FERREIRA, H. R.; TRES, A.; TETTO, A. F.; SOARES, R. V.; WENDLING, W. T.; BATISTA, A. C. Classificação climática para o Estado de Minas Gerais segundo as zonas de vida de Holdridge. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 2, p. 304-314, 2019.
- FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS**. 3. ed. London: SAGE, 2009.
- GARBIN, M. L.; SAITER, F. Z.; CARRIJO, T. T.; PEIXOTO, A. L. Breve histórico e classificação da vegetação capixaba. **Rodriguésia**, v. 68, n. 5, p. 1883-1894, 2017.
- HOLDRIDGE, L. R. **Ecología basada en zonas de vida**. San Jose: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2000.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 3. ed. Escala 1:5.000.000.

IBGE. **Mapa da área de aplicação da lei n. 11.428 de 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Escala 1:5.000.000.

IBGE. **Mapa físico do estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Escala 1:700.000.

IBGE. **Cidades e estados - Espírito Santo**, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/.html>. Acesso em: 28 set. 2020.

ICMBIO. **Parques e florestas nacionais - Parque Nacional do Chaparaó**, 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnacaparao/guia-do-visitante.html>. Acesso em: 30 set. 2020.

IVASKO-JÚNIOR, S.; TRES, A.; TETTO, A. F.; SOARES, R. V.; WENDLING, W. T.; MASTELLA, A. D. F. Classificação do Estado de Mato Grosso do Sul segundo sistema de zonas de vida de Holdridge. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 629-645, 2020.

JESUS, F. S. **Lista de estados brasileiros por extensão territorial**. 2019. Disponível em: <https://www.geografiaopinativa.com.br/2013/09/lista-de-estados-brasileiros-por.html>. Acesso em: 25 set. 2020.

KASSAMBARA, A. **Package ggpubr**: ggplot2 based publication ready plots. Versão 0.4.0. *online*: CRAN, 2020.

MASTELLA, A. D. F.; IVASKO-JÚNIOR, S.; TRES, A.; TETTO, A. F.; WENDLING, W. T.; SOARES, R. V. Classificação do Estado de Goiás e do Distrito Federal segundo o sistema de zonas de vida de Holdridge. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 443-456, 2019.

MILANO, M. S.; BRASSIOLO, M. M.; SOARES, R. V. Zoneamento ecológico experimental do Estado do Paraná segundo o sistema de zonas da vida de Holdridge. **Revista Floresta**, v. 17, n. 1/2, p. 65-72, 1987.

NOGUEIRA, A. C.; KUNIYOSHI, Y. S.; SOARES, R. V. Zonas de vida para o estado de Santa Catarina segundo a classificação das formações vegetais de Holdridge. **Revista Floresta**, v. 17, n. 12, p. 103-112, 1987.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. **Vegan**: Community Ecology Package. Versão 2.5-6. *Online*: CRAN R-project, 2019.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Versão 4.0.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2020.

RODY, Y. P.; ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; SEDIYAMA, G. C.; PEZZOPANE, J. E. M. Delimitação de sítios ambientais homogêneos no Estado do Espírito Santo, com base no relevo, solo e clima. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2493-2498, 2010.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SAITER, F. Z.; ROLIM, S. G.; JORDY-FILHO, S.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Uma revisão sobre a controversa classificação fisionômica da Floresta de Linhares, Norte do Espírito Santo. **Rodriguesia**, v. 68, n. 5, p. 1987-1999, 2017.

SARAIVA, G. S.; BONOMO, R.; SOUZA, J. M. Avaliação de interpoladores geostatísticos e determinísticos da evapotranspiração de referência diária para o estado do Espírito Santo. **Revista Agro@mbiente On-Line**, v. 11, n. 1, p. 21-30, 2017.

SEKI, M. S.; MUZZOLON-JÚNIOR, R.; VIEIRA, R. S. Impacto de empreendimento aeroportuário sobre a paisagem de restinga no município de Vitória, Estado do Espírito Santo. **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 3, p. 106-118, 2019.

SILVA, K. R.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. O. Interpolação espacial da precipitação no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 417-427, 2011.

SIQUEIRA, J. D. P.; LISBOA, R. S.; FERREIRA, A. M.; SOUZA, M. F. R.; ARAÚJO, E.; LISBÃO-JÚNIOR, L.; SIQUEIRA, M. M. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S. A. e extensão florestal do governo do estado do Espírito Santo. **Floresta**, v. 34, n. 2, p. 3-67, 2004.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: FUPEF, 2015.

SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 1, p. 72-101, 1904.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. Ubá: Geographica, 2008.

TRES, A. **Classificação climática para o Brasil segundo as zonas de vida de Holdridge**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

TRES, A.; TETTO, A. F.; SOARES, R. V.; WENDLING, W. T.; MENGATTO, A. P. R. Classificação do estado de Mato Grosso segundo sistema de zonas de vida de Holdridge. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 329-343, 2016.

ULIANA, E. M.; REIS, E. F.; SILVA, J. G. F.; XAVIER, A. C. Precipitação mensal e anual provável para o estado do Espírito Santo. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 139-147, 2013.

VALÉRIO, D. A.; TRÊS, A.; TETTO, A. F.; SOARES, R. V.; WENDLING, W. T. Classificação do estado do Rio Grande do Sul segundo o sistema de zonas de vida de Holdridge. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1776-1788, 2018.

VELAZCO, S. J. E.; GALVAO, F.; KELLER, H. A.; BEDRIJ, N. A. Florística e fitossociologia de uma floresta estacional semidecidual, reserva privada Osununú-Misiones, Argentina. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2015.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. **Boletim Técnico Projeto RADAMBRASIL**, Série Vegetação, n. 1, p. 1-86, 1982.

WHITTAKER, R. H. A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. **Ecological Monographs**, v. 23, n. 1, p. 41-78, 1953.