

# Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas

*Diego Tarley Ferreira Nascimento*

da Universidade Federal de Goiás – Goiânia - Brasil  
diego\_nascimento@ufg.br

*Giuliano Tostes Novais*

da Universidade Estadual de Goiás - Formosa – Brasil  
giuliano.novais@ueg.br

---

**Resumo:** Este texto busca demonstrar um panorama dos aspectos climáticos do Cerrado, abordando a dinâmica dos sistemas atmosféricos e as características, variabilidades e tipologias climáticas deste bioma. Para tanto, o texto foi desenvolvido, num primeiro momento, a partir de revisão bibliográfica a respeito das propriedades e da dinâmica dos sistemas atmosféricos atuantes na área em apreço. Em um segundo momento, foram utilizados dados secundários, com recortes espaciais e temporais distintos, para a descrição da variação espaço-temporal dos principais elementos climáticos (temperatura, precipitação e umidade) do bioma; a retratação da variabilidade anual, mensal e diária para uma localidade situada na área core do Cerrado (Goiânia-GO) e; a definição das tipologias climáticas para o bioma. Os dados apresentados evidenciam uma forte sazonalidade climática, configurando um período chuvoso, durante a primavera e verão, que se intercala com um período seco, ao longo do outono e inverno. Sob a influência da variação de latitude e altitude, a porção norte do bioma apresenta as maiores temperaturas, enquanto que, em resposta ao desempenho dos sistemas atmosféricos que produzem chuvas e são responsáveis pelo transporte de umidade, as médias de precipitação e relativa diminuição da umidade na direção noroeste/sudeste. Ainda, é perceptível a variabilidade entre os acumulados anuais e o regime mensal de precipitação e, especialmente, no tocante ao ritmo diário dos elementos meteorológicos, tendo como base a cidade de Goiânia – evidenciando o papel da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese e variabilidade dos tipos de tempo. Foram subdivididas unidades até o nível de tipos climáticos ampliando as tradicionais propostas de classificações climáticas, detalhando melhor sua localização espacial no território brasileiro. Os modelos empíricos e genéticos puderam se associar em um intercâmbio de informações, e geraram um padrão que aborda tanto os valores observados do tempo e do clima, quanto a influência dos sistemas atmosféricos.

**Palavras-chave:** Cerrado, Climatologia, Dinâmica Atmosférica, Variabilidade, Classificação Climática.

---

## Introdução e contextualização

A área nuclear e contínua do Cerrado possui extensão de pouco mais de 2 milhões de quilômetros quadrados, notoriamente reconhecido como o segundo maior bioma brasileiro – após, somente, da Amazônia. Ao estender-se entre os paralelos 2° e 24° de

latitude sul e os meridianos 41° e 60° de longitude oeste, o bioma exibe dimensões continentais que abrigam uma grande diversidade climática, de características equatoriais, tropicais e subtropicais.

Tal variabilidade climática pode ser explicada pelo contexto dos fatores climáticos, em especial à **variação latitudinal** – que condiciona a diferença no ganho de radiação solar, de maneira decrescente a partir do equador; à **amplitude topográfica** – variando desde os 240m, nas áreas próximas às regiões litorâneas no estado do Maranhão, nas depressões do Rio Araguaia entre os estados de Goiás, Tocantins e Mato Grosso e na transição do Cerrado com o Pantanal, no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e alcançando os 1.819m, nos chapadões do estado de Goiás; à **posição interiorana** no continente sul-americano e, especialmente, à **atuação de massas de ar** de origem equatorial, tropical e polar, formadas em superfícies continental e marítima – que repercutem distintas condições de temperatura, precipitação e umidade.

Consonante ao que foi descrito, Ab'Saber (1983, p. 42) considera o bioma como sendo o domínio morfoclimático dos Cerrados, composto por “chapadões recobertos por cerrados e penetrados por florestas galerias” (...), que “constitui-se em um espaço físico, ecológico e biótico, de primeira ordem de grandeza”, de notável sazonalidade.

Aliás, essa é característica climática mais marcante do Cerrado, a presença de duas estações bem definidas: uma estação seca de inverno e outra úmida de verão. A distribuição concentrada das chuvas em toda a região tem influência direta sobre a vegetação, uma vez que, ao longo do tempo geológico, a marcha estacional das precipitações foi responsável pela lixiviação dos solos, deixando-os pobres em minerais essenciais. Segundo Cole (1986), as condições climáticas e edáficas exerceram efeitos expressivos na fisionomia e na distribuição do Cerrado, seguido da hidrologia, da geomorfologia, do fogo e do pastejo.

No que concerne às características climáticas do bioma Cerrado, Silva, Assad e Evangelista (2008) aponta os sistemas atmosféricos atuantes no Cerrado e retrata a variação espaço-temporal das precipitações e das temperaturas (máxima, mínima e média), da radiação solar, evapotranspiração potencial e umidade relativa do ar, além de esboçarem uma proposta de classificação climática para o bioma baseada nos preceitos de Köppen, indicando o predomínio da tipologia Aw (clima tropical, com chuva de verão e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C) e ocorrência, nos extremos sudoeste e sudeste do bioma, da tipologia Cwa (clima subtropical, com chuva de verão e verão quente, sendo o mês mais frio com temperatura média entre -3°C e 18°C e o mês mais quente com temperatura média maior do que 22°C).

Apesar das limitações apontadas por Silva, Assad e Evangelista (2008, p.86), em relação ao “número reduzido de estações meteorológicas com dados históricos suficientes para uma análise mais apuradas”, este texto foi, permanece e continuará sendo referência na descrição dos climas do Cerrado, ao abordarem o comportamento dos principais elementos climáticos, fornecendo importantes subsídios aos “estudos ecológicos, botânicos, fitogeográficos e, principalmente, para a produção sustentável de alimentos” (p. 71).

Dentre a bibliografia voltada às características climáticas do Cerrado ainda merecem menção os trabalhos de Moreira (1985) e Assad (1993), que abordam especificamente a espacialização e variabilidade das chuvas no Cerrado, e as teses de Santos (2010), Farias (2016) e Novais (2019), sendo que a primeira expõe os padrões espaço-temporais da temperatura superficial a partir de sensores orbitais de média resolução, a segunda avalia e utiliza estimativas de precipitação por satélite para prover a climatologia das precipitações e do balanço hídrico no Cerrado e a terceira delimita as unidades climáticas e apresenta uma nova proposta de classificação climática para o bioma.

Convém também lembrar a contribuição de outros autores, ao retratarem as características climáticas em unidades espaciais de menor grandeza, no interior do bioma, para além apenas da descrição, mas também para o conhecimento da variabilidade, do ritmo e da gênese do clima, como, por exemplo, Monteiro (1951; 1973), Nimer (1979), Zavattini (1990), Boin (2000), Barros (2003), Sette (2005), Pinto (2013), Nascimento (2016), Neves (2018), dentre outros.

Contudo, o caráter deste texto não é exploratório, tampouco de revisão bibliográfica, e sim descritivo – isto é, tem-se por objetivo descrever a dinâmica atmosférica, as características, a variabilidade e as tipologias climáticas do bioma Cerrado. Todavia, salienta-se não ser o intuito aqui o de substituir os textos clássicos anteriormente citados, mas, apenas, de complementá-los e atualizá-los, no que for possível, no sentido de melhor prover o panorama dos climas do Cerrado.

O texto se estrutura, logo após essa introdução e contextualização, em quatro tópicos, que seguem concatenados e abordam 1) a dinâmica atmosférica do bioma, a partir da descrição dos principais sistemas atmosféricos atuantes no Cerrado; 2) as características climáticas do Cerrado, tendo por base a descrição da variação espaço-temporal dos principais elementos climáticos, a saber: temperatura (média, máxima e mínima), precipitação e umidade; 3) a variabilidade do clima no Cerrado, abordando a variação anual das chuvas e a análise rítmica diária tendo como base a cidade de Goiânia,

retratada como exemplo de área core do bioma e; 4) a proposta de classificação climática do Cerrado, delimitando unidades climáticas de zonas, domínios, subdomínios e tipos.

### **Procedimentos metodológicos**

Como de praxis aos textos de cunho científico, a primeira etapa de desenvolvimento deste trabalho foi a revisão bibliográfica. Para tanto, foram consultadas obras acerca de temas relacionados ao bioma cerrado, aos sistemas atmosféricos atuantes no quadro regional e às características climáticas, seja na escala exata do bioma ou em outras menores, contemplando o Brasil ou América do Sul. A revisão bibliográfica foi especialmente importante para a elaboração do primeiro tópico deste texto, que versa sobre a dinâmica atmosférica na região dos Cerrados.

Nos tópicos que seguem, foram utilizados dados secundários de superfície e de reanálise, com recortes espaciais e temporais distintos, conforme explicitado a seguir.

Para a variação espaço-temporal dos principais elementos climáticos (segundo tópico do texto), foram utilizadas as normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia de 1981 a 2010 (INMET, 2018) registradas por 140 estações meteorológicas, situadas no interior e no entorno do Cerrado, que foram interpoladas pelo método do inverso da distância ao quadrado (IDW), em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, especificamente pelo uso do software ArcGIS 10.3.

No terceiro tópico, que trata da variabilidade climática na área core do Cerrado, foi utilizado como recorte espacial a estação meteorológica convencional de Goiânia-GO, administrada pelo INMET e situada na porção central do bioma, dentre as coordenadas 16°40'23" de latitude sul e 49°15'50" de longitude oeste. Num primeiro momento, foram utilizados dados de precipitação mensal de 1961 a 2019, que foram organizados em planilhas de Excel e representados por meio do pluviograma de Schroder, sendo um interessante recurso para sinalização da distribuição real dos acumulados anuais e mensais de precipitação – conforme descrito por Nascimento, Pessoa-de-Souza e Silva (2019). Em seguida, foram empregados dados diários do ano de 2011 referentes aos elementos temperatura (máxima, média e mínima), pressão, umidade, precipitação, nebulosidade, velocidade e direção dos ventos e sistemas atmosféricos atuantes, representados a partir de um gráfico de análise rítmica, método este adequado para a percepção do ritmo climático, conforme apontado por Monteiro (1971).

Para a definição das unidades climáticas e proposição da classificação climática do Cerrado, isto é, para o quarto tópico deste texto, foram utilizados dados de reanálise de

temperatura do ar provenientes do algoritmo CHELSA (*Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas*) e de precipitação, neste caso, registrada por 456 postos pluviômetros da Agência Nacional de Águas (ANA).

O CHELSA apresenta resolução espacial de 30 segundos de arco ( $\sim 1$  km), tendo sido desenvolvido em cooperação dos departamentos de Geografia das Universidades alemãs de Hamburgo, Zurique e de Göttingen e hospedado pelo Instituto Federal Suíço de Pesquisa de Floresta, Neve e Paisagem – WSL. Conforme aponta Karger et al (2017), o conjunto de dados usado pelo CHELSA foi extraído da Reanálise ERA-Interim, que combina resultados de modelagem e recuperação de informações coletadas sobre a superfície e oceanos através de navios, aviões, radiossondas e satélites, para o período de tempo de 1979-2013. A metodologia de estimativa da temperatura do ar do algoritmo tem uma correlação direta com as imagens SRTM, derivando em mapas mais próximos da realidade, onde as isotermas acompanham as curvas de nível do terreno. Portanto, para Novais (2019), o padrão de distribuição de temperatura na atmosfera livre pode ser considerado diretamente ao tipo de elevação altimétrica na localidade específica estudada.

Além dos atributos de temperatura e precipitação, foi empregado também o Balanço Hídrico Climatológico (BHC), calculado pelo método de Thorntwaite e Mather (1955). Os dados de precipitação (pluviômetros da ANA) e de temperatura do ar (pixel do CHELSA), juntamente com a posição latitudinal, foram inseridos na planilha de BHC elaborada por Sentelhas, Rolim e Barbieri (1998), fornecendo dados de Evapotranspiração Potencial (ETP), Excedente Hídrico e Déficit Hídrico. A partir do BHC, identificamos os valores de P-ETP para delimitar a quantidade de meses secos e interpolar espacialmente no mapa. A temperatura média do mês mais frio (TMMMMF) foi empregada para delimitar os Climas Zonais e os Domínios Climáticos (exceto o Equatorial que tem a principal influência nos Sistemas Atmosféricos). O excedente e déficit hídricos serviram para diferenciar as unidades propostas.

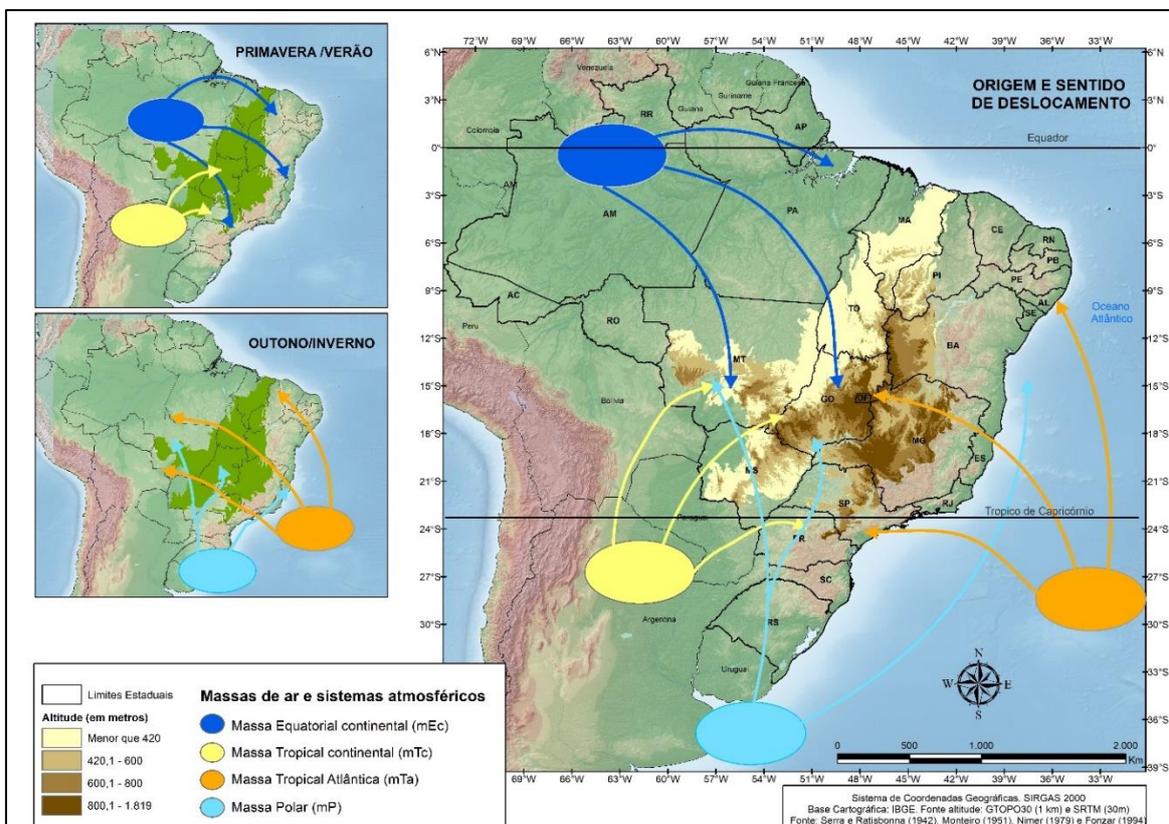
### **Dinâmica atmosférica no cerrado**

Conforme exposto por Serra e Ratisbonna (1942), Monteiro (1951), Nimer (1979) e Fonzar (1994), o Cerrado expressa a atuação de centros de baixa pressão de origem continental, individualizados como massas de ar Equatorial continental e Tropical continental, e centros de alta pressão, que se individualizam sob a forma de massas de ar de origem marítima, representadas pelas massas de ar Tropical e Polar Atlântica. Essas massas se deslocam sazonalmente para o continente, respeitando o caminho preferencial

e as barreiras condicionadas pelo relevo e que, de acordo com o aquecimento desigual entre as estações do ano, ora avançam ora recuam sobre a região – Figura 1. Nos tópicos que seguem, são sintetizadas as regiões de origem e as principais características dessas massas de ar:

- A massa equatorial continental (mEc) tem origem numa região de *doldrum* (calmaria) formada pelo centro de baixa pressão localizado na Floresta Amazônica. Por se formar em uma zona de baixa pressão, essa massa de ar se configura como um sistema atmosférico ciclônico com movimento ascendente e convergente, concentrando e transmitindo para as camadas superiores da atmosfera tanto a umidade gerada pela evapotranspiração da densa vegetação e dos abundantes corpos hídricos da Floresta Amazônica quanto aquela originada pela evaporação do Oceano Atlântico, que é transportada pelos alísios. Por conta dos ventos contra-alísios nas camadas superiores da atmosfera e pela expansão da depressão térmica localizada nessa região durante a primavera e verão, essa massa de ar se desloca para o restante do país, perfazendo uma trajetória NO-SE, chegando até o litoral do sul do Brasil. Por trazer grande proporção de umidade e, por conseguinte, de chuva da região da Amazônia para o restante do país, é feita uma analogia da mEc com “rios voadores”;
- A massa tropical continental (mTc) tem origem na depressão do Chaco, uma zona de baixa pressão, quente e árida a leste dos Andes, e é oriunda da frontólise da Frente Polar Pacífica após transpor a Cordilheira. Raramente, essa massa se individualiza no inverno, atuando, sobretudo, no verão. Por se formar numa zona de baixa pressão, a mTc possui uma circulação ciclônica na superfície, com forte convergência. A baixa umidade da zona de origem impede a formação de nuvens de convecção, acarretando um tempo estável, quente e seco;
- A massa tropical atlântica (mTa), também denominada de massa tropical marítima (mTm), tem como origem o Anticiclone do Atlântico Sul, recebendo, de forma homogênea, muito calor e umidade da superfície oceânica. Porém, por se formar em uma zona de alta pressão, configurando-se, portanto, como um anticiclone com movimento de subsidência, a umidade cedida pela superfície oceânica não se estende para as camadas superiores, limitando-se às camadas inferiores dessa massa. Ao ter que transpor a barreira topográfica condicionada pela Serra do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço e pela Chapada Diamantina antes de adentrar o país, toda a umidade dessa massa é precipitada na região litorânea brasileira. Assim, a mTa passa a apresentar característica de uma massa “continentalizada”, com pouca ou nenhuma umidade e condicionando tempo estável, quente e seco;

- A massa polar (mP) se origina na zona subantártica oceânica, uma zona de alta pressão da qual migram anticiclones que, ocasionalmente, atingem o continente sul-americano por duas trajetórias condicionadas pela orografia da cordilheira dos Andes, uma a oeste e outra a leste. Da trajetória a leste dos Andes, ramificam-se outras duas, uma pela depressão topográfica do Chaco, que se estende pelo estado do Mato Grosso ao Amazonas, e outra trajetória pelo oceano Atlântico. Em seu trajeto pelo continente sul-americano, a mP, paulatinamente, perde as características térmicas da região em que se formou, adquirindo calor e chegando à área em estudo com características tropicalização, a ponto de ser tratada como mP envelhecida ou tropicalizada.



**Figura 1:** Localização e variação altimétrica do bioma Cerrado.

Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento (2020). Obs.: Para acessar o mapa com melhor resolução, acessar [http://abre.ai/massas\\_ar](http://abre.ai/massas_ar)

Entre o período chuvoso (primavera/verão) e o seco (outono/inverno) há uma inversão da atuação e do domínio de massas de ar continentais (mEc e mTc) e marítimas (mTa e mP) na região dos Cerrados (Figura 1). Para um melhor entendimento da dinâmica atmosférica, em seguida, são apresentados os padrões que configuram a circulação atmosférica nestas estações contrastantes do ano:

- **Primavera/Verão.** Durante o solstício de verão no Hemisfério Sul, o maior ângulo de incidência da radiação solar ocasiona num maior aquecimento da superfície terrestre com relação à oceânica. Devido a esse aquecimento desigual, a zona de baixa pressão localizada na região amazônica se expande e domina por grande parte do território brasileiro, intensificando a atuação da mEc sobre o país, repercutindo seu domínio sobre o Cerrado – o que condiciona o período chuvoso. As chuvas que ocorrem durante o verão são intensificadas pela atuação da ZCAS que resulta numa elevada atividade convectiva. Associada a esse período mais quente, a zona de baixa pressão da depressão do Chaco também se expande, permitindo o fortalecimento, o deslocamento e a atuação da mTc sobre a região em estudo, ocasionando períodos de quatro dias a algumas semanas com elevadas temperaturas e estiagem, ocasião essa considerada “veranico”. Na primavera/verão, a zona de alta pressão do Atlântico Sul, onde se forma a mTa, encontra-se enfraquecida e limita-se ao litoral brasileiro, ao passo que a mP não consegue adentrar por grande extensão do país, pelo fluxo da mEc em sentido N/S barrar o seu deslocamento. Durante a primavera e verão, ocorrem incursões limitadas da mP que correspondem a algumas precipitações frontais;
- **Outono/Inverno.** Durante o solstício de inverno, o hemisfério sul apresenta menor ângulo de incidência da radiação solar e, por isso, a superfície terrestre se resfria com maior velocidade e intensidade que a oceânica. Devido a isso, a zona de alta pressão localizada no Atlântico Sul, em que deriva a mTa, se fortalece e avança em sentido SE-NO, predominando na região do Cerrado e repercutindo tempo estável, céu claro, baixa umidade e moderadas temperaturas. Fortalecida pelo sentido de deslocamento da mTa, a mP se desloca e alcança a região, ocasionando considerável diminuição das temperaturas, sobretudo durante a noite, podendo, ainda, repercutir em chuvas frontais. Durante o outono e inverno, a mEc fica limitada ao alto Amazonas enquanto a mTc, enfraquecida, não consegue se individualizar na forma de massa de ar.

Silva, Assad e Evangelista (2008) defendem que a região que compreende o Cerrado se configura como núcleo terminal dos sistemas atmosféricos que atuam na América do Sul. Contudo, as massas de ar repercutem a circulação habitual da atmosfera que, periodicamente, é interrompida e modificada por sistemas atmosféricos perturbadores, a saber: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Frente Polar (FP), brevemente descritas na sequência.

A porção norte do Cerrado conta com a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que, conforme Ferreira (1996), representa aglomerados convectivos que se formam a partir da confluência e ascendência dos ventos alísios de ambos hemisférios (norte e sul). A atuação deste sistema é mais evidente no verão, com maior força dos ventos alísios, maior quantidade de vapor d'água proveniente da evapotranspiração da floresta Amazônica e maior a interação da brisa marinha, formando as linhas de instabilidade (LI) que penetram no continente até alcançarem as vertentes íngremes da cordilheira dos Andes (REBOITA et al., 2010).

Por sua vez, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se baseia em uma alongada e persistente banda de nebulosidade de orientação noroeste/sudeste que se estende desde o sul da região amazônica até o oceano Atlântico Sul (KOUSKY, 1988). Luiz (2012, p. 11) afirma que a origem da ZCAS “é devida à junção da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), da Alta da Bolívia (AB), dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis no Nordeste (VCAN) e de sistemas frontais oriundos das regiões subtropicais”, que resulta numa elevada atividade convectiva principalmente ao longo da primavera e verão. Esse sistema é responsável pelo fornecimento de calor e umidade da região amazônica às maiores latitudes pela baixa troposfera, repercutindo na intensificação e em períodos prolongados de chuvas em toda a região Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (NIMER, 1979) – a ponto de ser considerado por Quadro (1994) como um dos principais sistemas atmosféricos responsável pelo período chuvoso da região.

A FP se configura como a zona de encontro da mP com massas de ar equatoriais e tropicais (mEc, mTc e mTa) ao se deslocar para o continente sul-americano. A atuação da FP sobre o estado de Goiás e Distrito Federal acarreta em decréscimo de temperatura que podem durar por alguns dias, sendo mais comuns durante o inverno, quando a mP alcança com maior facilidade a região por estar fortalecida.

### **Caracterização climática do cerrado**

Apesar da pretensão ousada de sintetizar as características climáticas de um bioma tão extenso e diverso com o Cerrado, buscamos neste tópico descrever a variação espacial e temporal das temperaturas (máxima, média e mínima), precipitação e umidade relativa do ar, tendo como base as normais climatológicas de 1981 a 2010.

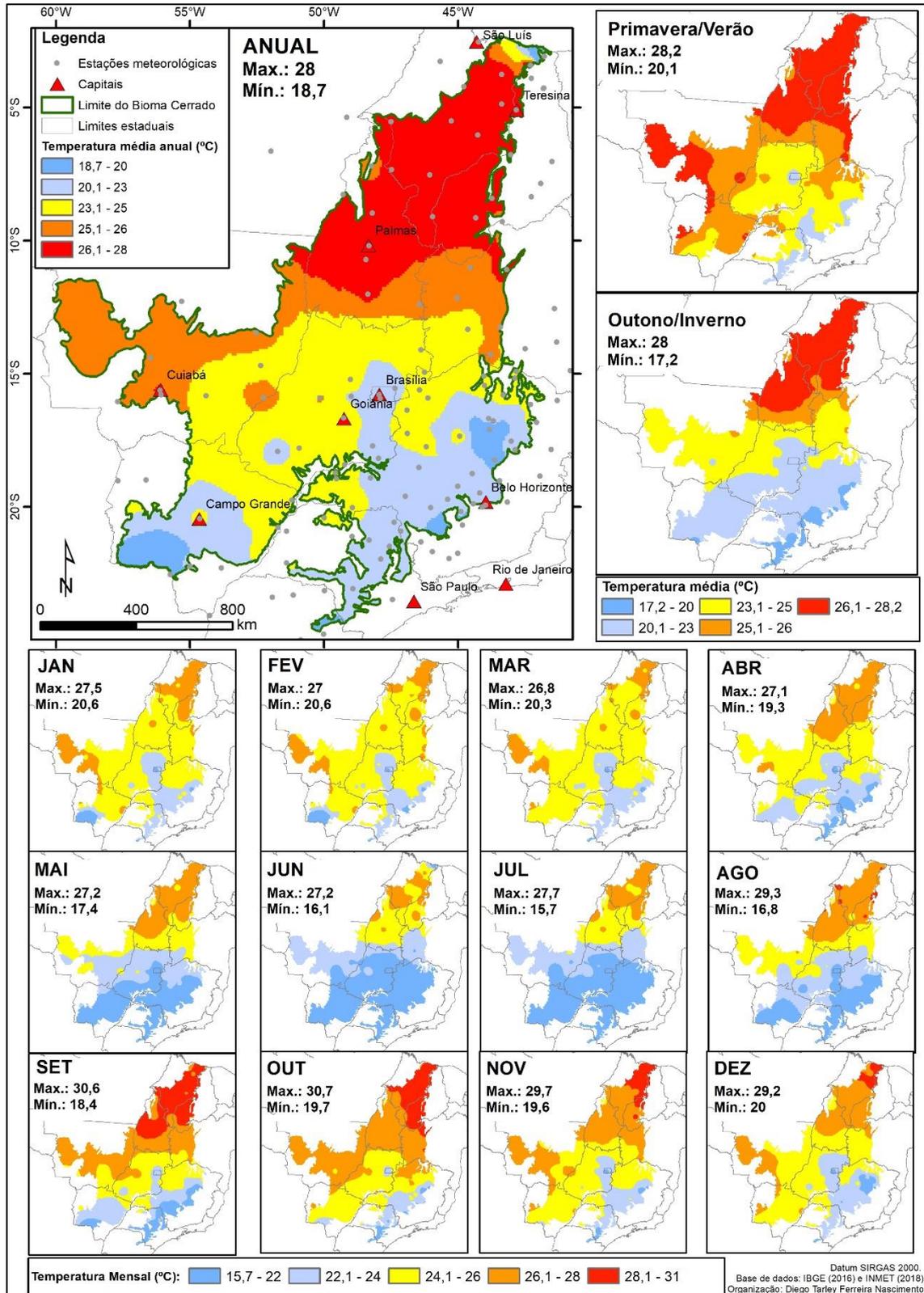
Temperatura média anual, sazonal e mensal do Cerrado

Como exposto na contextualização dos climas do Cerrado, logo na introdução deste texto, a variação da latitude exerce influência no ganho de radiação solar. Dessa forma, o mapa das médias anuais de temperatura média, indicado na porção superior e esquerda da Figura 2, revela o incremento das temperaturas em faixas latitudinais de sul para norte, com os menores valores à sudoeste do Mato Grosso do Sul, ao sul de São Paulo e na porção leste do bioma em Minas Gerais, locais em que a média de temperatura parte de 18,7°C (registrada em Diamantina-MG); e maiores valores no segmento norte do bioma, abrangendo principalmente os estados do Tocantins, Piauí e Maranhão, onde a média das temperaturas alcança 28°C (registrado em Floriano-PI). Além da latitude, a altitude também demonstra influência na variação da temperatura, especialmente ao longo de grande parte do estado de Minas Gerais e na porção leste e nordeste de Goiás.

A média espacial da temperatura média é de 24°C, predominando a classe de temperatura média de 23,1 a 25°C, sob cerca de 32,9% da área do bioma, seguido pela classe de maiores temperaturas, de 26,1 a 28°C, perfazendo 22,5% do bioma.

Nos mapas verificados na porção superior e direita da Figura 2, é representada a variação das médias de temperatura durante o período chuvoso (primavera/verão) e seco (outono/inverno), com um padrão espacial relativamente semelhante com a média anual, com maiores valores na porção norte e as menores ao sul do Cerrado. Contudo, durante a primavera e verão a temperatura média parte dos 20,1°C, alcançando o patamar de 28,2°C, com média espacial de 25,4°C e predomínio de classes com maiores valores de temperatura (> que 23,1°C). Por sua vez, no decorrer do outono e inverno as temperaturas médias partem dos 17,2°C, alcançando um patamar bastante próximo ao período chuvoso, de 28°C. Nesse período seco, a média espacial é de 23,6°C, havendo o predomínio das classes de temperatura média com valores inferiores a 23°C.

No que concerne à variação mensal da temperatura média, percebe-se que os meses representativos da primavera e verão (outubro a março) apresentam o predomínio de classes com maiores valores de temperatura (> que 24,1°C), alcançando o máximo valor em outubro, de 30,7°C; enquanto que ao longo dos meses do outono e inverno (abril a setembro) predominam as classes com valores abaixo desse patamar, alcançando os 15,7°C – registrado em julho, sendo este o mês mais frio do ano, conforme também indicado por Silva, Assad e Evangelista (2008) para o bioma.



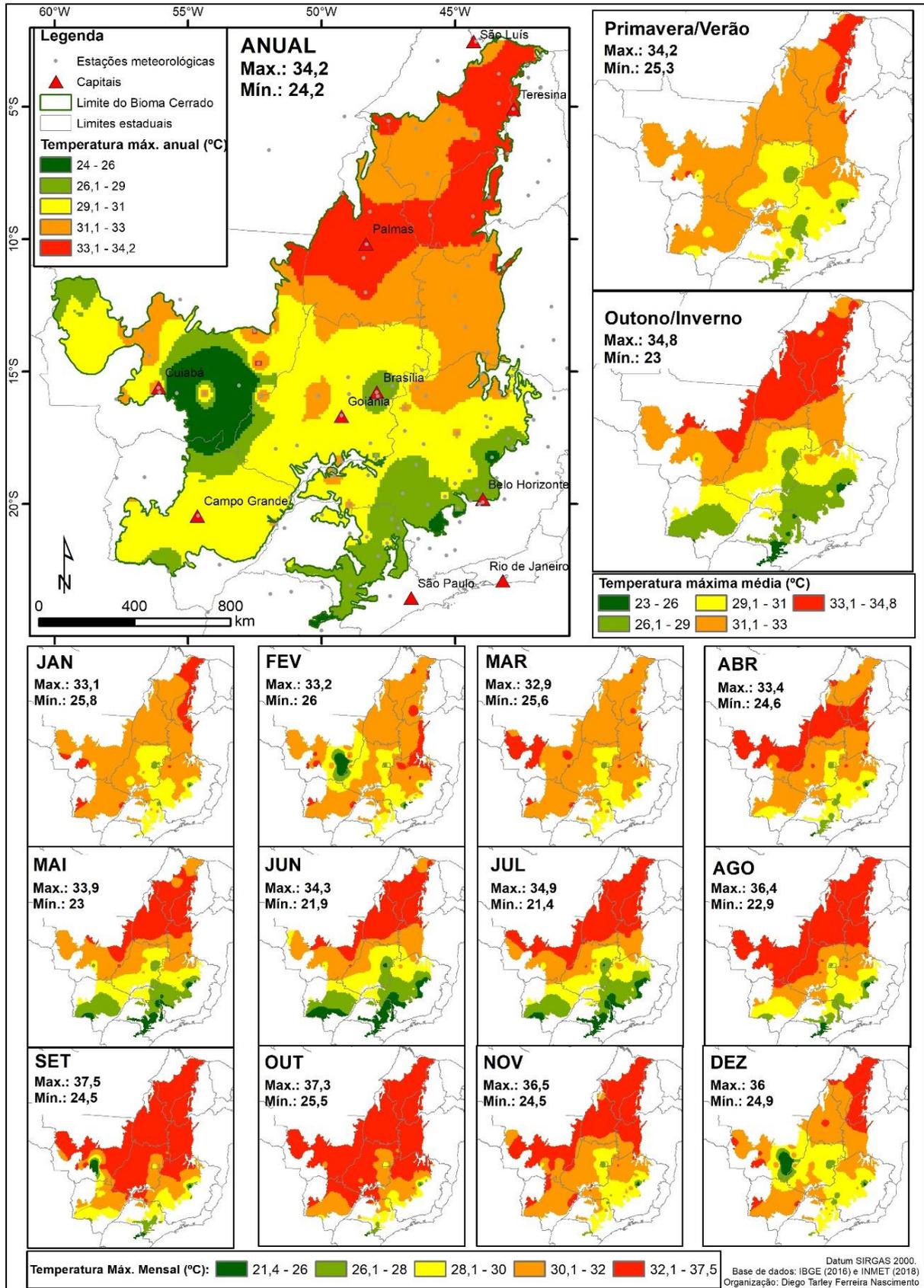
**Figura 2:** Temperatura média do bioma Cerrado (1981/2010) – média anual, sazonal e mensal.  
 Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento (2020). Obs.: Para acessar o mapa com melhor resolução, acessar [http://abre.ai/cerrado\\_temp\\_media](http://abre.ai/cerrado_temp_media)

### Temperatura máxima anual, sazonal e mensal do Cerrado

O padrão espacial da média anual de temperatura máxima é bastante semelhante ao da temperatura média, com os maiores valores registrados na porção norte do bioma, a partir dos limites norte de Goiás e de Minas Gerais, alcançando valor máximo de 34,2°C (em Floriano-PI), enquanto que os menores valores são verificados sobre o estado do Mato Grosso, nas imediações do Distrito Federal e também na porção sudeste do bioma, sobre os estados de Minas Gerais e São Paulo, alcançando o registro mínimo de 24,2°C (Diamantina-MG). A média espacial da temperatura máxima é de 30,2°C, havendo o predomínio espacial de classes de temperaturas intermediárias, de 29,1 a 33°C, ocupando a 38,4% do bioma, que, junto à classe subsequente, de 31,1 a 33°C, passa a representar 63,4% do Cerrado – Figura 3.

Um comportamento interessante das temperaturas máximas é percebido nos mapas que retratam as estações chuvosa (primavera/verão) e seca (outono/inverno). Apesar da relativa proximidade dos maiores valores de temperatura máxima, percebe-se o predomínio espacial da classe com maiores valores (33,1 a 34,8°C) justamente no período de outono e inverno, ao passo que durante o período de primavera e verão essa classe se restringe ao extremo nordeste do bioma. Isso pode ser explicado pela condição sinótica do período de estiagem, com predomínio da massa tropical atlântica, que repercute céu claro e, por isso, maior insolação e incremento das temperaturas, especialmente as máximas. No caso do menor registro de temperatura máxima, durante a primavera e verão esse valor é de 25,3°C, ao passo que durante o outono e inverno ele é inferior, de 23°C.

Esse comportamento é também vislumbrado nos mapas que representam a variação mensal da temperatura máxima no Cerrado, com os meses do outono e inverno apresentando uma extensa área ocupada pela classe de maiores valores de temperatura (32,1 a 37,5°C), sobretudo na porção norte e noroeste do bioma, e ocorrência das classes com menores valores de temperatura máxima (< 28°C) numa faixa que se estende do Distrito Federal até o estado de Minas Gerais e na porção sudoeste do bioma, certamente por influência da altitude e da maior atuação da massa polar. Nos meses da primavera (outubro a dezembro) o predomínio espacial é da classe com maiores valores de temperatura máxima, enquanto que nos meses do verão (janeiro a março) passam a predominar a classe precedente, com temperaturas entre 30,1 e 32°C.



**Figura 3:** Temperatura máxima do bioma Cerrado (1981/2010) – média anual, sazonal e mensal.  
Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento (2020). Obs.: Para acessar o mapa com melhor resolução, acessar [http://abre.ai/cerrado\\_temp\\_max](http://abre.ai/cerrado_temp_max)

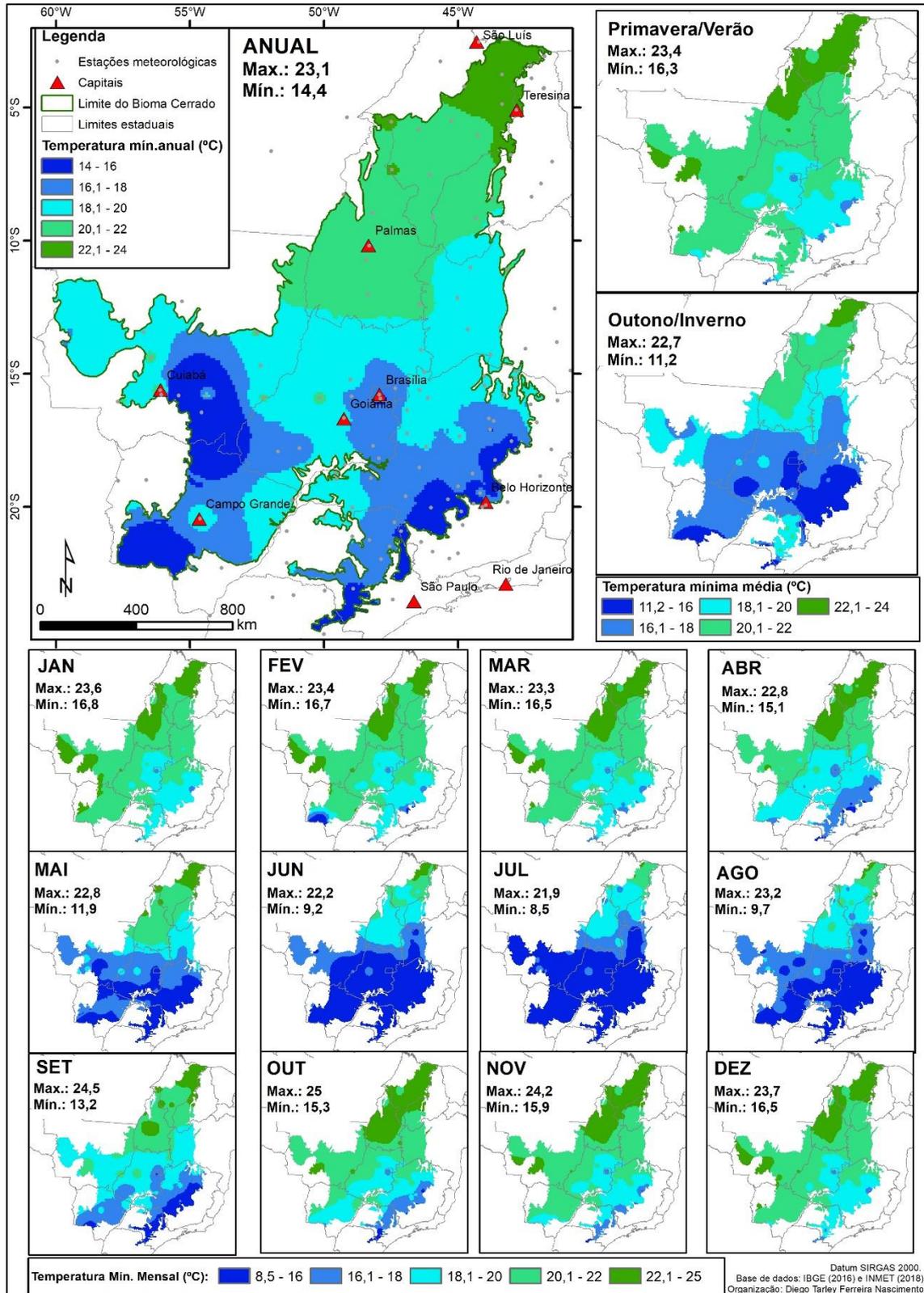
## Temperatura mínima anual, sazonal e mensal do Cerrado

A variação espacial da média anual de temperatura mínima, indicada pelo mapa disposto na porção superior e esquerda da Figura 4, é também bastante semelhante à da temperatura média e máxima. Em fato, observa-se a influência da latitude, da altitude e também da dinâmica e do caminho preferencial de deslocamento dos sistemas atmosféricos na configuração espacial e temporal das temperaturas. No caso da temperatura mínima, a média espacial é de 18,4°C, com valores partindo dos 14,4°C (registrado em Florestal-MG) e alcançando os 23,1°C (Floriano-PI), havendo o predomínio espacial da classe com valores de temperatura variando entre 18,1 e 20°C, perfazendo 37,7% do bioma, seguida pela classe subsequente, com temperaturas entre 20,1 e 22°C (23%).

Ao longo dos períodos chuvoso e seco há uma inversão do padrão espacial das temperaturas, uma vez que no primeiro (primavera e verão) há o predomínio das classes com temperaturas mínimas superiores a 20,1°C ao passo que durante o segundo (outono e inverno) predominam as classes de temperaturas mínimas inferiores a 18°C.

Esse mesmo padrão é evidente entre os mapas que representam a variação espacial das temperaturas mínimas ao longo dos meses. Entre outubro e março, o predomínio espacial é de classes com temperaturas acima de 20,1°C, com temperaturas inferiores a este patamar se concentrando sobretudo na porção leste, sudeste e sudoeste de Goiás, em Minas Gerais, São Paulo e no Mato Grosso do Sul, por conta da influência da altitude, da latitude e da incursão de massas de ar de origem polar. Os maiores valores de temperatura nestes meses se concentram na porção norte do bioma, sobre os estados do Tocantins, Maranhão, Piauí e Mato Grosso.

Nos meses de abril e setembro percebe-se o predomínio da classe com valores intermediários de temperatura mínima, 18,1 a 20°C, denotando o período de transição do verão para outono e do inverno para a primavera, respectivamente. Por sua vez, ao longo dos meses de maio a agosto, especialmente em junho e julho, há o predomínio da classe com menores valores de temperatura mínima, entre 8,5 e 16°C.



**Figura 4:** Temperatura mínima do bioma Cerrado (1981/2010) – média anual, sazonal e mensal.  
 Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento (2020). Obs.: Para acessar o mapa com melhor resolução, acessar [http://abre.ai/cerrado\\_temp\\_min](http://abre.ai/cerrado_temp_min)

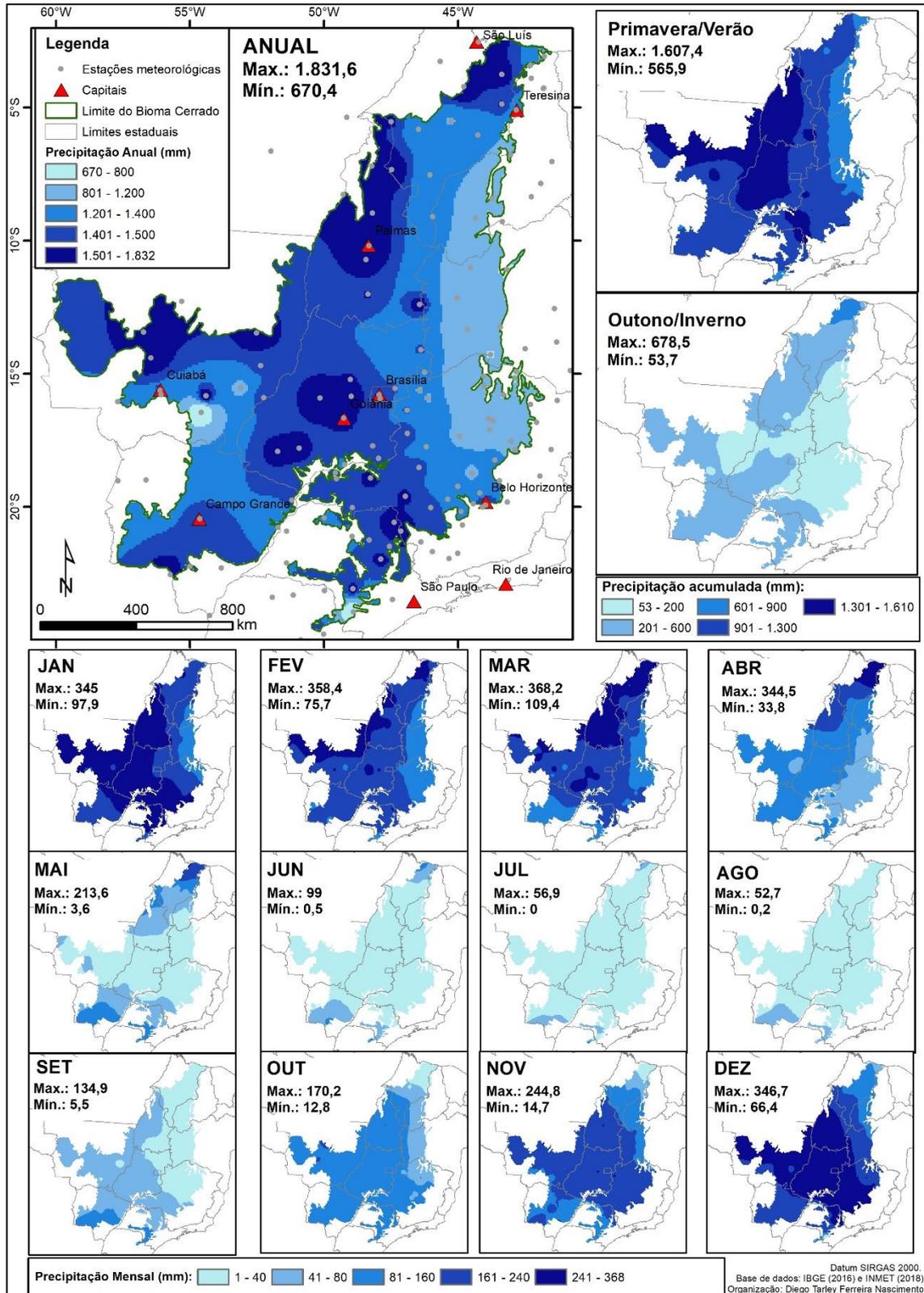
## Precipitação anual, sazonal e mensal do Cerrado

Enquanto a variação das temperaturas ocorre, principalmente, em faixas latitudinais, de forma decrescente em sentido norte a sul, no caso das precipitações a variação ocorre especialmente como resposta da posição geográfica e da atuação dos sistemas atmosféricos responsáveis pelo transporte de umidade e formação de chuvas, a saber: a massa equatorial continental (mEc), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) – Figura 5.

A ZCIT atua sobretudo no extremo norte do Cerrado, sobre os estados do Maranhão e Piauí, ao passo a mEc e a ZCAS avançam para o bioma respeitando o caminho preferencial das depressões marginal sul-amazônica, do Araguaia e do Tocantins, justamente onde são observados as maiores médias de precipitação anual, acima de 1.401mm, alcançando o valor máximo de 1.831,6mm (registrado em Palmas-TO) – Figura 5. Os menores valores de média anual de precipitação, abaixo de 800mm, se concentram numa faixa que margeia o limite leste do bioma. A média espacial é de 1.359mm, havendo o predomínio espacial da classe de valores de média anual de precipitação variando entre 1.401 e 1.500mm, sobre 37,4% do Cerrado, seguida, bem próxima, pela classe precedente, de 1.201 a 1.400mm, ocupando 30,3% do território.

A marcante sazonalidade das chuvas é evidenciada pelos mapas na porção superior e direita da Figura 5, com o predomínio das classes com médias de precipitação superiores a 901mm no período chuvoso, isto é, primavera e verão, e de classes com médias de precipitação inferiores a 600mm no período seco, de outono e inverno, quando é possível verificar o valor mínimo de apenas 53mm de precipitação neste período do ano.

Em fato, os mapas que representam a variação mensal das chuvas no Cerrado destacam essa dinâmica sazonal, sendo possível perceber que durante os meses de maio a agosto o predomínio espacial é da classe com médias mensais abaixo de 40mm, chegando a registrar nenhuma precipitação, conforme visto no mês de julho. O mês de setembro pode ser apontado como período de transição entre as estações, ao passo que de outubro a abril verifica-se o predomínio de classes com médias mensais de precipitação superiores a 81mm, sendo dezembro e janeiro-fevereiro os meses mais chuvosos, em que predominam médias mensais superiores a 241mm de precipitação.



**Figura 5:** Precipitação do bioma Cerrado (1981/2010) – média anual, sazonal e mensal.  
Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento (2020). Obs.: Para acessar o mapa com melhor resolução, acessar [http://abre.ai/cerrado\\_precip](http://abre.ai/cerrado_precip)

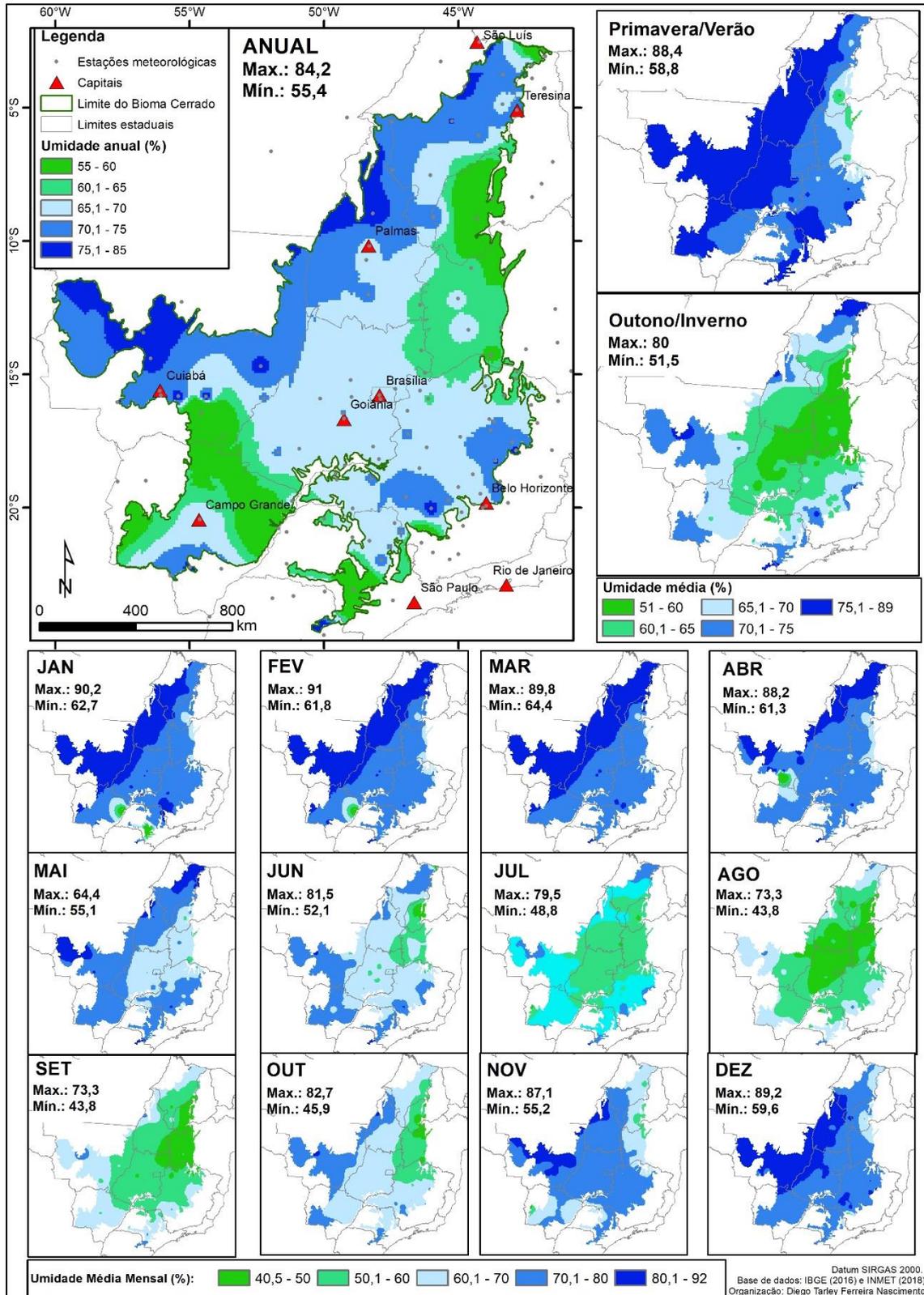
## Umidade relativa do ar anual, sazonal e mensal do Cerrado

Da mesma forma que há uma sazonalidade marcante das chuvas na região dos Cerrados, o mesmo é observado para a umidade do ar. Tendo como recorte espacial a cidade de Goiânia-GO, situada na porção central do bioma, e a série temporal de 1961 a 2018, Nascimento, Lima e Cruz (2019) destacam que durante o período de estiagem é recorrente registros de baixa umidade relativa do ar abaixo de 30%, valor este que a Organização Mundial de Meteorologia considera como atenção para o conforme humano, havendo, inclusive, eventos extremos em que a umidade alcança os 11%, valor este considerado como de emergência, especialmente por conta de agravos cardiovasculares e respiratórios, sobretudo para crianças e idosos.

Conforme exposto pela Figura 6, a média anual de umidade do ar varia entre 55,4 e 84,2%, com os menores valores concentrados nas porções nordeste e sudoeste do bioma, enquanto que os maiores registros podem ser evidenciados em algumas localidades à sudeste e sul do bioma e ao longo de uma faixa em sentido norte à noroeste, que margeia o limite do Cerrado com a Amazônia. A média espacial é de 66,5% e o predomínio é da classe de valores intermediários de média anual de umidade, de 66,1 a 70%, ocupando cerca de 33% do território do bioma, seguido pela classe subsequente, de 70 a 75% de umidade, por 21,8% do Cerrado.

No período chuvoso, da primavera e verão, o predomínio é de médias de umidade relativa do ar superiores a 70%, com valores acima de 75,1% verificados à noroeste, oeste e sudoeste e sudeste do bioma. Por sua vez, durante o período seco, de outono e inverno, passam a predominar médias de umidade abaixo de 65%, sobretudo na porção central e nordeste do Cerrado, esta última no limite do bioma com a Caatinga.

Os meses de julho, agosto e setembro são os que apresentam os menores registros de umidade relativa do ar predominando as classes de média mensal de umidade com valores abaixo de 60%, com a menor média mensal, de 43,8%, registrada tanto em agosto quanto em setembro. No caso da umidade relativa do ar, os meses de outubro e junho podem ser considerados como de transição, quando predomina a classe com valores intermediários de média mensal de umidade (60,1 a 70%), enquanto que de novembro a maio observa-se o predomínio de médias mensais de umidade do ar superiores a 70% - alcançando valor máximo em fevereiro, quando se registra a média mensal de 91% de umidade.



**Figura 6:** Umidade do ar do bioma Cerrado (1981/2010) – média anual, sazonal e mensal.  
Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento (2020). Obs.: Para acessar o mapa com melhor resolução, acessar [http://abre.ai/cerrado\\_umid](http://abre.ai/cerrado_umid)

### Variabilidade climática na área core do cerrado

O tópico anterior tratou das características climáticas do bioma Cerrado, elencando a variação espacial e temporal dos principais elementos climáticos. Contudo, esta representação e análise individual dos elementos do clima, de caráter essencialmente quantitativo e com uso de médias, é a abordagem da climatologia tradicional, devendo ser um recurso introdutório, tendo em vista não contemplar a (significativa) variabilidade intrínseca aos elementos e fenômenos climáticos.

Portanto, neste tópico inicialmente é representada a variabilidade anual e o regime mensal das chuvas em Goiânia-GO, a partir do pluviograma de Schroder, e, em seguida, retratada a variação diária dos principais elementos climáticos, com a indicação dos sistemas atmosféricos atuantes, em um gráfico de análise rítmica, para a percepção da sucessão e do ritmo climático nesta localidade considerada como área core do Cerrado.

### Variabilidade anual e distribuição mensal das chuvas na área core do Cerrado

O pluviograma da Figura 7 indica para Goiânia totais anuais de precipitação variando entre 1.064,30mm (registrado em 1963) e 2.049,40mm (em 1982) – o que representa uma diferença de 985,10mm entre o ano mais chuvoso e o mais seco.

Considerando os valores mensais de precipitação, e a respectiva faixa de distribuição percentual na qual cada mês se enquadra, ao longo dos anos é possível vislumbrar que o período chuvoso geralmente se inicia no mês de outubro e se estende até o mês de abril – caracterizando um período chuvoso de sete meses e o período seco de cinco meses (maio a setembro), condizente com o que Nimer (1979), Monteiro (1951) e Silva, Assad e Evangelista (2008) apontam para a região em apreço.

Todavia, percebe-se que o início do período chuvoso não é mesmo ao longo dos anos, podendo o início das chuvas ser adiantado para setembro ou adiado para novembro. De mesma forma, o término e, conseqüentemente, a extensão do período chuvoso são variáveis ao longo da série temporal - com anos em que as chuvas se estendem até maio. Interessante destacar os anos de 1976, 1977 e 2001, nos quais o período de chuvas se estendeu até o mês de maio e retornou já em setembro – reduzindo o período de estiagem de cinco para apenas três meses. Além disso, a coincidência do adiantamento do início das chuvas em setembro de um ano com o adiamento do término das chuvas em maio do ano posterior, proporcionou aos anos hidrológicos de 1976/1977, 1989/1990 e 2000/2001 um período chuvoso de nove meses.

| Ano  | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun  | Jul  | Ago  | Set   | Out   | Nov   | Dez   | Total Anual |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 1961 | 303,7 | 257,8 | 173,0 | 31,3  | 18,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 109,1 | 214,8 | 247,5 | 1355,2      |
| 1962 | 180,2 | 159,7 | 290,1 | 62,3  | 44,6  | 0,2  | 0,0  | 0,2  | 10,3  | 280,7 | 180,4 | 238,9 | 1447,6      |
| 1963 | 258,9 | 281,5 | 63,5  | 87,7  | 17,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 17,0  | 32,2  | 168,1 | 138,3 | 1064,3      |
| 1964 | 350,7 | 248,1 | 101,0 | 112,8 | 55,7  | 0,0  | 2,3  | 0,0  | 92,3  | 271,6 | 181,9 | 205,1 | 1621,5      |
| 1965 | 335,6 | 113,6 | 199,1 | 148,2 | 15,8  | 40,6 | 0,2  | 0,5  | 75,0  | 401,6 | 160,3 | 206,9 | 1697,4      |
| 1966 | 265,5 | 275,9 | 186,6 | 93,8  | 63,6  | 0,0  | 0,0  | 4,8  | 32,2  | 125,1 | 137,7 | 426,0 | 1611,2      |
| 1967 | 232,5 | 166,7 | 258,5 | 137,6 | 0,0   | 3,0  | 0,0  | 0,0  | 12,8  | 118,0 | 228,1 | 216,3 | 1373,5      |
| 1968 | 255,1 | 388,9 | 112,0 | 97,9  | 6,2   | 7,5  | 0,0  | 19,0 | 9,9   | 129,1 | 191,7 | 247,4 | 1464,7      |
| 1969 | 334,9 | 161,3 | 231,8 | 67,5  | 30,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,9   | 171,3 | 405,0 | 291,1 | 1699,8      |
| 1970 | 280,6 | 234,9 | 238,9 | 128,2 | 14,4  | 1,8  | 0,0  | 1,8  | 62,3  | 218,0 | 335,6 | 96,9  | 1613,4      |
| 1971 | 139,5 | 261,2 | 266,5 | 96,6  | 39,3  | 11,2 | 10,6 | 0,0  | 64,3  | 243,8 | 294,2 | 330,7 | 1757,9      |
| 1972 | 228,7 | 262,3 | 167,0 | 111,8 | 41,2  | 0,0  | 11,0 | 48,1 | 33,0  | 147,7 | 309,7 | 361,2 | 1721,7      |
| 1973 | 310,0 | 198,0 | 216,6 | 154,9 | 43,6  | 11,3 | 0,0  | 0,0  | 8,4   | 229,7 | 252,1 | 248,5 | 1673,1      |
| 1974 | 127,5 | 141,0 | 325,8 | 225,8 | 48,2  | 1,2  | 0,0  | 32,7 | 0,5   | 87,3  | 110,2 | 206,4 | 1306,6      |
| 1975 | 202,9 | 217,3 | 135,6 | 182,8 | 17,7  | 1,3  | 15,3 | 0,0  | 53,3  | 161,6 | 249,2 | 206,3 | 1443,3      |
| 1976 | 149,0 | 156,5 | 295,2 | 72,4  | 113,3 | 16,0 | 3,2  | 3,5  | 148,3 | 142,5 | 336,7 | 301,5 | 1738,1      |
| 1977 | 322,4 | 152,0 | 119,8 | 186,3 | 124,9 | 50,8 | 0,0  | 14,7 | 65,3  | 189,0 | 170,0 | 154,4 | 1549,6      |
| 1978 | 277,3 | 287,1 | 221,7 | 125,8 | 45,1  | 0,2  | 25,5 | 0,0  | 58,2  | 81,8  | 151,6 | 217,9 | 1492,2      |
| 1980 | 540,8 | 403,9 | 56,4  | 29,0  | 2,8   | 40,3 | 0,0  | 6,6  | 94,8  | 79,6  | 178,5 | 235,0 | 1667,7      |
| 1982 | 317,7 | 137,5 | 424,0 | 144,5 | 74,6  | 0,0  | 2,2  | 36,7 | 56,4  | 264,2 | 150,2 | 441,4 | 2049,4      |
| 1983 | 348,2 | 183,6 | 231,9 | 201,1 | 26,0  | 6,4  | 27,2 | 0,0  | 46,8  | 144,9 | 302,9 | 252,2 | 1771,2      |
| 1984 | 185,8 | 197,0 | 250,2 | 193,7 | 32,9  | 0,0  | 0,0  | 38,2 | 61,0  | 132,7 | 117,3 | 264,9 | 1473,7      |
| 1985 | 442,3 | 152,7 | 237,3 | 147,7 | 1,3   | 0,0  | 3,7  | 0,0  | 54,5  | 244,2 | 225,1 | 240,9 | 1749,7      |
| 1986 | 230,9 | 187,7 | 97,0  | 60,6  | 21,5  | 0,0  | 9,2  | 73,9 | 26,8  | 48,5  | 178,2 | 334,7 | 1269,0      |
| 1987 | 276,7 | 115,2 | 221,5 | 178,9 | 18,6  | 0,1  | 0,0  | 1,2  | 63,6  | 194,5 | 220,9 | 372,7 | 1663,9      |
| 1988 | 202,6 | 337,5 | 225,1 | 222,0 | 12,8  | 51,6 | 0,0  | 0,0  | 17,7  | 151,6 | 122,2 | 208,0 | 1551,1      |
| 1989 | 165,8 | 244,8 | 194,0 | 24,4  | 3,2   | 12,6 | 26,9 | 53,6 | 85,9  | 153,0 | 215,7 | 479,7 | 1659,6      |
| 1990 | 205,7 | 90,1  | 249,9 | 85,7  | 72,4  | 0,4  | 3,8  | 21,5 | 31,9  | 142,1 | 243,0 | 218,0 | 1364,5      |
| 1991 | 301,2 | 236,6 | 276,7 | 168,7 | 2,9   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 76,7  | 131,2 | 88,5  | 251,5 | 1534,0      |
| 1992 | 257,0 | 229,3 | 208,3 | 169,4 | 15,8  | 0,0  | 0,0  | 0,3  | 125,5 | 368,9 | 214,1 | 335,7 | 1924,3      |
| 1993 | 132,4 | 249,7 | 201,2 | 42,8  | 17,0  | 38,0 | 0,0  | 58,9 | 44,2  | 178,1 | 219,6 | 316,2 | 1498,1      |
| 1994 | 337,7 | 184,9 | 304,3 | 67,7  | 17,7  | 28,7 | 8,6  | 0,0  | 5,1   | 112,0 | 296,7 | 247,0 | 1610,4      |
| 1995 | 278,0 | 207,6 | 398,9 | 173,8 | 81,6  | 3,6  | 0,0  | 0,0  | 12,4  | 104,1 | 185,3 | 249,0 | 1694,3      |
| 1996 | 213,6 | 174,4 | 320,4 | 239,1 | 21,0  | 0,5  | 0,1  | 43,5 | 54,5  | 308,8 | 214,8 | 172,4 | 1763,1      |
| 1997 | 268,5 | 186,9 | 425,2 | 122,9 | 54,8  | 76,4 | 0,0  | 6,6  | 33,1  | 63,6  | 211,6 | 146,5 | 1596,1      |
| 1998 | 245,9 | 326,3 | 264,2 | 69,6  | 20,5  | 0,4  | 0,0  | 3,6  | 41,3  | 145,6 | 256,0 | 201,0 | 1574,4      |
| 1999 | 196,5 | 188,2 | 119,2 | 27,6  | 66,7  | 7,0  | 0,0  | 0,0  | 70,9  | 175,0 | 200,8 | 295,6 | 1347,5      |
| 2000 | 385,7 | 319,8 | 207,4 | 44,6  | 9,4   | 0,0  | 0,6  | 31,5 | 106,0 | 84,3  | 327,8 | 316,4 | 1833,5      |
| 2001 | 209,0 | 226,9 | 181,6 | 172,0 | 72,1  | 2,0  | 0,0  | 51,5 | 124,5 | 185,0 | 314,7 | 227,6 | 1766,9      |
| 2002 | 253,7 | 398,0 | 300,3 | 27,5  | 12,0  | 0,0  | 0,2  | 6,3  | 69,5  | 34,4  | 149,7 | 284,8 | 1536,4      |
| 2003 | 314,9 | 267,5 | 202,3 | 107,9 | 0,2   | 0,0  | 0,0  | 12,9 | 35,3  | 110,5 | 265,2 | 224,3 | 1541,0      |
| 2004 | 282,3 | 310,2 | 264,2 | 120,3 | 18,0  | 1,0  | 5,8  | 0,0  | 6,2   | 168,1 | 128,6 | 251,2 | 1555,9      |
| 2005 | 237,5 | 176,4 | 526,0 | 50,4  | 34,2  | 2,6  | 0,0  | 3,2  | 55,8  | 90,9  | 269,7 | 460,2 | 1906,9      |
| 2006 | 137,9 | 217,4 | 319,1 | 206,2 | 20,1  | 0,0  | 0,0  | 10,6 | 84,1  | 283,4 | 188,2 | 238,1 | 1705,1      |
| 2007 | 200,1 | 267,4 | 87,3  | 59,6  | 9,2   | 5,1  | 6,0  | 0,0  | 1,8   | 55,9  | 223,1 | 179,7 | 1095,2      |
| 2008 | 280,8 | 294,4 | 373,8 | 202,2 | 53,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 51,8  | 109,4 | 197,5 | 246,2 | 1809,3      |
| 2009 | 178,6 | 148,2 | 185,6 | 258,0 | 41,2  | 31,3 | 2,0  | 16,8 | 71,0  | 196,4 | 194,9 | 443,9 | 1767,9      |
| 2010 | 98,3  | 208,0 | 190,4 | 188,4 | 0,0   | 14,3 | 0,0  | 0,0  | 16,9  | 107,9 | 281,9 | 449,8 | 1555,9      |
| 2011 | 287,8 | 240,4 | 367,1 | 62,3  | 0,0   | 15,3 | 0,0  | 0,0  | 1,2   | 300,3 | 245,4 | 292,8 | 1812,6      |
| 2012 | 467,4 | 358,0 | 268,0 | 176,2 | 40,0  | 18,3 | 3,0  | 0,0  | 57,3  | 92,8  | 224,5 | 188,6 | 1894,1      |
| 2013 | 353,5 | 125,1 | 234,9 | 44,3  | 44,1  | 7,3  | 0,0  | 0,7  | 32,9  | 135,2 | 273,6 | 530,5 | 1782,1      |
| 2014 | 143,6 | 187,8 | 361,1 | 325,2 | 19,7  | 0,0  | 15,7 | 0,0  | 31,3  | 69,2  | 170,5 | 337,9 | 1662,0      |
| 2015 | 73,6  | 225,2 | 312,3 | 204,2 | 70,7  | 0,0  | 2,7  | 3,6  | 30,4  | 18,2  | 354,8 | 207,7 | 1503,4      |
| 2016 | 484,8 | 155,1 | 156,2 | 1,3   | 33,2  | 0,0  | 0,0  | 15,7 | 26,5  | 209,2 | 110,4 | 169,6 | 1362,0      |
| 2017 | 176,1 | 153,2 | 215,5 | 200,1 | 48,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 9,5   | 51,2  | 296,1 | 239,1 | 1389,0      |
| 2018 | 206,6 | 288,7 | 156,7 | 224,5 | 13,1  | 0,0  | 0,0  | 18,7 | 32,0  | 223,6 | 186,0 | 190,1 | 1540,0      |
| 2019 | 143,2 | 195,2 | 192,1 | 212,8 | 78,8  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 18,6  | 85,3  | 160,6 | 218,5 | 1305,3      |

Legenda: < 2% 2,1 a 3,9% 4 a 8,2% 8,3 a 12% > que 12,5% Mês mais seco Mês mais chuvoso

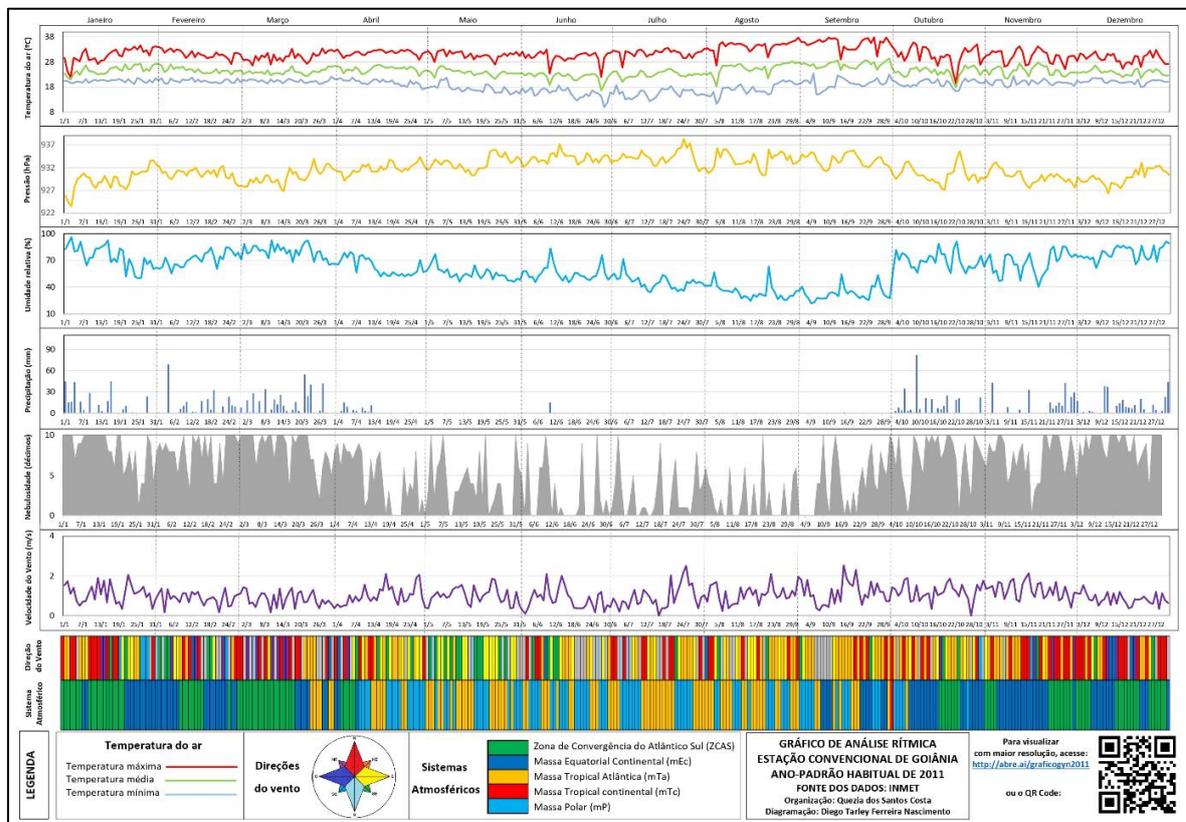
**Figura 7:** Pluviograma dos acumulados anuais e mensais e distribuição proporcional da precipitação para Goiânia-GO (1981/2010). Fonte: Nascimento, Pessoa-De-Souza e Silva (2019). Obs.: Para acessar o mapa com melhor resolução, acessar [http://abre.ai/chuvas\\_gyn](http://abre.ai/chuvas_gyn)

O mês mais chuvoso do ano pode ser dezembro ou janeiro, mas também sendo verificado em março, fevereiro, novembro ou outubro. Por sua vez, os meses mais secos

do ano são julho, junho e agosto, mas podendo também ocorrer em maio e setembro. Interessante observar que o mês mais seco pode se estender por três meses consecutivos sem precipitação alguma, conforme visto em 1963, 1969, 1991, 2008 e 2017, inclusive com a possibilidade dessa condição por se prolongar até o mês de setembro, ocasionando um período de estiagem mais prolongado – semelhante ao visto em 1961.

Ritmo diário dos tipos de tempo e da dinâmica atmosférica na área core do Cerrado

Ao representar a variação diária dos elementos climáticos de Goiânia, em consonância com a atuação dos sistemas atmosféricos, o gráfico de análise rítmica representado pela Figura 8 fornece indícios para a percepção do “encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados”, considerado por Monteiro (1971, p. 9) como sendo o ritmo climático. Para o autor supracitado, “apenas a partir da escala diária é possível associar a variação dos elementos do clima aos tipos de tempo que se sucedem segundo os mecanismos de circulação” (ibidem, p. 10).



**Figura 8:** Gráfico de análise rítmica do ano de 2011 para Goiânia-GO. Elaboração: Quezia dos Santos Costa e Diego Tarley Ferreira Nascimento (2020). Obs.: para visualizar com maior resolução: <http://abre.ai/graficogyn2011>

Nos três primeiros meses do ano de 2011 são verificados eventos de precipitação, maiores valores de nebulosidade, de umidade e de temperatura (principalmente as mínimas) e menores de pressão atmosférica, associados ao predomínio da massa Equatorial continental (mEc) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sistemas responsáveis pelo transporte de umidade da região da Amazônia para o restante do Brasil e, portanto, pela formação das chuvas.

Este período, que, na verdade, se estende até a primeira semana de abril, retrata o verão, com temperatura média que oscilaram entre 20,9 e 27,4°C, temperatura máxima alcançando os 34,6°C e a mínima os 19,2°C. Predominaram neste ano registros de precipitação diária de até 30mm, com ocorrência de eventos que atingiram 54,8mm (21/03) e 69mm (04/02). A nebulosidade ocupa 10 décimos de céu coberto na maioria dos dias, o que representa céu totalmente encoberto/tomado por nuvens. Por sua vez, a umidade relativa do ar esteve sempre superior a 50%, predominando valores na faixa entre 70 e 100%. A velocidade do vento esteve sempre inferior a 2m/s, ocorrendo, geralmente, ventos com velocidade de 1m/s, ao passo que a direção do vento com maior ocorrência, foi a de origem norte e noroeste – associada justamente à mEc e à ZCAS.

A partir da segunda semana de abril, a massa Tropical atlântica (mTa) começa a atuar de forma mais significativa, com algumas incursões da massa polar (mP), ao longo de um período que se estende até o mês de setembro – caracterizando o outono e inverno. Como repercussão da atuação destes sistemas, há interrupção das chuvas, com registro de precipitação em apenas 15 dias em todo este período, com registros irrisórios, sendo o maior 15,2mm, verificado em 03/04. Além disso, é também perceptível a gradativa diminuição da umidade relativa do ar, alcançando o patamar de apenas 21,7%, em 04/09; e também da nebulosidade, passando a predominar céu parcialmente nublado, com pouca nebulosidade e aberto.

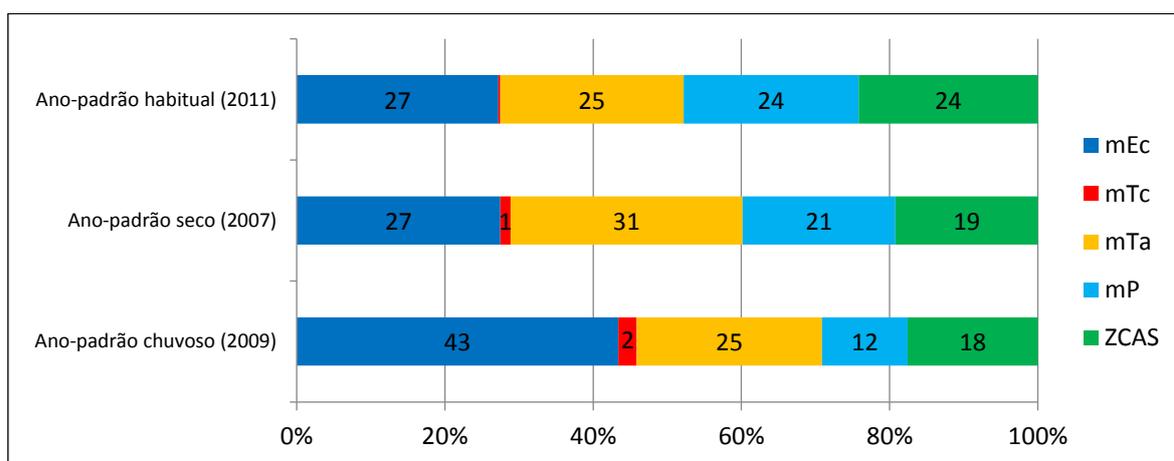
Também resultado da atuação intercalada destes dois sistemas atmosféricos de alta pressão (mTa e mP), percebe-se o incremento nos valores de pressão atmosférica, passando a predominar, neste período, valores de 923 a 937hPa. Há também um suave aumento na velocidade do vento, que chega a alcançar os 2,5m/s. No caso da direção, passam a soprar ventos de nordeste, leste e sudeste, representando justamente por onde avançam estes sistemas para a região em apreço. Para o caso das temperaturas, se observa uma suave redução da temperatura média e uma mais perceptível queda das mínimas, sendo registrado 10°C, em 28/06.

Contudo, como consequência da maior insolação causada por céu claro, ausência de precipitação e baixa umidade do ar, as temperaturas máximas mostraram incremento,

especialmente nos meses de agosto e setembro, chegando ao patamar de 37,8°C. Esse incremento das máximas, associado às quedas das temperaturas mínimas, repercutiu em elevadas amplitudes térmicas diárias, neste período do ano, conforme verificado em 05/08, quando foi registrado uma amplitude de 22°C. A partir de outubro, a mEc volta a atuar e predominar no quadro sinótico, com contribuição da ZCAS, e assim, retornando as condições do tempo atmosférico conforme visto no começo do ano.

A partir do gráfico de análise rítmica fica evidente que o clima da área core do Cerrado, mas que também pode ser projetado, espacialmente, a todo o bioma, é influenciado principalmente pelos sistemas regionais de circulação atmosférica de origem equatorial e tropical. O primeiro, caracterizado pela massa equatorial continental (mEc), configura o período chuvoso e quente de sete meses, relacionado à primavera e ao verão, ao passo que o segundo, relacionado à massa tropical atlântica (mTa), repercute o período de estiagem de cinco meses, verificado entre o outono e inverno. Além destes sistemas, também atuam a massa polar (mP) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a primeira responsável por quedas nas temperaturas, principalmente as mínimas, durante o outono e inverno, e a segunda, pela intensificação das chuvas na primavera e verão.

Contudo, esse é o quadro sinótico em um ano considerado como habitual por Nascimento (2016), voltado ao recorte espacial do estado de Goiás e do Distrito Federal, em área contígua. Para o autor supracitado, em um ano-padrão seco (2007) e outro chuvoso (2009), há uma atuação diferenciada dos sistemas atmosféricos, retratada pela maior atuação da mTa na primeira condição e da mEc na segunda – Figura 9.



**Figura 9:** Comparação da atuação anual das massas de ar no Estado de Goiás e Distrito Federal entre os anos-padrão habitual (2011), seco (2007) e chuvoso (2009).

Fonte: Nascimento (2016).

As principais repercussões desta atuação diferenciada dos sistemas atmosféricos entre anos habituais e excepcionais (secos e chuvosos) é haver um prolongamento do

período chuvoso em anos com maior atuação da mEc e um menor volume e quantidade de dias de precipitação quando da maior atuação da mTa, além de um diferente ritmo dos demais elementos climáticos, em especial a umidade relativa do ar, a nebulosidade, a pressão, as temperaturas máxima e mínima e a direção e velocidade dos ventos – o que também realça a variabilidade interanual do clima nas áreas de Cerrado.

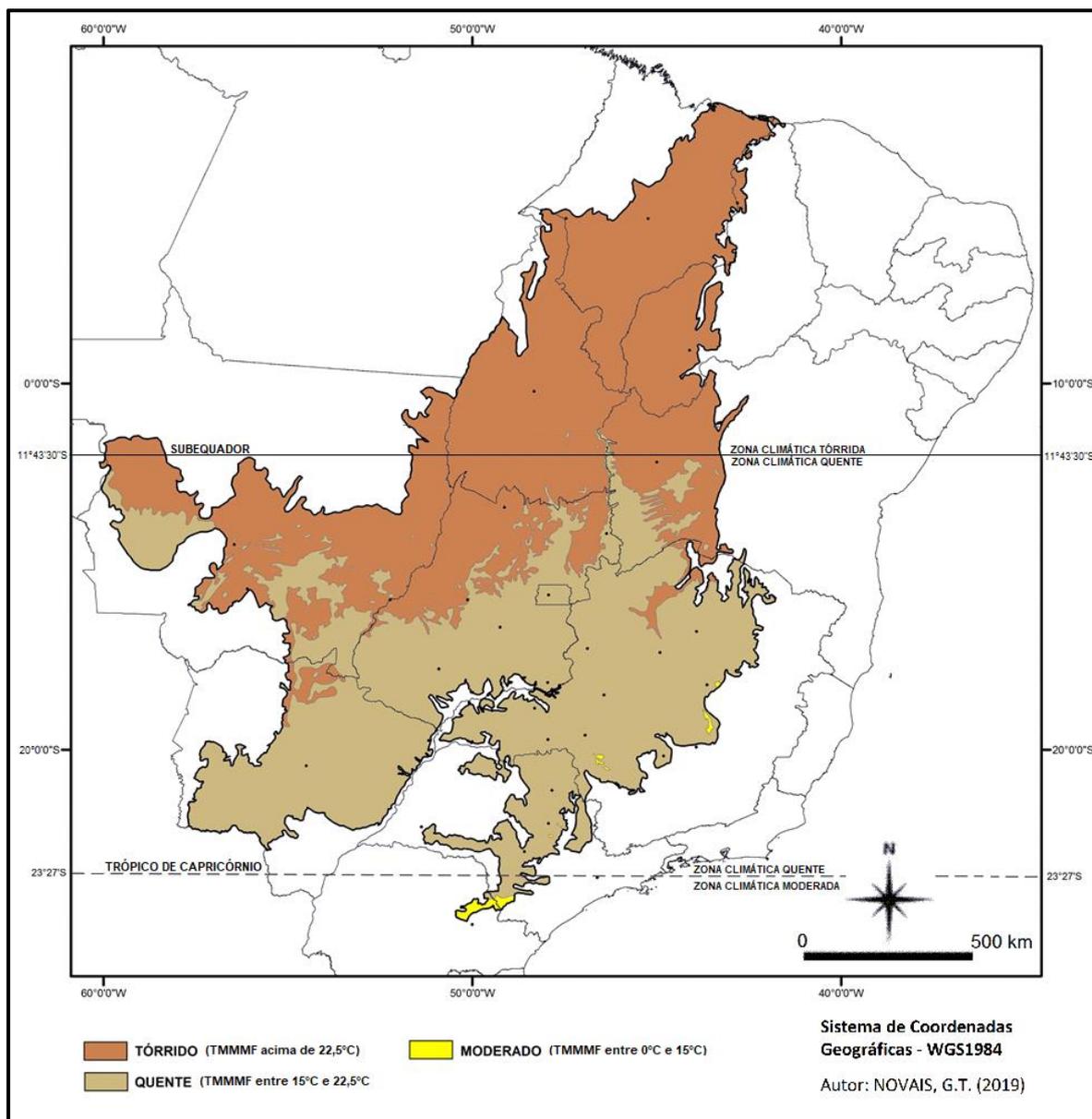
### **Classificação climática do cerrado**

Nesta seção é descrita a proposta de classificação climática desenvolvida por Novais (2019) para o bioma Cerrado. Segundo Nascimento, Luiz e Oliveira (2016), os sistemas de classificação climática possuem o intuito de sintetizar a grande quantidade de informações relacionadas as características do clima de um certo lugar. Uma unidade climática é uma compartimentação, uma classificação que sintetiza a dinâmica climática de um determinado lugar, seguindo uma hierarquia sistemática. As unidades climáticas utilizadas nesse trabalho variam desde as Zonas Climáticas (primeira hierarquia) aos Tipos (quinta hierarquia).

A temperatura média do mês mais frio (TMMMMF) é a principal variável utilizada no trabalho, delimitando todos os Climas Zonais e a maioria dos Domínios Climáticos. Seguindo a hierarquia das unidades climáticas, são propostos Domínios, Subdomínios e Tipos Climáticos, tendo como parâmetros a influência do balanço de energia, dos sistemas atmosféricos atuantes, a quantidade de meses secos (precipitação < evapotranspiração potencial) e aspectos geomorfológicos.

### **Zonas Climáticas e Climas Zonais**

De acordo com Novais (2017), dois paralelos cruzam a área do Cerrado Brasileiro separando as Zonas Climáticas *Tórrida*, *Quente* e *Moderada* (Figura 10); o *Subequador Meridional* em 11°43'30" de latitude sul (limite entre a Zona Climática *Tórrida* e *Quente*) e o Trópico de Capricórnio (limite entre a Zona Climática *Quente* e *Moderada*). Esses paralelos são delimitados pela incidência solar ou altura solar (ângulo do Sol em relação ao zênite local), afetando a quantidade de radiação solar que a superfície recebe. Na Zona Climática *Tórrida* a altura solar durante todo o ano fica próxima do zênite. Já na Zona Climática *Quente* a incidência é alta na primavera e no verão. Ao sul do Trópico de Capricórnio, ou seja, na Zona Climática *Moderada*, a incidência solar é alta somente no verão.



**Figura 10:** Climas Zonais do Cerrado.  
 Fonte: Novais (2019).

A segunda hierarquia dessa classificação climática é o *Clima Zonal*, sendo em número de três na área de estudo, o *Tórrido*, o *Quente* e *Moderado* (Figura 10). Nimer (1979) afirma que no território brasileiro há uma necessidade de se reconhecer mais variedades de clima quente, levando-se em conta o maior ou menor grau de temperatura. Sendo assim, os Climas Zonais conseguem realizar essa subdivisão térmica no Bioma Cerrado.

O *Clima Zonal Tórrido* tem origem na *Zona Climática Tórrida* e possui temperatura média no mês mais frio (TMMMF) superior a 22,5°C. Caracterizado por temperaturas elevadas o ano todo sem queda aparente em nenhuma estação. Aparece desde o entorno do Pantanal mato-grossense, passando pelos vales dos rios Araguaia, Tocantins e São

Francisco até os estados do Maranhão e Piauí. Com TMMMF entre 15°C e 22,5°C, o *Clima Zonal Quente* abrange a região centro-sul da área de estudo. As temperaturas são elevadas durante a maior parte do ano, com pequena queda na estação de inverno, sendo mais perceptível na região de transição com o Clima Zonal Moderado. O *Clima Zonal Moderado* tem TMMMF entre 0° C e 15°C. As geadas são frequentes e anuais, devido à queda brusca de temperatura no inverno, mas a incidência solar ainda é alta no verão, provocando temperaturas elevadas nessa estação do ano. Esse Clima Zonal avança para a região tropical através das regiões serranas, onde o resfriamento adiabático do ar é provocado pelas altas elevações. É o caso da serra da Canastra e do topo da serra do Espinhaço (pico do Itambé) em Minas Gerais.

### Domínios, subdomínios e tipos climáticos

No Cerrado, os *Domínios Climáticos* (terceira hierarquia da classificação climática) são em número de quatro, sendo eles: *Equatorial, Tropical, Tropical Ameno e Subtropical*.

- O *Domínio Equatorial* abrange a porção setentrional da área de estudo, e foi delimitado pela influência da ZCIT nas localidades climáticas. A alta precipitação pluviométrica nos meses de outono é uma das características principais desse domínio climático. Outros autores delimitam a região desse domínio somente na área de floresta Amazônica como é o caso de Strahler (1989) – clima Equatorial Úmido; Köppen (1948) – clima Am; e Nimer (1979) – Megatérmico Úmido. Bernardes (1951) coloca o norte de Tocantins e centro-norte dos estados do Maranhão e Piauí como parte do clima zonal Tropical da Zona Equatorial, utilizada também pelo atual mapa de climas do IBGE.
- Sem a influência da ZCIT e compreendendo a maior parte do Cerrado, o *Domínio Tropical* aparece desde o estado do Tocantins até os estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo. Strahler (1989) o classifica como clima Tropical alternadamente seco e úmido; Köppen (1948) considera essa região como Aw; e Nimer (1979) como Megatérmico Semi-úmido.
- O *Domínio Tropical Ameno* localiza-se nas áreas mais elevadas do centro do país, e nos planaltos meridionais do Cerrado, onde a TMMMF fica abaixo de 18°C. Esse Domínio faz a transição térmica do Tropical para o Subtropical, sendo descrito por Strahler como Tropical de Altitude, apesar de algumas áreas delimitadas não estarem a altitudes elevadas que provocam algum efeito adiabático. Para Köppen esse domínio climático concorda exatamente com a sua classificação Cwa, onde a temperatura do mês mais frio também é abaixo de 18°C. Para Nimer (1979) o domínio Tropical Ameno faz parte do clima Subquente.

- A possibilidade anual de formação de geada e TMMMF abaixo de 15°C são as condicionantes que tornam o *Domínio Subtropical* o mais frio do Cerrado. Ele é restrito ao planalto paranaense, locais mais elevados das serras da Canastra e do Espinhaço em Minas Gerais e nos topos dos reversos de cuesta no centro do estado de São Paulo. Para Strahler (1989) esse clima fica confinado ao sul do Trópico de Capricórnio tendo a denominação de Subtropical Úmido. Koppen (1948) já o classifica como Cfa e Cfb, e Nimer (1979) o coloca como Mesotérmico Brando, também não ultrapassando o norte do citado trópico.

Os *Subdomínios Climáticos* fazem parte da quarta hierarquia climática adotada por esse trabalho. Eles são definidos pela quantidade de meses secos, ou seja, a diferença entre a precipitação pluviométrica e a ETP mensal. Essa metodologia é considerada mais didática e de melhor entendimento, pois se a ETP excede a precipitação, quer dizer que há falta de água na entrada do sistema, tornando o mês seco. Em outras classificações climáticas, como por exemplo a de Nimer (1979), adotada pelo IBGE, para ser considerado mês seco, a precipitação pluviométrica não deve ser menor do que o dobro da média da temperatura do mês. Essa fórmula nos causa uma dúvida, pois a temperatura não se relaciona com a precipitação, sendo dois elementos climáticos distintos.

- O Subdomínio *Úmido* (de zero a três meses secos) aparece no extremo sul da área de estudo, nos planaltos paranaense e de Ponta Porã-MS. Nesses locais, a ETP é menor por causa da baixa temperatura média provocada pela posição latitudinal de entrada das frentes polares e também pela altitude dos planaltos, com isso, o valor da precipitação excede o da ETP tornando o mês sem seca.
- O Subdomínio *Semiúmido* (com quatro a cinco meses secos) localiza-se nas porções mais elevadas dos planaltos do centro-sul do Bioma Cerrado, e também no contato com as regiões mais úmidas da floresta Amazônica (Mato Grosso e Tocantins).
- A área de atuação do Subdomínio *Semiseco* (com seis a sete meses secos) é a maior do Cerrado, caracterizada por uma sazonalidade típica do bioma, uma estação chuvosa e outra seca (onde a precipitação não excede a ETP).
- Quando a quantidade de meses secos fica entre oito e onze, o subdomínio é o *Seco*. Nesses locais a ETP é maior que a precipitação em grande parte do ano, ocorrendo principalmente na área de transição entre o Cerrado e a Caatinga, mas também no entorno do Pantanal mato-grossense e vale do rio Paraná (MS/SP).

A quinta hierarquia dessa classificação climática é constituída pelos *Tipos Climáticos*. São unidades que demonstram a localização dos *Domínios e Subdomínios Climáticos* dentro território brasileiro. Essa metodologia de delimitação dessa unidade climática melhora a diferenciação de climas de mesma nomenclatura localizados em diferentes porções do território, como por exemplo: um Subdomínio Climático localizado no litoral brasileiro tem características diferentes devido a influência do oceano, dos sistemas meteorológicos, de correntes marítimas, e do relevo que atuam nesse local, se comparado ao mesmo Subdomínio localizado no interior do país. Uma das críticas ao sistema de Koppen é que tipos climáticos iguais aparecem em locais bem diferentes e distantes, como é o caso do Af, que surge em Belém-PA e também na Baixada Santista, em SP. Os tipos climáticos delimitados para o Cerrado são:

- O *Tipo Litorâneo* aparece na planície litorânea dos estados do Maranhão e Piauí, estendendo-se pelo interior até os patamares setentrionais da serra das Alpercatas, onde a altitude ultrapassa os 150 metros.
- A área de transição entre o Cerrado e a floresta Amazônica, no norte do estado do Tocantins e oeste do Maranhão, é denominada de *Tipo Climático Amazônico*; caracterizando-se pela atuação máxima da ZCIT no interior da área de estudo, fazendo o limite entre os *domínios Equatorial e Tropical*.
- O *Tipo Setentrional* é marcado pela alta pluviosidade média da porção norte do *Domínio Tropical*, tendo seus limites a nordeste pela Floresta Amazônica e a leste no *Subdomínio Semiseco*. As escarpas da chapada das Mangabeiras (MA/TO/PI) e do Espigão Mestre (na Bahia) delimitam a porção sudeste desse tipo climático. O *Tipo Climático Setentrional* também se aplica ao *Domínio Subtropical*, abrangendo áreas localizadas ao norte do Trópico de Capricórnio, como nas Serras da Canastra e do Espinhaço em Minas Gerais, e nos locais mais elevados do Planalto Ocidental Paulista.
- O *Tipo Climático Nordestino* estende-se desde o Maranhão até o centro-norte do estado de Minas Gerais, tendo como característica principal a transição entre o Cerrado e a Caatinga. Abrange todo o *Subdomínio Seco* que aparece na porção oriental da área de estudo, delimitando com o *Tipo Central* nas cabeceiras dos principais afluentes do rio São Francisco nos estados da Bahia e Minas Gerais.
- A região do *Tipo Climático Central* é marcada pela sazonalidade típica do Cerrado proporcionada pelo domínio *Tropical* e seus principais *Subdomínios*, o *Semiúmido e o Semiseco*. Engloba todo o Planalto Central, vale do rio Araguaia (Goiás e Mato Grosso) e sul do Tocantins. Ao sul, o limite com o *Tipo Meridional* se faz nos locais onde há possibilidade de formação de geada no período climatológico (30 anos).

- O *Tipo Climático Ocidental* localiza-se no estado do Mato Grosso, porção mais oeste da área de estudo. Os *subdomínios* que aparecem nessa unidade climática são o *semiúmido* (alcançando a floresta Amazônica no extremo oeste), *Semiseco* na maior parte e *seco* no contato com o Pantanal. Também faz limite com o *Tipo Central* a leste da serra do Roncador, e com o *Tipo Meridional* a sul da serra de São Vicente, no planalto dos Alcantilados.
- Área de predominância do anticiclone polar na estação do inverno, e com possibilidade de formação de geada em pelo menos um dia no período climatológico (30 anos de observações), são as características principais para a delimitação do *Tipo Climático Meridional*. Essa unidade climática aparece desde o sul dos estados do Mato Grosso e Goiás, passando pelo centro de Minas Gerais e se estende até o Paraná.

A sobreposição dos Domínios, Subdomínios e Tipos Climáticos formam as unidades climáticas do bioma Cerrado, apresentadas na Figura 11. Os Domínios aparecem nas cores lilás (Equatorial), laranja (Tropical), verde (Tropical Ameno) e azul (Subtropical). Os tons dessas mesmas cores demonstram o Subdomínio Climático, indo do mais escuro (Úmido) ao mais claro (Seco). As áreas tracejadas, com a identificação em numerais romanos, mostram em qual Tipo Climático os Domínios e Subdomínios estão localizados.

Como dito na explicação dos tipos climáticos, para definição do Tipo Meridional foi utilizado o critério de possibilidade de geada no período climatológico (30 anos). Essa informação é muito útil, pois alerta para prejuízos ocasionados pela geada. Os maiores valores para a ocorrência estão nos locais de latitudes mais elevadas e também nas maiores altitudes do centro-sul, como no planalto paranaense (com possibilidade de geada anual), típica de um domínio climático Subtropical. Também é alta a ocorrência de temperaturas abaixo de 3,5°C no planalto de Ponta Porã-MS (35 episódios), topos dos reversos de cuesta no estado de São Paulo (região de Itirapina com 30 episódios) e serra da Canastra em Minas Gerais (30 episódios), serra dos Caiapós no sudoeste goiano (28 episódios); Alto Paranaíba (18 episódios) e serra do Espinhaço em Minas Gerais (15 episódios).

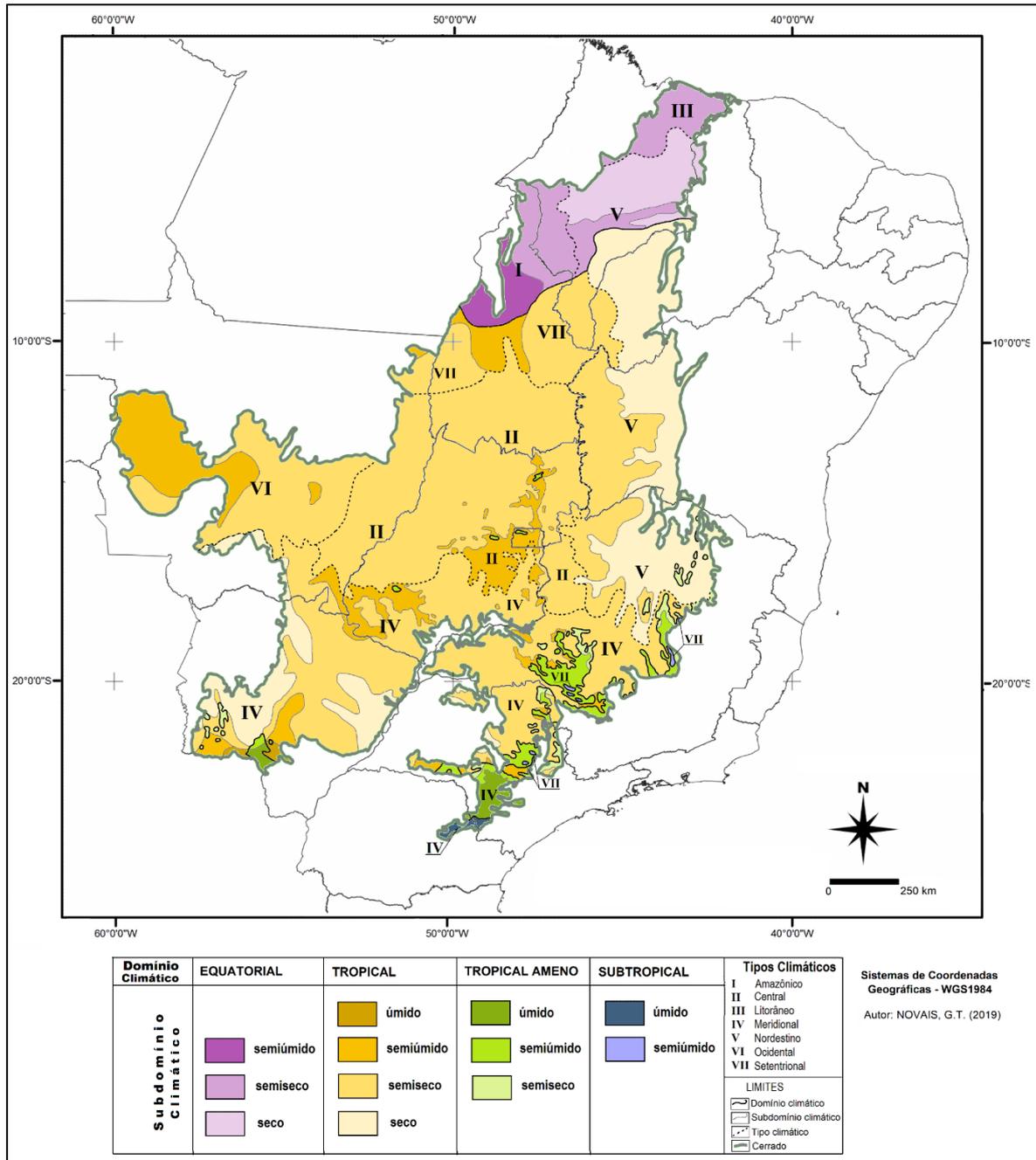


Figura 11: Unidades climáticas do Cerrado. Fonte: Novais (2019).

Obs.: Para acessar o mapa com melhor resolução, acessar

[https://www.researchgate.net/publication/336242903 Unidades Climaticas do Cerrado.](https://www.researchgate.net/publication/336242903_Unidades_Climaticas_do_Cerrado)

### Unidades Climáticas do Cerrado

No **Quadro 1** são apresentadas todas as 24 unidades climáticas delimitadas no Cerrado. É possível observar os Domínios, Subdomínios e Tipos climáticos, juntamente com a variação dos valores de TMMM<sub>F</sub>, precipitação pluviométrica, quantidade de meses

secos, excedente e déficit hídricos, e também a influência dos principais sistemas meteorológicos em cada unidade.

Conforme Novais (2019), predomina no Cerrado a unidade de clima Tropical Semiseco Central. Pela extensão Leste-Oeste, abrange desde a serra do Roncador (MT), passando pelo médio vale dos rios Araguaia e Tocantins, até as escarpas da Serra Geral de Goiás, divisa com a Bahia. Já de Norte a Sul, vai desde a capital Palmas (TO) até o alto curso do rio São Francisco, em Minas Gerais. Nessa unidade, a altimetria varia de 200 a 1100 metros na área de estudo, podendo ser tanto de Clima Zonal Tórrido (porção norte) quanto de Clima Zonal Quente (porção sul), com influência da ZCAS e ZCOU nos meses mais úmidos (de novembro a março) e da ASAS no período seco. Seu subdomínio é o semiseco, de seis a sete meses secos (abril-maio a outubro). O tipo climático é o central, com incursões de frentes frias periódicas (cinco a vinte por ano). Há possibilidade de registro de pelo menos uma geada, no período de 30 anos, em alguns pontos no limite com o tipo meridional. A TMMMF (junho-sul e janeiro-norte) varia de 18° a 24°C. A precipitação pluviométrica anual fica entre 1200 e 1700 mm, sendo os meses de dezembro, janeiro e novembro os mais chuvosos. Possui um excedente hídrico anual que varia de 100 a 700 mm, e déficit hídrico anual entre 300 e 600 mm. Para uma descrição detalhada de todas as unidades climáticas do Cerrado, sugerimos o trabalho de Novais (2019), que apresenta de forma didática subsídios para análises ambientais e agrícolas.

Devido a extensão do bioma Cerrado (mais de dois milhões de quilômetros quadrados), não foi possível delimitar os *Subtipos (sexta hierarquia)*, *Mesoclimas (sétima hierarquia)* e *Topoclimas (oitava hierarquia)* nesse trabalho, pois o número de unidades climáticas seria superior a quatro dígitos. Dessa forma, a partir da metodologia proposta, sugerimos o desenvolvimento de estudos específicos em nível de bacias hidrográficas intraregionais, sub-bacias e microbacias, por exemplo, para a elaboração de trabalhos para cada subdomínio, apresentando-os separadamente, como feito por Novais et al. (2018), onde os mesmos utilizaram essa classificação climática para determinar os Subtipos Climáticos do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, em Minas Gerais.

**Quadro 2:** Unidades Climáticas do Cerrado

| Subdomínio Climático     | Tipo Climático | TMMM F (°C) | Precipitação (mm) | Excedente (mm) | Déficit (mm) | Meses Secos | Principais Sistemas Meteorológicos que afetam o tempo durante o ano |
|--------------------------|----------------|-------------|-------------------|----------------|--------------|-------------|---|
| Equatorial Semiúmido     | Amazônico      | 24,5 - 26   | 1700 - 2100       | 500 - 900      | 300 - 600    | 5           | ZCIT (fev-mai), FP (1-2 p/ano)                                      |
| Equatorial Semiseco      | Amazônico      | 24,5 - 26   | 1100 - 1900       | 100 - 600      | 600 - 700    | 6 - 7       | ZCIT (fev-mai), FP (1 p/ano)  |
| Equatorial Semiseco      | Litorâneo      | 25 - 27     | 1300 - 2000       | 400 - 800      | 500 - 850    | 7           | ZCIT (fev-mai)  |
| Equatorial Semiseco      | Nordestino     | 24,5 - 26   | 1100 - 1450       | 100 - 400      | 400 - 600    | 7           | ZCIT (fev-mai), FP (1-3 p/ano)                                      |
| Equatorial Seco          | Nordestino     | 24,5 - 26,5 | 950 - 1350        | 150 - 300      | 600 - 900    | 8           | ZCIT (fev-mai)  |
| Tropical Úmido           | Meridional     | 18 - 18,5   | 1450 - 1650       | 400 - 600      | 0 - 10       | 3           | ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (25-30 p/ano)               |
| Tropical Semiúmido       | Central        | 18 - 20     | 1450 - 1850       | 400 - 600      | 150 - 250    | 5           | ASAS (mai-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (12 p/ano)                  |
| Tropical Semiúmido       | Meridional     | 18 - 19,5   | 1400 - 1650       | 100 - 650      | 25 - 200     | 5           | ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (12-20 p/ano)               |
| Tropical Semiúmido       | Ocidental      | 19 - 24     | 1250 - 2100       | 600 - 1100     | 200 - 300    | 5           | ZCAS/ZCOU (pri-ver), ASAS (jun-ago), FP (10-20 p/ano)               |
| Tropical Semiúmido       | Setentrional   | 23 - 25,5   | 1750 - 2000       | 600 - 800      | 400 - 600    | 5           | ZCAS/ZCOU (pri-ver), ASAS (jun-ago), FP (1-2 p/ano)                 |
| Tropical Semiseco        | Central        | 18 - 24     | 1200 - 1700       | 100 - 700      | 300 - 600    | 6 - 7       | ASAS (mai-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (5-20 p/ano)                |
| Tropical Semiseco        | Meridional     | 18 - 22,5   | 1000 - 2000       | 25 - 500       | 50 - 400     | 6 - 7       | ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (12-25 p/ano)               |
| Tropical Semiseco        | Nordestino     | 19 - 26     | 750 - 1350        | 10 - 300       | 400 - 700    | 6 - 7       | ASAS (abr-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (5-15 p/ano)                |
| Tropical Semiseco        | Ocidental      | 19,5 - 24   | 1300 - 1900       | 300 - 900      | 250 - 500    | 6 - 7       | ZCAS/ZCOU (pri-ver), ASAS (jun-ago), FP (10-20 p/ano)               |
| Tropical Semiseco        | Setentrional   | 22,5 - 25,5 | 1000 - 1600       | 25 - 500       | 300 - 700    | 6 - 7       | ZCAS/ZCOU (pri-ver), ASAS (jun-ago), FP (5 p/ano)                   |
| Tropical Seco            | Meridional     | 21,5 - 23   | 1000 - 1400       | 0 - 100        | 25 - 300     | 8 - 10      | ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (20-25 p/ano)               |
| Tropical Seco            | Nordestino     | 19,5 - 26   | 700 - 1200        | 0 - 50         | 400 - 900    | 8 - 11      | ASAS (abr-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (10 p/ano)                  |
| Tropical Ameno Úmido     | Meridional     | 16 - 17     | 1500 - 1800       | 150 - 400      | 0 - 50       | 2 - 3       | ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (25-30 p/ano)               |
| Tropical Ameno Semiúmido | Central        | 16,5 - 18   | 1400 - 1500       | 600 - 700      | 150 - 250    | 5           | ASAS (mai-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (12 p/ano)                  |
| Tropical Ameno Semiúmido | Meridional     | 15 - 17,5   | 1300 - 1900       | 500 - 900      | 25 - 100     | 4 - 5       | ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (15-30 p/ano)               |
| Tropical Ameno Semiseco  | Meridional     | 15 - 17,5   | 1250 - 1400       | 300 - 600      | 100 - 250    | 6 - 7       | ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (15-20 p/ano)               |
| Tropical Ameno Semiseco  | Nordestino     | 16 - 18     | 750 - 1250        | 50 - 150       | 250 - 500    | 6 - 7       | ASAS (abr-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver), FP (15 p/ano)                  |
| Subtropical Úmido        | Meridional     | 12,5 - 15   | 1500 - 1550       | 700 - 800      | 0            | 0           | FP (30 p/ano), ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver)                  |
| Subtropical Semiúmido    | Setentrional   | 13,5 - 15   | 1300 - 1700       | 400 - 800      | 0 - 25       | 4           | FP (20-25 p/ano), ASAS (jun-set), ZCAS/ZCOU (pri-ver)               |

Lista de abreviações: TMMM F – Temperatura Média do mês mais frio; ZCIT – Zona de Convergência Intertropical; ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul; ZCOU – Zona de Convergência de Umidade; FP – Frente Polar. Meses de ocorrência dos Sistemas Atmosféricos: fev (fevereiro), mar (março), abr (abril), mai (maio), jun (junho), ago (agosto), set (setembro). Estações do ano de ocorrência dos Sistemas Atmosféricos: pri (primavera), ver (verão).

**Fonte:** Novais (2019).

### **Considerações finais**

Abordar em um único texto a dinâmica atmosférica; a descrição espaço-temporal dos principais elementos meteorológicos; a variabilidade anual, mensal e diária dos elementos climáticos de uma localidade considerada como área core do bioma; e a delimitação de unidades e o detalhamento das tipologias climáticas do Cerrado, talvez tenha sido inadequado, resultando neste texto de considerável extensão. Contudo, a pretensão, apesar de ousada e cabível de (diversas) limitações, foi tão somente apresentar o panorama das principais características climáticas do Cerrado.

A descrição da atuação dos sistemas atmosféricos e da variação espaço-temporal das temperaturas (média, máxima e mínima), precipitações e da umidade relativa do ar evidencia a principal característica climática do Cerrado, a de haver uma forte sazonalidade, configurando um período chuvoso, durante a primavera e verão, que se intercala com um período seco, ao longo do outono e inverno. Sob a influência da variação de latitude e altitude, a porção norte do bioma apresenta as maiores temperaturas, enquanto que, em resposta ao desempenho dos sistemas atmosféricos que produzem chuvas e são responsáveis pelo transporte de umidade, as médias de precipitação e relativa diminuição da umidade na direção noroeste / sudeste.

Para além do tratamento médio dos elementos climáticos, vislumbra-se a considerável variabilidade que há dentre os acumulados anuais e o regime mensal de precipitação, e, especialmente, no tocante ao ritmo diário dos elementos meteorológicos, tendo como base a cidade de Goiânia, considerada como área core do bioma – evidenciando o papel da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese e variabilidade dos tipos de tempo.

A delimitação das unidades climáticas propostas por esse trabalho permite não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico para a região em estudo, mas também conhecer áreas homogêneas sob o ponto de vista socioeconômico, contribuindo para o planejamento e desenvolvimento de atividades sustentável e viável na região. Numa análise ambiental, a caracterização física da área de estudo é fundamental para o planejamento das atividades, e essa proposta detalha melhor o clima de uma região estudada.

Nesse trabalho foram subdivididas unidades até o nível de tipos climáticos ampliando as tradicionais propostas de classificações climáticas, detalhando melhor sua localização espacial no território brasileiro. Os modelos empíricos e genéticos puderam se associar em um intercâmbio de informações, e geraram um padrão que aborda tanto os valores observados do tempo e do clima, quanto a influência dos sistemas atmosféricos.

Não queremos que essa classificação seja uma obra incontestável, longe disso, ela é passível de crítica, pois temos problemas na distribuição espacial dos dados climáticos disponíveis, tanto em termos de cobertura na superfície, como em termos da duração e confiabilidade dos dados nas estações climatológicas. Sendo o clima dinâmico, ele irá flutuar e variar com o decorrer do tempo. Portanto, não se pode encerrar esse trabalho por aqui, com o surgimento de novos dados essa classificação poderá ser melhorada, principalmente em seus limites climáticos.

Por fim, salientamos que este panorama dos aspectos climáticos do Cerrado suscita maiores e mais aprofundadas discussões sobre as características, variabilidades, suscetibilidades e implicações do clima nas esferas sociais, econômicas e ambientais, de modo a evidenciar as potencialidades e as fragilidades em diferentes níveis escalares, do regional ao local, e os diferentes impactos que se processam mediante os eventos e fenômenos atmosféricos, em especial aqueles considerados extremos.

---

#### **Cerrado climate: atmospheric dynamics and features, variability and climatic typologies**

**Abstract:** This text seeks to demonstrate an overview of climatic aspects of Cerrado, addressing the dynamics of atmospheric systems and the climatic features, variability and typologies of this biome. To this purpose, the text was developed, at first, from a bibliographic review about the properties and dynamics of atmospheric systems operating in the area in question. In a second step, secondary data were used, with different spatial and temporal cutouts, for the description of the spatio-temporal variation of the main climatic elements (temperature, precipitation and humidity) of the biome; the portrayal of the annual, monthly and daily variability for a locality located in the core area of the Cerrado (Goiânia-GO) and; the definition of climatic typologies for the biome. The data presented show a strong climatic seasonality, configuring a rainy period, during spring and summer, which is interspersed with a dry period, throughout autumn and winter. Under the influence of the variation of latitude and altitude, the northern portion of the biome has the highest temperatures, whereas, in response to the performance of atmospheric systems that produce rain and are responsible for the transport of humidity, the averages of precipitation and relative humidity decrease in northwest/southeast direction. Still, it is noticeable the variability between the annual accumulated and the monthly precipitation regime and, especially, regarding the daily rhythm of the meteorological elements, based on the city of Goiânia - evidencing the role of the performance of the atmospheric systems in the genesis and variability of the types of weather. Units were subdivided up to the level of climatic types, expanding the traditional proposals of climatic classifications, detailing their spatial location in the Brazilian territory. Empirical and genetic models were able to associate themselves in an exchange of information, and generated a pattern that addresses both the observed values of weather and climate, and the influence of atmospheric systems.

**Key-words:** Cerrado. Climatology. Atmospheric Dynamics. Variability. Climate Classification.

#### **Clima de Cerrado: dinámica atmosférica y características, variabilidad y tipologías climáticas**

**Resumen:** Este texto busca demostrar una visión general de los aspectos climáticos del Cerrado, con base en la dinámica de los sistemas atmosféricos y las características, variabilidad y tipologías climáticas de este bioma. Para ello, el texto se desarrolló, en un primer momento, a partir de una

revisión bibliográfica sobre las propiedades y dinámica de los sistemas atmosféricos que operan en la zona en cuestión. En un segundo paso, se utilizaron datos secundarios, con diferentes cortes espaciales y temporales, para la descripción de la variación espacio-temporal de los principales elementos climáticos (temperatura, precipitación y humedad) del bioma, la representación de la variabilidad anual, mensual y diaria para una localidad ubicada en la zona núcleo del Cerrado (Goiânia-GO) y la definición de tipologías climáticas para el bioma. Los datos presentados muestran una fuerte estacionalidad climática, configurando un período lluvioso, durante la primavera y el verano, que se intercala con un período seco, a lo largo de otoño e invierno. Bajo la influencia de la variación de latitud y altitud, la porción norte del bioma tiene las temperaturas más altas, mientras que, en respuesta al desempeño de los sistemas atmosféricos que producen lluvia y son responsables del transporte de la humedad, los promedios de precipitación y humedad relativa disminuyen en dirección noroeste/sureste. Aún se nota la variabilidad entre el régimen de precipitación anual acumulada y mensual y, especialmente, en cuanto al ritmo diario de los elementos meteorológicos, con base en la ciudad de Goiânia, evidenciando el papel del desempeño de los sistemas atmosféricos en la génesis y variabilidad de los tipos de clima. Las unidades fueron subdivididas hasta el nivel de tipos climáticos, ampliando las propuestas tradicionales de clasificaciones climáticas y detallando mejor su ubicación espacial en el territorio brasileño. Los modelos empíricos y genéticos pudieron asociarse en un intercambio de información y generaron un patrón que aborda tanto los valores observados del tiempo y el clima como la influencia de los sistemas atmosféricos.

**Palabras clave:** Cerrado. Climatología. Dinámica Atmosférica. Variabilidad. Clasificación Climática.

---

## Referências

AB'SABER, A. N. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. **Revista Do Serviço Público**, v. 40, n. 4, p. 41-56, 1983.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R. de; SILVA, F. A. M. da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.

BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Rio Claro, 2003.

\_\_\_\_\_.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**, v. 08, n. 16, p. 255-261, 2009.

BERNARDES, L. M. C. Clima do Brasil. **Boletim Geográfico Brasileiro**, v. 9, n. 103, p. 727-739, 1951.

BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2000.

COLE, M. M. **The savannas: biogeography and geobotany**. London: Academy Press, 1986.

- FARIAS, S. E. M. de. **Estimativas satelitárias de precipitação sobre o bioma Cerrado**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais)-Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- FERREIRA, N. S. **Zona de Convergência Intertropical**. Climanálise Especial. Edição Comemorativa de 10 anos. FUNCEME. 136 – 139. 1996.
- FONZAR, B. C. A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetórias. **Caderno de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 11-33, jul./set. 1994.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas** (1981 – 2010). Brasília, 2018.
- KOPPEN, W. **Climatologia**: con un studio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- KOUSKY, V. E. *Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector*. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, p. 217-231, 1988.
- LUIZ, G. C. **Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados: estudo de caso - município de Goiânia-GO**. 2012. 246 f. Tese (Doutorado em Geotecnia)-Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.
- MONTEIRO, C. A. de F. **A análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971. (Série Climatologia, 1).
- \_\_\_\_\_. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo**: estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: IGEOG, 1973.
- \_\_\_\_\_. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 13, n. 1, p. 3-46, jan-mar 1951.
- MOREIRA, A. M. **Metodologia para definir padrões pluviométricos caso: Cerrado brasileiro**. Brasília, 1985. 120 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Departamento de Estatística, Universidade de Brasília.
- NASCIMENTO, D. T. F. **Chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- \_\_\_\_\_.; LIMA, L. V. V.; CRUZ, V. P. Episódios e gênese dos eventos climáticos extremos em Goiânia-GO. **Caderno de Geografia**, v.29, n.57, p. 583-608, 2019.
- \_\_\_\_\_.; LUIZ, G. C.; OLIVEIRA, I. J. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal. **Élisée, Rev. Geo. UEG** – Porangatu, v.5, n.2, p.59-86, jul./dez. 2016.
- \_\_\_\_\_.; PESSOA-DE-SOUZA, M. A.; SILVA, G. C. Representação e análise da distribuição espaço-temporal das chuvas a partir do pluviograma de Schroder. In: VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2019, Belém. **Anais do VII SIC**. Belém: UFPA, 2019. v. 1. p. 1-10.

NEVES, G. Z. de F. **Distribuição geográfica das chuvas no estado de Goiás e Distrito Federal: dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos.** Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1979.

NOVAIS, G. T. **Classificação Climática aplicada ao Bioma Cerrado.** Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 2019. <https://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2199>.

\_\_\_\_\_. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.10, n.5, p. 1614-1623, 2017. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v.10.5.p1614-1623>.

\_\_\_\_\_.; BRITO, J. L. S.; SANCHES, F. O. Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.23, p. 223-243, jul/dez 2018. <https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520>

PINTO, P. H. P. **As chuvas no estado do Tocantins: distribuição geográfica e gênese das variações rítmicas.** 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de Episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul.** 1994. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)– Instituto Nacional de Meteorologia, São José dos Campos, SP, 1994.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.5, n.2, p. 185-204, 2010.

SANTOS, N. B. F. dos. **Distribuições espaciais e temporais de temperaturas de superfície no bioma Cerrado: uma análise integrada a partir de dados orbitais de resolução moderada.** 2010. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SENTELHAS, P. C., ROLIM, G. S., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. **As massas de ar na América do Sul.** Rio de Janeiro: Serviço de Meteorologia, Ministério da Agricultura, 1942.

SETTE, D. M. Os climas do cerrado do Centro-Oeste. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1. n.1, 2005. <https://doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25225>.

SILVA, F. A. M. da; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma cerrado. IN: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Orgs.). **Cerrado: ecologia e flora.** Brasília: Embrapa, 2008.

STRAHLER, A. N. **Geografia Física.** Barcelona: Ed. Omega, 1989.

ZAVATTINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul**. São Paulo, 1990. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

---

#### **Sobre os autores**

**Diego Tarley Ferreira Nascimento** - Possui Graduação (2009), Mestrado (2011) e Doutorado (2016) em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. Professor Adjunto na Universidade Federal de Goiás e do Programa de Pós Graduação da UEG.

**Giuliano Tostes Novais** - Bacharel, mestre e doutor em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia. Especialista em Geomática e licenciado em Geografia pela Faculdade Católica de Uberlândia. Professor efetivo da Universidade Estadual de Goiás, Campus Formosa.

---

Recebido para avaliação em julho de 2020

Aceito para publicação em setembro de 2020