

CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS DE HOLDRIDGE (1967) EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A REGIÃO CENTRO OESTE DO BRASIL

LIMA, R. F.¹; APARECIDO, L. E.²; TORSONI, G. B.¹; LORENÇONE, J. A.¹ CHIQUITTO, A. C.¹

¹IFMS, Campus Naviraí; ²IFSul de Minas, Campus Muzambinho.

RESUMO

RESUMO: A região Centro-Oeste é a segunda maior em extensão territorial no Brasil com grande destaque para a produção agropecuária, setor mais influenciado pelas condições climáticas. Uma forma de captar a variação do clima é por meio dos sistemas de classificações climáticas (SCC). O objetivo deste trabalho é classificar o clima da região Centro-Oeste do Brasil nos diversos cenários de mudanças climáticas do IPCC através do sistema de Holdridge (1967). Foi utilizada uma série histórica de 30 anos (1989-2019) de dados climáticos de temperatura média do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) para a região Centro-Oeste do Brasil, obtidos através da plataforma National Aeronautics and Space Administration/Prediction of World Wide Energy Resources – (NASA/POWER). A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Camargo, o balanço hídrico climatológico (BHC) foi calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando capacidade de armazenamento de água no solo de 100 mm. Com os extratos do BHC, e as combinações de precipitação anual, biotemperatura média anual e relação da evapotranspiração, delimitou-se as zonas de vidas para o sistema de Holdridge (1967). A classificação de Holdridge (1967) para o Centro-Oeste apresentou cinco zonas de vidas, com predomínio da tropical floresta úmida basal com ocorrência em 70%. As variações nos valores de precipitação proporcionaram o predomínio das zonas de vidas tipo tropical floresta seca basal e tropical floresta seca premontano para a redução de 30% na precipitação e tropical floresta úmida basal e tropical floresta úmida premontano para o acréscimo de 30% na precipitação.

Palavras-chave: Modelagem climática; Crop modeling; Bigdata.

INTRODUÇÃO

A região Centro-Oeste é composta pelos Estados de Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) e o Distrito Federal (DF), é a segunda maior do Brasil em extensão territorial, e a menos populosa (SILVA; SILVA; COUTO, 2018). Com uma participação de aproximadamente 10% no produto interno bruto (PIB) do Brasil, (MIRAGAYA, 2014) o Centro-Oeste vem ganhando cada vez mais destaque para a produção agropecuária, sendo o maior produtor de grãos com 119.999 Toneladas (47,7%) (CONAB, 2021) e de gado de corte com um rebanho de 73.838.407 (34,58%) cabeças. A região ainda apresenta uma alta promissora no setor energético com o uso de biomassa, sendo a soja, milho, algodão e cana-de-açúcar as principais culturas produzidas na região (CASTRO, 2014). As condições edafoclimáticas da região favorecem o bom desenvolvimento agropecuário da região (BARBOSA; SHIKIDA, 2019).

O clima é definido como a média das condições atmosféricas que caracterizam uma região e influenciam fortemente ecossistemas (DE SOUZA ROLIM; DE O. APARECIDO, 2016; JYLHÄ et al., 2010), utilizando dados aferidos por um período mínimo de 30 anos (AYODE, 1994), através do registro de equipamentos confiáveis como estações meteorológicas, radares e satélites (CONTRACTOR et al., 2020; KRAJEWSKI; VILLARINI; SMITH, 2010; MCMILLAN; KRUEGER; FREER, 2012).

A classificação climática de Holdridge (1967) define zonas de vida representativas para as diferentes regiões da Terra, que refletem a conjuntura destes elementos meteorológicos. O sistema de classificação de Holdridge (1967), por sua vez, baseia-se na premissa da biotemperatura, definida por ele como sendo um intervalo de temperatura de 0 a 30°C, compreende a temperatura em que efetivamente ocorre o desenvolvimento das plantas. A variação sazonal de temperatura referente a esses valores extremos implica em desorientação de atividades metabólicas essenciais ao desenvolvimento vegetal afetando consideravelmente a produção (TETTO, 2015)

A fim de relacionar as mudanças climáticas o com a vegetação local e seus efeitos sobre a produção agrícola, o objetivo deste trabalho é classificar o clima da região centro-oeste do Brasil, utilizando o Holdridge (1967) nos diversos cenários de mudanças climáticas do IPCC.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1). O Centro-Oeste é a segunda maior região do Brasil em extensão territorial e tem uma participação em torno de 10% no PIB (produto interno bruto) de todo país, além de ser a maior região exportadora de

grãos do Brasil (CONAB, 2021; MIRAGAYA, 2014), produzindo principalmente as culturas milho, soja e algodão.

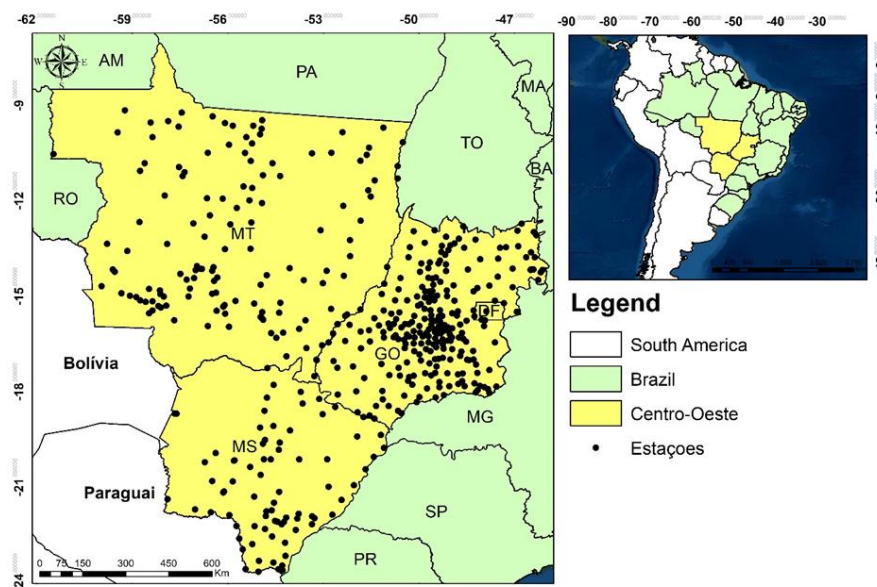


Figura 1. Localização das estações meteorológicas no Centro-Oeste do Brasil.

Para contemplar toda a região Centro-Oeste do Brasil foram coletados dados climáticos para os 467 municípios localizados nessa região. Os elementos climáticos coletados foram temperatura média (T_m), máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) do ar ($^{\circ}\text{C}$), e precipitação pluvial (P , mm) em escala diária do período de 1989-2019. Os dados foram obtidos pela plataforma *National Aeronautics and Space Administration/Prediction of World Wide Energy Resources* - NASA/POWER. Esta plataforma de dados foi desenvolvida para fornecer informações meteorológicas derivados em grids com resolução espacial de 1° (latitude-longitude).

Os cenários de mudanças climáticas foram elaborados com base em pesquisas referentes aos conjuntos de simulações climáticas para o século XXI. a temperatura média do ar foi aumentada em 0°C , $1,5^{\circ}\text{C}$, 3°C , $4,5^{\circ}\text{C}$, e 6°C como aplicado por Pirttioja et al., (2015), e a precipitação anual variado de -30%, -15%, 0%, +15% e +30% afim de simular projeções futuras extraídos do quinto relatório emitido pelo IPCC (IPCC-AR5) (IPCC, 2014) (Figura 2). A combinação entre acréscimos na temperatura média anual do ar com a porcentagem do aumento da precipitação pluvial anual da região proporcionou a criação de 25 possíveis cenários de mudanças climáticas, de modo que essa combinação permite explorar o comportamento de eventos extremos na região, como o aumento de temperatura e a redução de chuvas em algumas localidades.

		Δ PRECIPITATION (mm)				
		-30%	-15%	0%	+15%	+30%
Δ TEMPERATURE ($^{\circ}$ C)	+0	C1	C2	C3	C4	C5
	+1,5	C6	C7	C8	C9	C10
	+3	C11	C12	C13	C14	C15
	+4,5	C16	C17	C18	C19	C20
	+6	C21	C22	C23	C24	C25

Figura 2. Cenários de mudanças climáticas.

A caracterização dos elementos climáticos atuais para o Centro-Oeste do Brasil é representada pelo cenário 3 de mudança climática, através da combinação de valores acrescidos de 0 $^{\circ}$ C e 0% na temperatura média anual do ar e na precipitação pluvial anual da região, respectivamente.

O cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) foi realizado utilizando o método de Thornthwaite (1948) modificado por Camargo (1971) no qual fez uma simplificação do método proposto por Thornthwaite, proporcionando uma maior simplicidade mantendo sua eficácia. O balanço hídrico climatológico (BHC) foi gerado para todas as localidades estudadas segundo a metodologia de Thornthwaite e Mather, (1955). O SCC por zonas de vidas de Holdridge estabelece a determinação do clima local por meio da combinação de valores de altimetria, precipitação, temperatura ótima para o pleno desenvolvimento fisiológico de plantas (T_{bio}) e a relação entre a ETP com a precipitação.

A biotemperatura anual (T_{bio}) foi calculada para corresponder a faixa de temperatura em que os processos fisiológicos das plantas não se tornem inativos (0 a 30 $^{\circ}$ C). Temperatura inferior a 0 $^{\circ}$ C e superior a 30 $^{\circ}$ C causam redução nos processos fisiológicos e no crescimento das plantas, dessa forma temperatura medias <0 $^{\circ}$ C foram corrigidas para 0 $^{\circ}$ C e temperaturas medias > 30 $^{\circ}$ C foram corrigidas para igual a 30 $^{\circ}$ C (Equações 11-13) seguindo a adaptação de (DERGUY et al., 2019) para o sistema de Holdridge (1967).

A precipitação anual (P) foi gerada pela média anual da região extraída da normal climatológica expressa em mm. A relação da ETP (ETP/P) foi obtida pela razão da evapotranspiração anual (ETP_{anual}) obtida pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) pela precipitação anual (P).

Os limites latitudinais foram determinados pelo cálculo da biotemperatura basal anual (T_{bioBA}) que considera uma alteração na T_{bio} da região ao nível do mar utilizando uma taxa de -0,6 $^{\circ}$ C /Km. Essa taxa foi aplicada para cada T_m da região usando dados de altitude (m) resultando na temperatura média basal mensal ($TMBM$). os dados obtidos pela correção foram

adequados a faixa de 0 a 30 °C para alterá-los a biotemperatura basal média mensal (TbioBM), e com a média calculada sobre a TbioBM obteve-se a TbioBA. Os pisos altitudinais foram calculados utilizando a altitude do local (em metros) relacionada com os limites latitudinais. A linha de geada (Frostline) é utilizada para delimitar os limites entre as regiões latitudinais temperadas quentes (12 °C) e subtropicais (24 °C), de acordo com o SCC de Holdridge essa faixa de biotemperatura corresponde a 18 °C sendo calculado pela média entre essas regiões.

Com a utilização do sistema de informação geográfica foi realizada a interpolação espacial de todos os elementos climáticos para todas as localidades usando do método de Krigagem (KRIGE, 1951), com modelo esférico, um vizinho e uma resolução espacial de 0,25°, o sistema de projeção cartográfica é a cônica equivalente de Albers. Com a sobreposição dos mapas foi possível obter os mapas climáticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média da precipitação pluviométrica para o cenário atual no Centro-oeste (Tabela 1) 1470 (± 182) mm com maiores volumes nas regiões norte, e uma menor distribuição ao leste, com 1000 mm e 1600 mm respectivamente. Há uma variação entre os estados, com 1405 (± 86) mm para Goiás, 1336 (± 49) mm para o Distrito federal. Campos e Chaves (2020) encontraram uma faixa de precipitação anual entre 1442 mm a 1780 mm anuais para a região de Goiás e Brasília no Distrito Federal. para o Mato Grosso do Sul a média de Precipitação é de 1374 (± 113) mm. Já no Mato Grosso a precipitação anual é de 1639 (± 221) mm, Pessi et al. (2019) constatou um acumulado anual de 2000 mm para a região.

Tabela 1. Precipitação pluvial média anual para os estados do Centro-oeste do Brasil.

CENÁRIOS	PRECIPITAÇÃO ANUAL			
	GO	DF	MS	MT
CENÁRIO-1	983 (±59,88)	935 (±34,01)	962 (±79,23)	1148 (±154,51)
CENÁRIO-2	1194 (±72,71)	1136 (±41,3)	1168 (±96,2)	1393 (±187,62)
CENÁRIO-3	1405 (±85,55)	1336 (±48,58)	1374 (±113,18)	1639 (±220,73)
CENÁRIO-4	1616 (±98,38)	1537 (±55,87)	1580 (±130,16)	1885 (±253,84)
CENÁRIO-5	1826 (±111,21)	1737 (±63,16)	1786 (±147,13)	2131 (±286,95)
CENÁRIO-6	983 (±59,88)	935 (±34,01)	962 (±79,23)	1148 (±154,51)
CENÁRIO-7	1194 (±72,71)	1136 (±41,3)	1168 (±96,2)	1393 (±187,62)
CENÁRIO-8	1405 (±85,55)	1336 (±48,58)	1374 (±113,18)	1639 (±220,73)
CENÁRIO-9	1616 (±98,38)	1537 (±55,87)	1580 (±130,16)	1885 (±253,84)
CENÁRIO-10	1826 (±111,21)	1737 (±63,16)	1786 (±147,13)	2131 (±286,95)
CENÁRIO-11	983 (±59,88)	935 (±34,01)	962 (±79,23)	1148 (±154,51)
CENÁRIO-12	1194 (±72,71)	1136 (±41,3)	1168 (±96,2)	1393 (±187,62)
CENÁRIO-13	1405 (±85,55)	1336 (±48,58)	1374 (±113,18)	1639 (±220,73)
CENÁRIO-14	1616 (±98,38)	1537 (±55,87)	1580 (±130,16)	1885 (±253,84)
CENÁRIO-15	1826 (±111,21)	1737 (±63,16)	1786 (±147,13)	2131 (±286,95)
CENÁRIO-16	983 (±59,88)	935 (±34,01)	962 (±79,23)	1148 (±154,51)
CENÁRIO-17	1194 (±72,71)	1136 (±41,3)	1168 (±96,2)	1393 (±187,62)
CENÁRIO-18	1405 (±85,55)	1336 (±48,58)	1374 (±113,18)	1639 (±220,73)
CENÁRIO-19	1616 (±98,38)	1537 (±55,87)	1580 (±130,16)	1885 (±253,84)
CENÁRIO-20	1826 (±111,21)	1737 (±63,16)	1786 (±147,13)	2131 (±286,95)
CENÁRIO-21	983 (±59,88)	935 (±34,01)	962 (±79,23)	1148 (±154,51)
CENÁRIO-22	1194 (±72,71)	1136 (±41,3)	1168 (±96,2)	1393 (±187,62)
CENÁRIO-23	1405 (±85,55)	1336 (±48,58)	1374 (±113,18)	1639 (±220,73)
CENÁRIO-24	1616 (±98,38)	1537 (±55,87)	1580 (±130,16)	1885 (±253,84)
CENÁRIO-25	1826 (±111,21)	1737 (±63,16)	1786 (±147,13)	2131 (±286,95)

Foram encontradas 5 zonas de vidas principais no cenário atual (Figura 3 C3) para o Centro-Oeste utilizando a classificação climática de Holdridge (1967), dentre elas 2 subtropicais, floresta úmida basal e floresta úmida premontano, e 3 zonas tropicais, floresta seca basal, floresta úmida basal e floresta úmida premontano. A zona de vida tropical floresta úmida basal ao norte teve maior ocorrência em 70% e a tropical floresta seca basal ao sul a menor ocorrência em 3% do território. Zonas de vidas associadas a regiões latitudinais subtropicais tiveram ocorrência apenas com a temperatura do ar constante C1, C2, C3, C4 e C5.

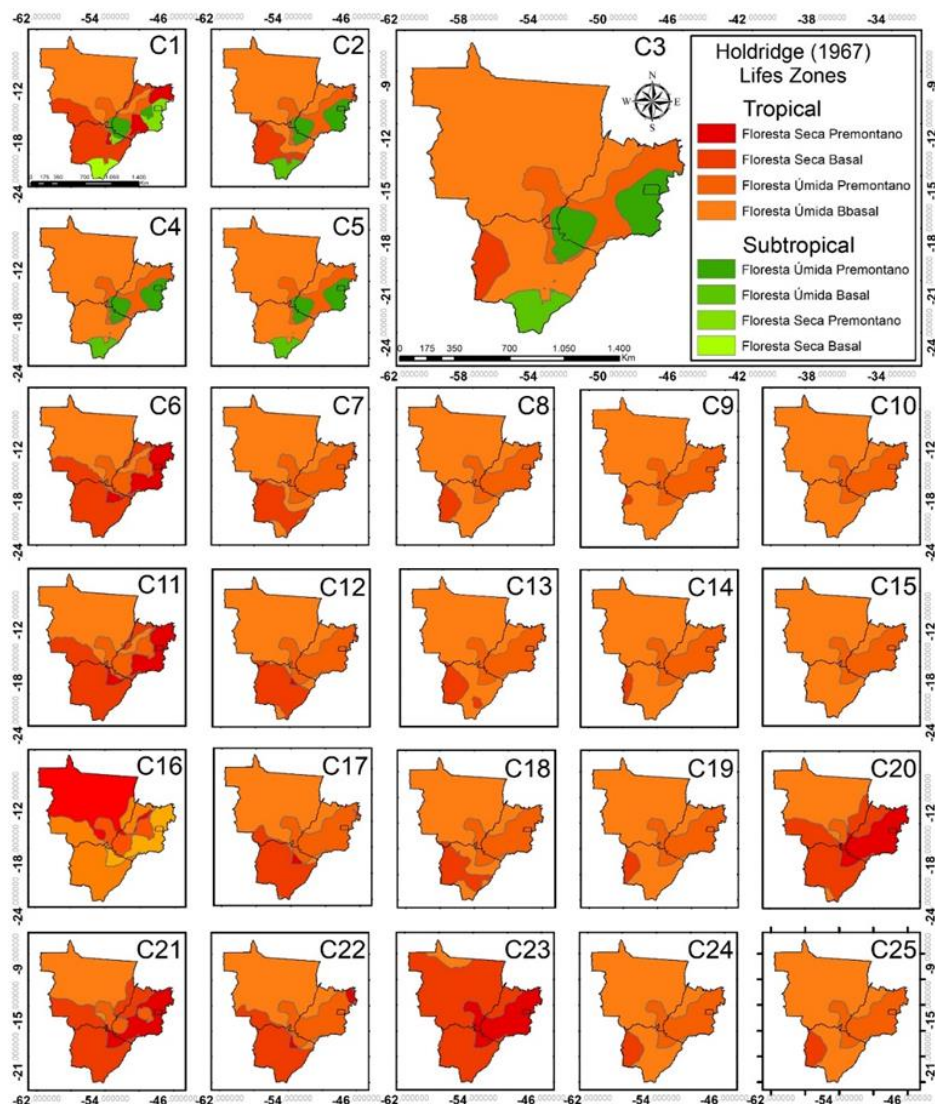


Figura 3. Mapa de classificação climática de Holdridge (1967)

A redução em 30% na precipitação C1, C6, C11, C16 e C21 favoreceram as zonas de vidas do tipo tropical floresta seca basal e tropical floresta seca premontano ao sul da região, já o incremento em 30% na precipitação C5, C10, C15, C20, C25 propiciam a expansão das zonas de vidas tropical floresta úmida basal e tropical floresta úmida premontano. Em Goiás as zonas de vidas predominantes no cenário atual são a tropical floresta úmida premontano e subtropical floresta úmida premontano. O declínio da precipitação em 30% C1, C6, C11, C16 e C21 propicia as zonas de vidas tropical floresta seca premontano e tropical floresta seca basal, o acréscimo em 30% C5, C10, C15, C20 e C25, tropical floresta úmida premontano, subtropical floresta úmida premontano e tropical floresta úmida basal.

CONCLUSÕES

A classificação de Holdridge (1967) para o Centro-Oeste apresentou cinco zonas de vidas, com predomínio da tropical floresta úmida basal com ocorrência em 70%. As variações nos valores de precipitação proporcionaram o predomínio das zonas de vidas tipo tropical floresta seca basal e tropical floresta seca premontana para a redução de 30% na precipitação e tropical floresta úmida basal e tropical floresta úmida premontana para o acréscimo de 30% na precipitação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFMS pelos recursos disponibilizados para o desenvolvimento do projeto e ao apoio.

REFERÊNCIAS

- AYODE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 18ª edição ed. Rio de Janeiro (RJ): Bertrand Brasil, 1994.
- BARBOSA, F. R. G. M.; SHIKIDA, P. F. A. A EXPANSÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO (1975-2017): uma análise histórico-econômica. **X Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**, n. 0, 18 out. 2019.
- CASTRO, C. N. DE. A agropecuária na região Centro-Oeste: limitações ao desenvolvimento e desafios futuros. **www.ipea.gov.br**, jan. 2014.
- CONAB, C. N. D. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, Safra 2020/21: décimo primeiro levantamento**. Brasília: Conab, 2021.
- CONTRACTOR, S. et al. Rainfall Estimates on a Gridded Network (REGEN) – a global land-based gridded dataset of daily precipitation from 1950 to 2016. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 24, n. 2, p. 919–943, 27 fev. 2020.
- DE SOUZA ROLIM, G. [UNESP]; DE O. APARECIDO, L. E. [UNESP. Camargo, Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatical regions of the state of São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, p. 636, 1 fev. 2016.
- DERGUY, M. R. et al. Holdridge Life Zone Map: Republic of Argentina. **General Technical Report**, v. 51, 2019.
- HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. **Life zone ecology**, n. (rev. ed.), 1967.

JYLHÄ, K. et al. Observed and Projected Future Shifts of Climatic Zones in Europe and Their Use to Visualize Climate Change Information. **Weather, Climate, and Society**, v. 2, n. 2, p. 148–167, 1 abr. 2010.

KRAJEWSKI, W. F.; VILLARINI, G.; SMITH, J. A. RADAR-Rainfall Uncertainties: Where are We after Thirty Years of Effort? **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 91, n. 1, p. 87–94, 1 jan. 2010.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 52, n. 6, p. 119–139, dez. 1951.

MCMILLAN, H.; KRUEGER, T.; FREER, J. Benchmarking observational uncertainties for hydrology: rainfall, river discharge and water quality. **Hydrological Processes**, v. 26, n. 26, p. 4078–4111, 2012.

MIRAGAYA, J. F. G. O desempenho da economia na Região Centro-Oeste. 2014.

PESSI, D. D. et al. Validação das estimativas de precipitação do satélite TRMM no Estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 79–88, 3 fev. 2019.

PIRTTIOJA, N. et al. Temperature and precipitation effects on wheat yield across a European transect: a crop model ensemble analysis using impact response surfaces. **Climate Research**, v. 65, p. 87–105, 28 set. 2015.

SILVA, L. A.; SILVA, L. D. DA; COUTO, F. M. DESIGUALDADE REGIONAL E ESTRUTURA PRODUTIVA DO CENTRO-OESTE BRASILEIRO: UMA ANÁLISE PARA O PERÍODO 2005-2015. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, n. 38, 14 abr. 2018.

TETTO, R. V. S. C. B. F. **Meteorologia E Climatologia Florestal - Aut Paranaense**. [s.l.] Departamento de ciências florestais da UFPR, 2015.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55–94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, New Jersey: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955.