

## Capítulo 2

# Características naturais e uso da terra

Daniel Pereira Guimarães

Elena Charlotte Landau

O meio ambiente representa a fonte de recursos para a sobrevivência de todos os seres vivos. Características físico-ambientais, incluindo recursos naturais e aspectos decorrentes do uso da terra, permitem avaliar o grau de conservação natural e padrões territoriais de uso antrópico da área de interesse. O meio físico condiciona o uso e a ocupação de terras, representando potencialidade e limitações às diversas possibilidades de desenvolvimento econômico local, principalmente nas áreas rurais. Neste capítulo, são apresentadas características naturais e de uso da terra, englobando geologia, geomorfologia, relevo, clima, solos, dinâmica da água no solo, bioma, vegetação natural e padrões de cobertura vegetal, e uso da terra no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

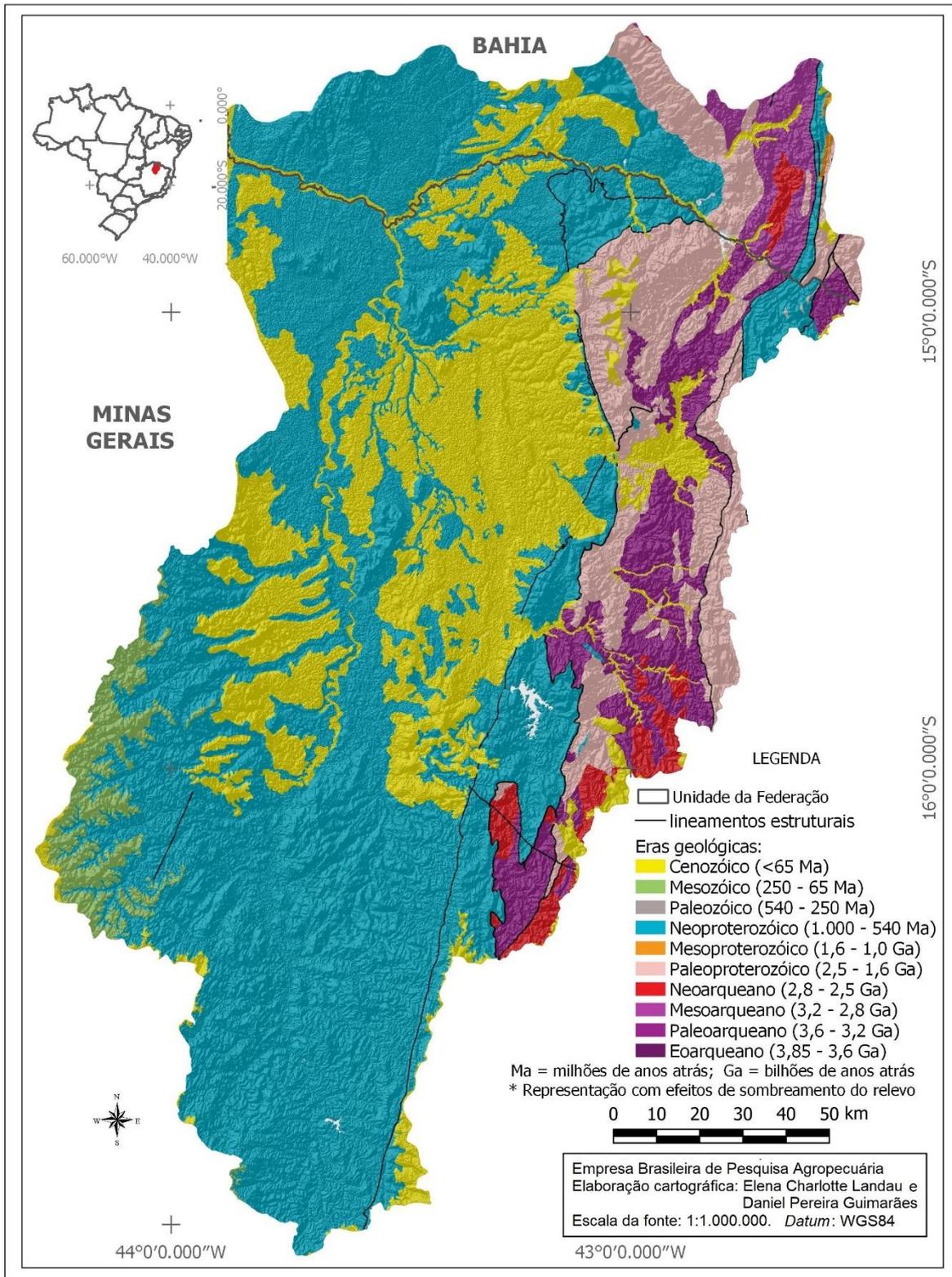
### Geologia

Geologia aborda o estudo da estrutura e evolução do globo terrestre, incluindo os processos que ocorrem no interior e na superfície da Terra. Do ponto de vista regional, a Bacia do Rio Verde Grande está inserida nos domínios do Cráton do São Francisco (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2016). Na porção ocidental da bacia, predominam rochas do Grupo Bambuí, e na área oriental, rochas representadas por metadiamicritos do Grupo Macaúbas, quartzitos do Supergrupo Espinhaço e rochas granito-gnáissicas e metavulcanossedimentares de associações ígneas presentes nessa região (Santos, 2013)<sup>1</sup>.

Os terrenos mais antigos na bacia, de idade arqueana (superior a 1,8 bilhão de anos), concentram-se na borda oriental da bacia (Figura 2.1). Estes correspondem ao embasamento composto por rochas ígneas e sedimentares

---

<sup>1</sup> Maior detalhamento sobre aspectos geológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidroclimatológicos da área da bacia foi apresentado por Santos (2013).



**Figura 2.1.** Eras geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Bahia e Minas Gerais, Brasil. Legenda definida com base nas cores adotadas no mapa de eras geológicas do Brasil (Schobbenhaus; Neves, 2003, p. 27).

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey (2014), IBGE (2020) e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2022).

metamorfisadas, constituídas por gnaisses, migmatitos (Complexo Santa Izabel e Porteirinha) e sequências vulcanossedimentares (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2016). Predominam principalmente nos municípios de Urandi, BA; Espinosa, MG; Monte Azul, MG; Mato Verde, MG; Pindaí, BA; Ponteirinha, MG; Serranópolis de Minas, MG; Riacho dos Machados, MG e no extremo nordeste do município de Francisco Sá, MG. Entre os municípios com maior percentual da área de origem cenozoica destacam-se Catuti, MG; Gamaleiras, MG; Jaíba, MG; Janaúba, MG; Pai Pedro, MG e Verdelândia, MG.

Na maior parte da bacia predominam rochas pertencentes ao Supergrupo São Francisco de idade neoproterozoica (630 milhões a 1 bilhão de anos) representado pelo Grupo Bambuí, de ampla extensão, e pela Formação Jequitai e Grupo Macaúbas, de ocorrências restritas. O Grupo Bambuí é formado por uma sequência de rochas carbonáticas (calcárias) intercaladas a sedimentos. Nas zonas de ocorrência de expressiva participação de rochas calcárias, como nas porções sudoeste da Bacia, próximo a Montes Claros, e noroeste, na confluência do Verde Grande com o São Francisco, verifica-se o desenvolvimento de feições cársticas como dolinas, sumidouros e cavernas. Na borda leste da bacia também ocorrem rochas de idade mesoproterozoica (1,2 a 1,6 bilhão de anos) do Supergrupo Espinhaço, representadas pelos metassedimentos predominantemente arenosos do Grupo Diamantina, na área da bacia situada no estado de Minas Gerais, e do Grupo Oliveira dos Brejinhos, na divisa entre Bahia e Minas Gerais. Com distribuição mais restrita, na porção sudoeste da bacia ocorrem sedimentos arenosos do Grupo Urucuia (com 65 milhões a 145 milhões de anos), de origem mesozoica, recobrando principalmente áreas dos municípios de Mirabela, MG; Patis, MG e São João da Ponte, MG (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2016).

## **Geomorfologia**

O mapeamento geomorfológico possibilita o entendimento do modelado terrestre, contribuindo principalmente para a compreensão da paisagem, a visualização dos compartimentos do relevo e a identificação de áreas de estocagem de sedimentos. As principais unidades são representadas por planaltos, planícies e depressões. Para o mapeamento das características geomorfológicas da bacia, foi

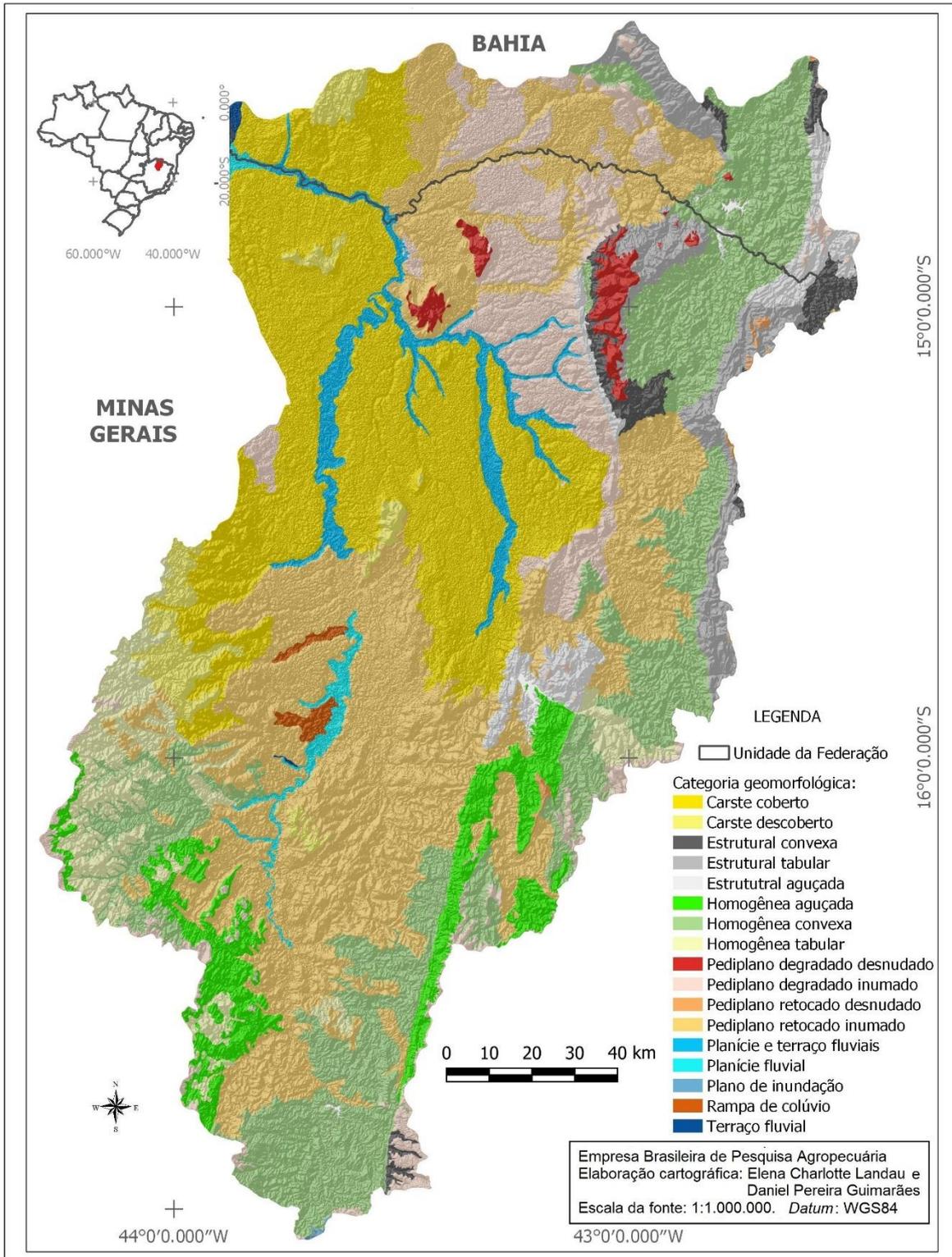
considerado o arquivo vetorial disponibilizado pelo IBGE (2021), escala 1:250.000, com maior detalhamento sobre as categorias identificadas, apresentado em IBGE (2009).

A Bacia do Rio Verde Grande apresenta considerável diversidade de categorias geomorfológicas. Predominam "pediplano retocado inumado" (29,35% da área), "carste coberto" (20,43%), "homogênea convexa" (17,89%), "pediplano degradado inumado" (8,78%), "homogênea aguçada" (4,75%), "Homogênea tabular" (3,82%), "estrutural tabular" (3,43%), "planície e terraço fluviais" (2,75%), "carste descoberto" (2,19%), "estrutural aguçada" (2,09%), "estrutural convexa" (1,49%), "planície fluvial" (1,07%) e "pediplano degradado desnudado" (1,06%)<sup>2</sup> (Figura 2.2).

A categoria "pediplano retocado inumado" predomina principalmente na porção central da metade sul da bacia, enquanto "carste coberto" concentra-se principalmente no terço inferior da bacia. As categorias "homogênea convexa" e "homogênea aguçada" são mais frequentes próximo aos limites da bacia, nas áreas mais ao sul e leste dela. Nas áreas de serra e afloramentos rochosos, predominam as categorias "estrutural convexa", "estrutural tabular" e "pediplano degradado desnudado". Manchas de "carste descoberto" são encontradas principalmente nos municípios de Capitão Enéas, MG; Iuiu, BA; Malhada, BA; São João da Ponte, MG; Varzelândia, MG; Verdelândia, MG. Os municípios com maiores extensões cobertas pela categoria "homogênea tabular" foram Ibiracatu, MG; Francisco Sá, MG; Mirabela, MG; Montes Claros, MG; Patis, MG; Riacho dos Machados, MG e São João da Ponte, MG. A categoria "degradado inumado" é encontrada principalmente nos municípios de Espinosa, MG; Gamaleiras, MG; Jaíba, MG; Monte Azul, MG; Pai Pedro, MG e Sebastião Laranjeiras, BA. Planícies fluviais ocorrem nas áreas em torno dos rios principais da bacia.

---

<sup>2</sup> Maior detalhamento sobre as categorias geomorfológicas citadas é apresentado em IBGE (2009).



**Figura 2.2.** Modelado geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Bahia e Minas Gerais, Brasil.

Fonte: Adaptado de IBGE (2009, 2021) e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012).

## Relevo

A caracterização do relevo foi baseada no modelo digital de elevação obtido pelo satélite SRTM (United States Geological Survey, 2014), com resolução de 30 metros (um arco-segundo). Foram gerados mapas de elevação, declividade e ângulo de orientação da vertente (ou exposição solar)<sup>3</sup>, conforme metodologia descrita em Guimarães et al. (2008).

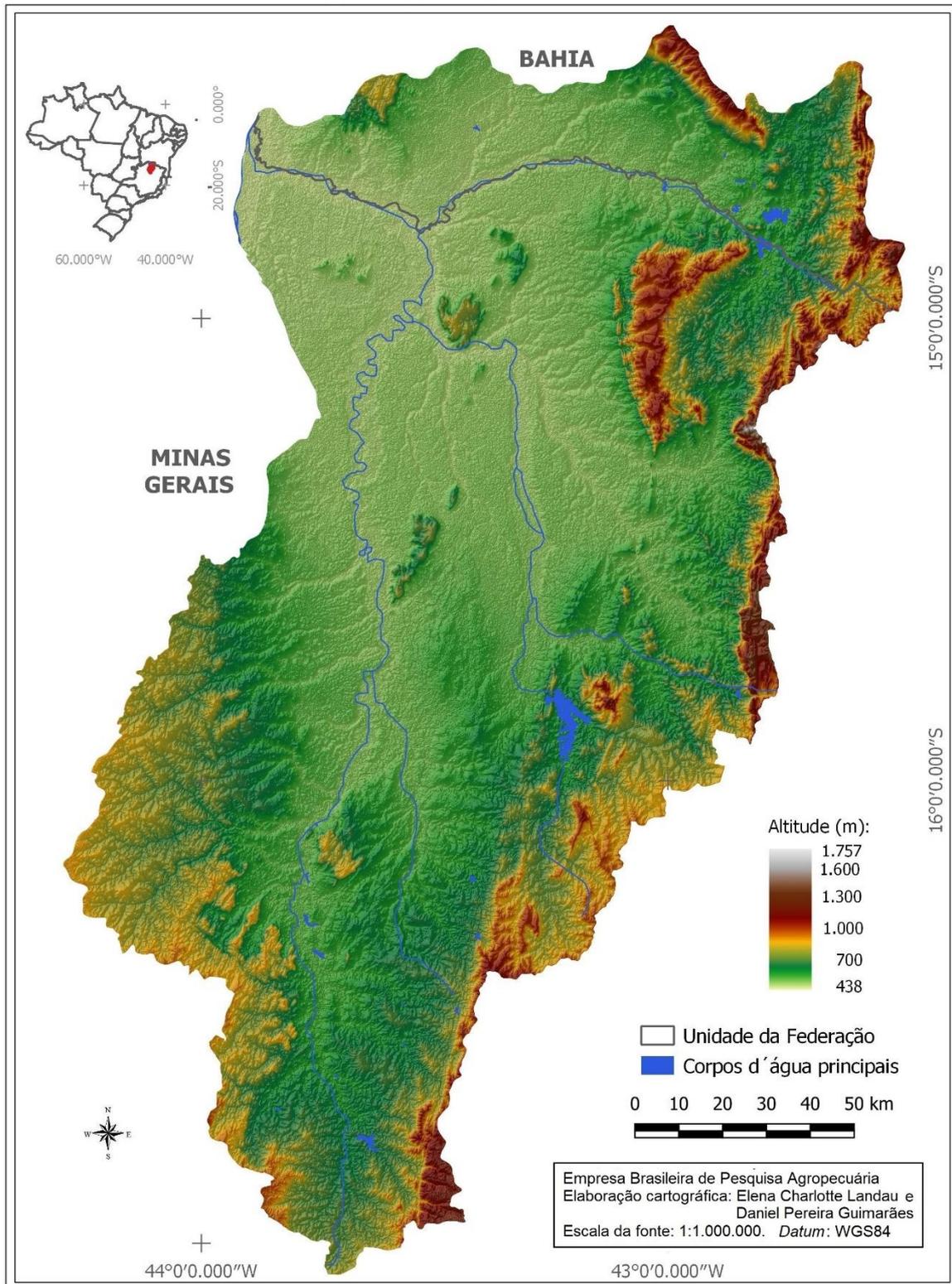
As altitudes registradas na bacia variam entre 438,4 e 1.756,1 m. Na maior parte das áreas da bacia, o relevo é bastante plano, com altitudes médias em torno de 500 metros. As áreas mais elevadas da bacia ocorrem predominantemente no Médio e Baixo Gorutuba e no Alto Verde Pequeno, no leste da bacia, onde o Planalto das Bordas do Espinhaço representa o divisor de águas com as bacias dos rios Jequitinhonha e Pardo. Na área da bacia também são verificadas chapadas, com cotas entre 800 e 1.000 m de altitude (adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2016) (Figura 2.3).

Em termos de grau de inclinação do terreno, na maior parte da bacia predominam áreas com até 3% de declividade (Figura 2.4). Avaliando apenas do ponto de vista de declividade, segundo Ramalho Filho e Beek (1995), seriam áreas com nenhuma ou poucas limitações de uso para o desenvolvimento da agricultura, de fácil mecanização e com requerimento de práticas simples de conservação do solo. Também são observadas áreas com declividades entre 3% e 8%, aptas para o plantio de certas culturas agrícolas e mecanização, mas que demandam maiores ações de controle erosivo. Nas áreas próximas aos limites da bacia e nos chapadões também há locais com declividades acima de 20%, portanto, não aptos para a prática de agricultura nem mecanização.

Na maior parte da bacia ocorre variação considerável de orientação das vertentes (Figura 2.5), com conseqüente variação diária e anual da incidência dos raios solares. Na maior parte do ano, as vertentes voltadas para o norte são as mais ensolaradas. As voltadas para o leste e nordeste recebem maior incidência solar no período da manhã, e as voltadas para o oeste e noroeste, no período da tarde. Já entre aproximadamente meados de novembro e meados de janeiro as vertentes mais ensolaradas são as voltadas para o sudeste, sul e sudoeste. Essa maior insolação das vertentes, de acordo com a sua orientação, é mais evidente naquelas com maior declividade do terreno.

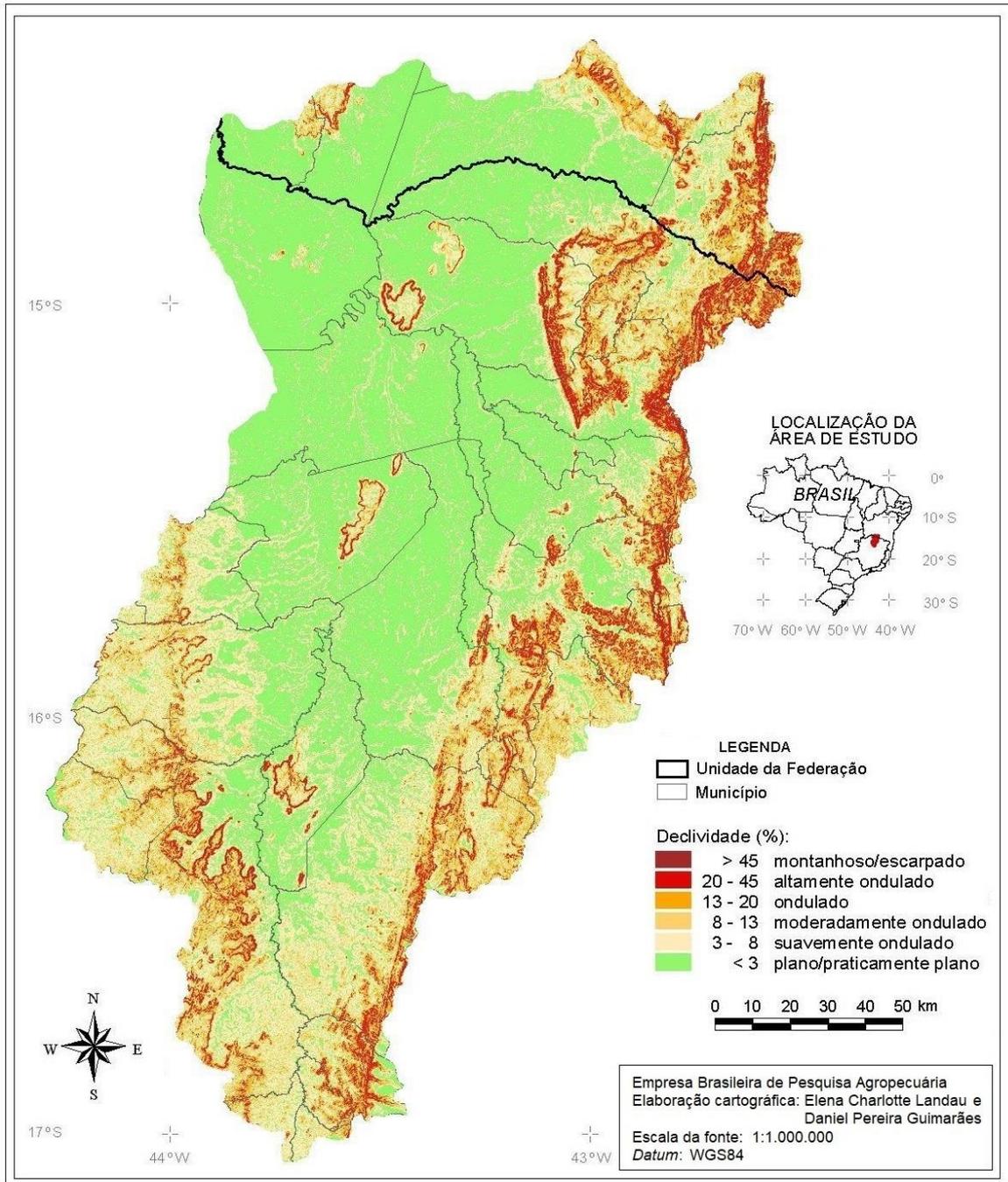
---

<sup>3</sup> Variáveis geomorfométricas locais derivadas da altimetria.



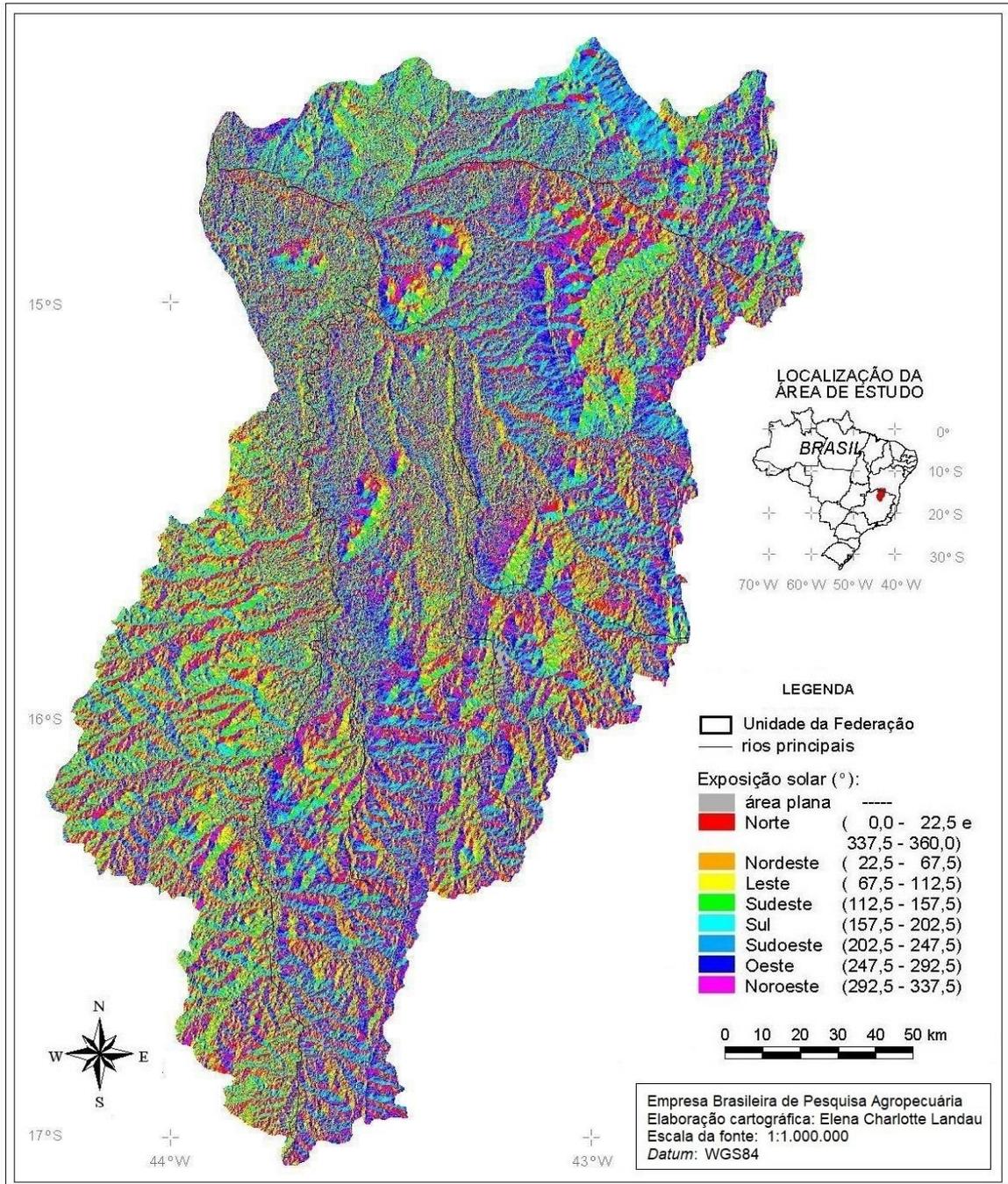
**Figura 2.3.** Variação altitudinal na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil, incluindo efeito de sombreamento do relevo.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey (2014) e IBGE (2019, 2020).



**Figura 2.4.** Níveis de declividade na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Fonte: Adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey (2014) e IBGE (2020).



**Figura 2.5.** Ângulos de orientação solar na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey (2014) e IBGE (2020).

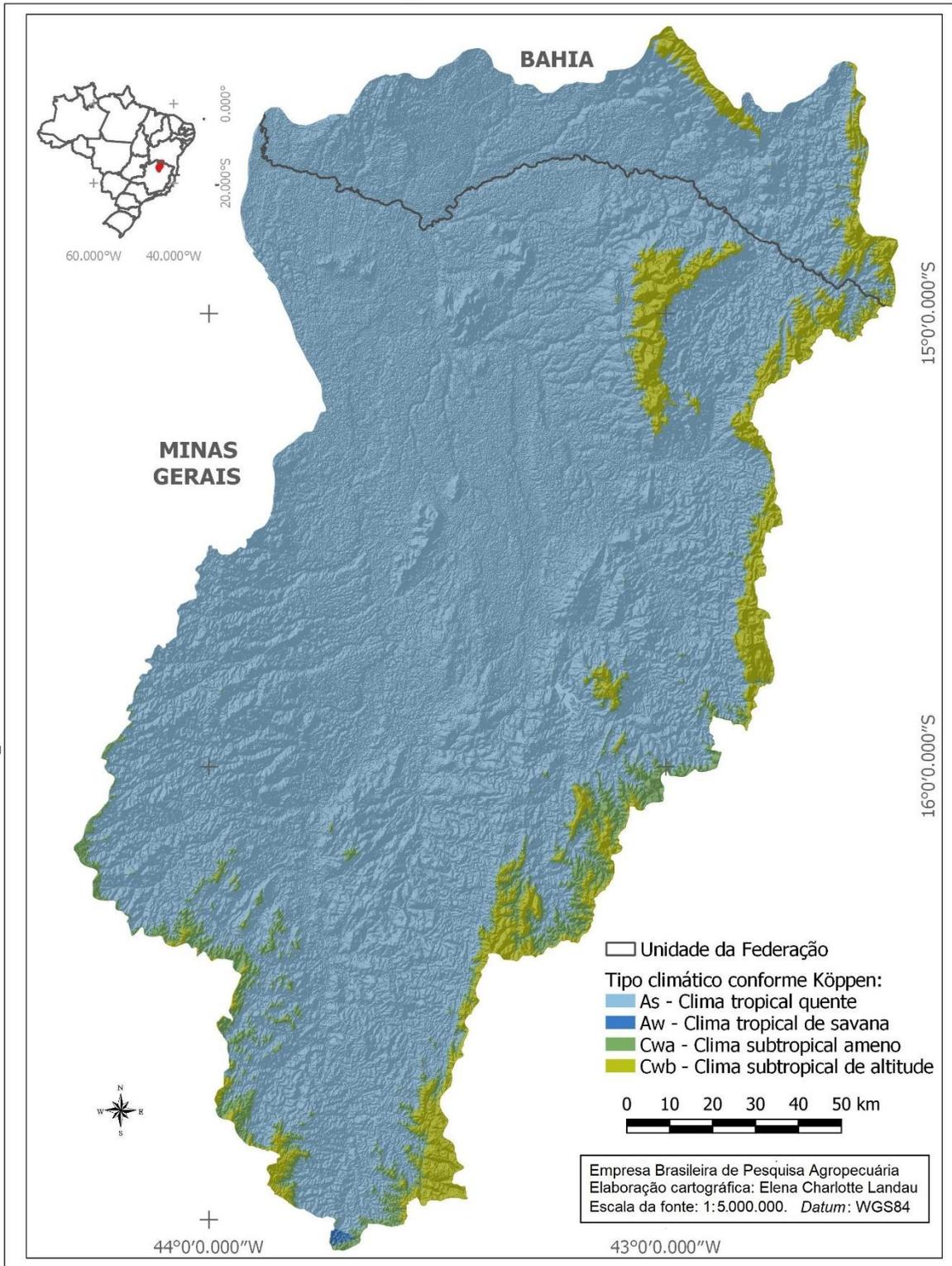
## Clima

### Tipos climáticos conforme Köppen

De acordo com a classificação de Köppen, Álvares et al. (2013) identificaram oito tipos climáticos distintos para a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande:

- *As*: clima tropical quente, com verão seco e inverno chuvoso (temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C).
- *Cwa*: clima subtropical com inverno seco (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C) e verão chuvoso e quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C).
- *Cwb*: clima subtropical de altitude, com inverno seco (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C) e verão chuvoso e ameno (temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C).
- *Aw*: clima tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso, temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C e precipitação anual superior a 750 mm.

O clima do tipo *As* ocorre em quase toda a área da bacia. Já os tipos climáticos *Cwa* e *Cwb* são encontrados apenas nas áreas com altitudes a partir de 800 m e 900 m, respectivamente. Estes últimos concentram-se principalmente nos limites sul e leste da bacia, e na porção da Serra do Espinhaço onde se localiza o Parque Estadual Caminho dos Gerais, situado no leste do município de Gameleiras, MG, oeste do de Mamonas, MG, centro-sul do de Espinosa, MG e centro-norte do de Monte Azul, MG. O clima do tipo *Aw* ocorre apenas numa pequena área no extremo sul da bacia, nos municípios de Bocaiúva, MG e Guaraciama, MG (Figura 2.6).



**Figura 2.6.** Classificação climática conforme Köppen da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil, incluindo efeito de sombreamento do relevo. A atribuição de cores da legenda por tipo climático foi baseada em Álvares et al. (2013).

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), Álvares et al. (2013), United States Geological Survey (2014) e IBGE (2019, 2020).

### Normais climatológicas

Nas Tabelas 2.1 a 2.5, são apresentadas normais climatológicas mensais e anuais de estações meteorológicas da região, obtidas a partir da análise de séries históricas de dados de 1960 a 2020 (Instituto Nacional de Meteorologia, 2021). A precipitação média anual variou entre 721,3 mm e 1.064,8 mm, ocorrendo chuvas concentradas principalmente entre os meses de novembro e março. A região apresenta temperaturas médias variando entre 23,0 °C e 24,9 °C, com temperaturas máximas médias entre 29,7 °C e 32,2 °C, e mínimas médias entre 17,5 °C e 20,0 °C. As temperaturas médias mais baixas são observadas nos meses de junho a agosto. Os meses de agosto e setembro apresentam umidade relativa média inferior a 57%, representando os últimos meses antes do início do período chuvoso.

**Tabela 2.1.** Normais climatológicas de precipitação pluviométrica 1960–2020 (mm), observadas em estações meteorológicas da Bacia Hidrográfica do Verde Grande.

Estação meteorológica	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Espinosa	128,2	84,6	95,6	43,5	9,5	2,0	1,4	1,9	9,3	50,6	133,4	161,3	721,3
Janaúba	155,0	84,0	102,3	42,0	9,3	0,0	0,0	3,1	6,0	49,6	153,0	173,6	777,9
Mocambinho	158,1	98,0	111,6	51,0	12,4	3,0	0,0	0,0	9,0	65,1	162,0	189,1	859,3
Monte Azul	133,3	103,6	105,4	42,0	6,2	0,0	0,0	0,0	12,0	55,8	141,0	170,5	769,8
Montes Claros	207,7	103,6	130,2	39,0	12,4	3,0	3,1	3,1	18,0	96,1	213,0	235,6	1.064,8

**Tabela 2.2.** Normais climatológicas de temperatura média 1960–2020 (°C), observadas em estações meteorológicas da Bacia Hidrográfica do Verde Grande.

Estação meteorológica	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Espinosa	25,4	28,8	25,6	25,0	23,8	22,5	22,2	23,5	25,2	26,3	24,6	25,2	24,7
Janaúba	25,6	26,0	26,0	25,4	24,0	22,8	22,6	23,7	25,3	26,6	25,7	25,4	24,9
Mocambinho	25,5	25,8	25,5	25,1	23,7	22,3	22,0	23,1	25,1	26,5	25,5	25,3	24,6
Monte Azul	25,3	25,8	25,6	25,2	24,1	22,9	22,7	23,6	25,2	26,4	25,4	25,1	24,8
Montes Claros	24,2	24,4	24,2	23,4	21,6	20,3	20,2	21,5	23,7	24,7	23,9	23,8	23,0

**Tabela 2.3.** Normais climatológicas de temperatura máxima absoluta 1960–2020 (°C), observadas em estações meteorológicas da Bacia Hidrográfica do Verde Grande.

Estação meteorológica	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Espinosa	31,0	31,7	31,6	30,9	30,3	29,1	28,9	30,3	31,8	32,4	30,8	30,7	30,8
Janaúba	31,9	32,5	32,4	31,7	30,9	29,5	29,6	30,8	32,5	33,4	31,8	31,4	31,5
Mocambinho	32,0	32,7	32,3	32,4	31,6	30,7	30,7	32,2	33,7	34,2	32,0	31,6	32,2
Monte Azul	31,0	31,7	31,6	30,9	30,1	28,8	28,7	30,1	31,7	32,3	30,7	30,6	30,7
Montes Claros	30,1	30,7	30,4	30,0	28,9	28,1	27,9	29,4	31,0	31,3	29,6	29,3	29,7

**Tabela 2.4.** Normais climatológicas de temperatura mínima absoluta 1960–2020 (°C), observadas em estações meteorológicas da Bacia Hidrográfica do Verde Grande.

Estação meteorológica	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Espinosa	20,9	21,2	21,0	20,2	18,3	16,6	16,3	17,4	19,7	21,1	21,1	20,9	19,6
Janaúba	20,4	20,4	20,5	19,9	18,2	16,8	16,3	16,7	18,4	20,0	20,5	20,6	19,1
Mocambinho	20,6	20,6	20,4	19,5	17,4	15,4	14,5	15,1	17,6	20,0	20,7	20,8	18,6
Monte Azul	21,0	21,3	21,3	20,7	19,3	18,0	17,6	18,2	19,8	21,2	21,1	20,9	20,0
Montes Claros	19,6	19,6	19,5	18,2	15,8	14,1	13,6	14,3	17,0	19,1	19,6	19,6	17,5

**Tabela 2.5.** Normais climatológicas de umidade relativa do ar 1960–2020 (%), observadas em estações meteorológicas da Bacia Hidrográfica do Verde Grande.

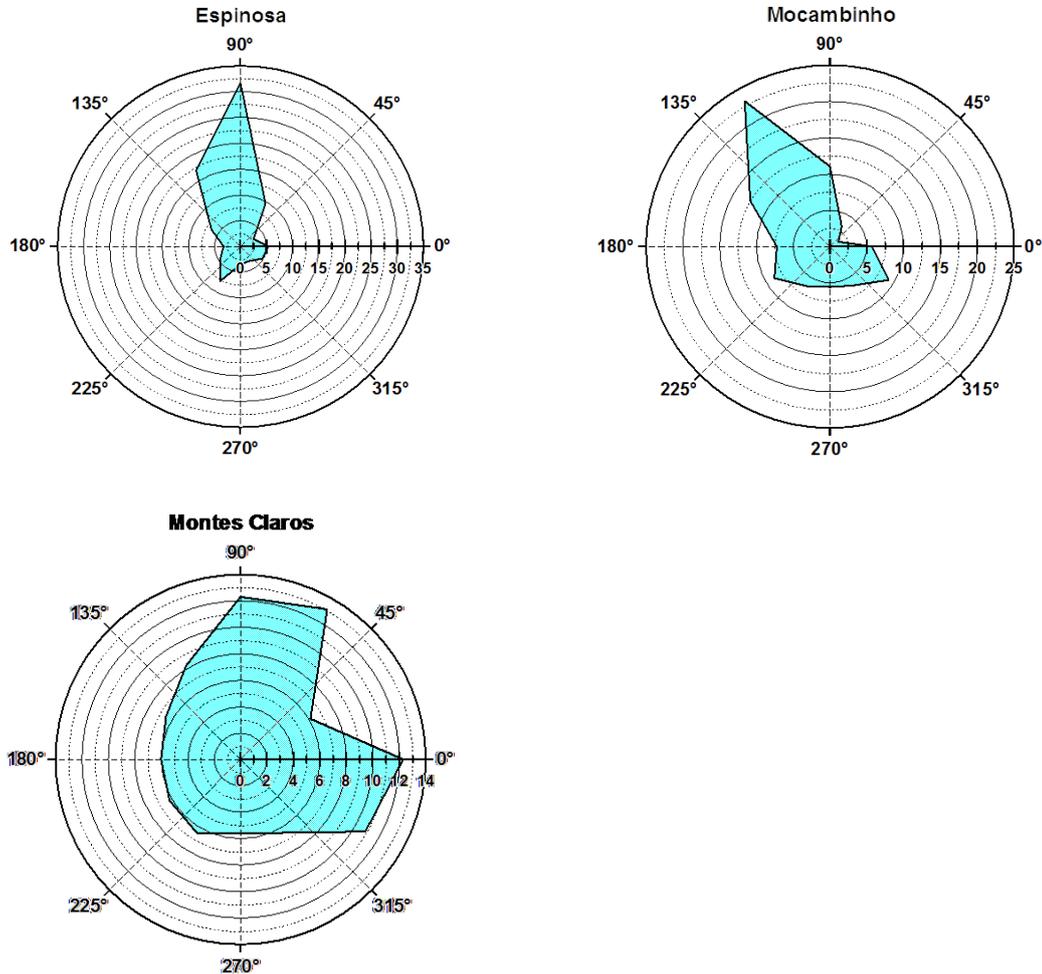
Estação meteorológica	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Espinosa	70,4	67,0	68,2	66,3	61,3	57,9	54,5	49,0	48,8	53,4	66,2	70,2	61,1
Janaúba	70,1	65,7	67,4	64,6	62,0	59,4	54,6	49,6	49,0	51,9	64,5	70,9	60,8
Mocambinho	75,7	73,6	75,2	72,0	67,7	64,2	61,6	56,3	54,1	58,7	72,5	77,8	67,5
Monte Azul	68,2	65,0	66,2	63,1	58,5	56,1	52,8	48,7	48,1	52,1	64,3	69,6	59,4
Montes Claros	73,1	69,5	72,3	70,3	66,7	63,8	58,4	50,9	49,9	57,2	71,3	75,3	64,9

Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Meteorologia (2021a).

#### Direção predominante dos ventos

O estudo da direção predominante do vento permite subsidiar a alocação de estruturas físicas (construções), o dimensionamento de barreiras quebra-ventos, tendência de deslocamentos de gases poluentes, a orientação de fontes de captação de energia eólica, etc. A análise da direção dos ventos considerou a ocorrência de rajadas com velocidades acima de 10 km/h, a partir da análise de séries históricas horárias de três estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia - Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia, 2021b). Os dados foram expressos em termos percentuais de ocorrência. Observa-se direção

do vento predominantemente norte na estação meteorológica de Espinosa, MG, noroeste na de Mocambinho, MG e mais de uma orientação predominante em Montes Claros, MG: norte, nordeste, leste e sudeste (Figura 2.7).



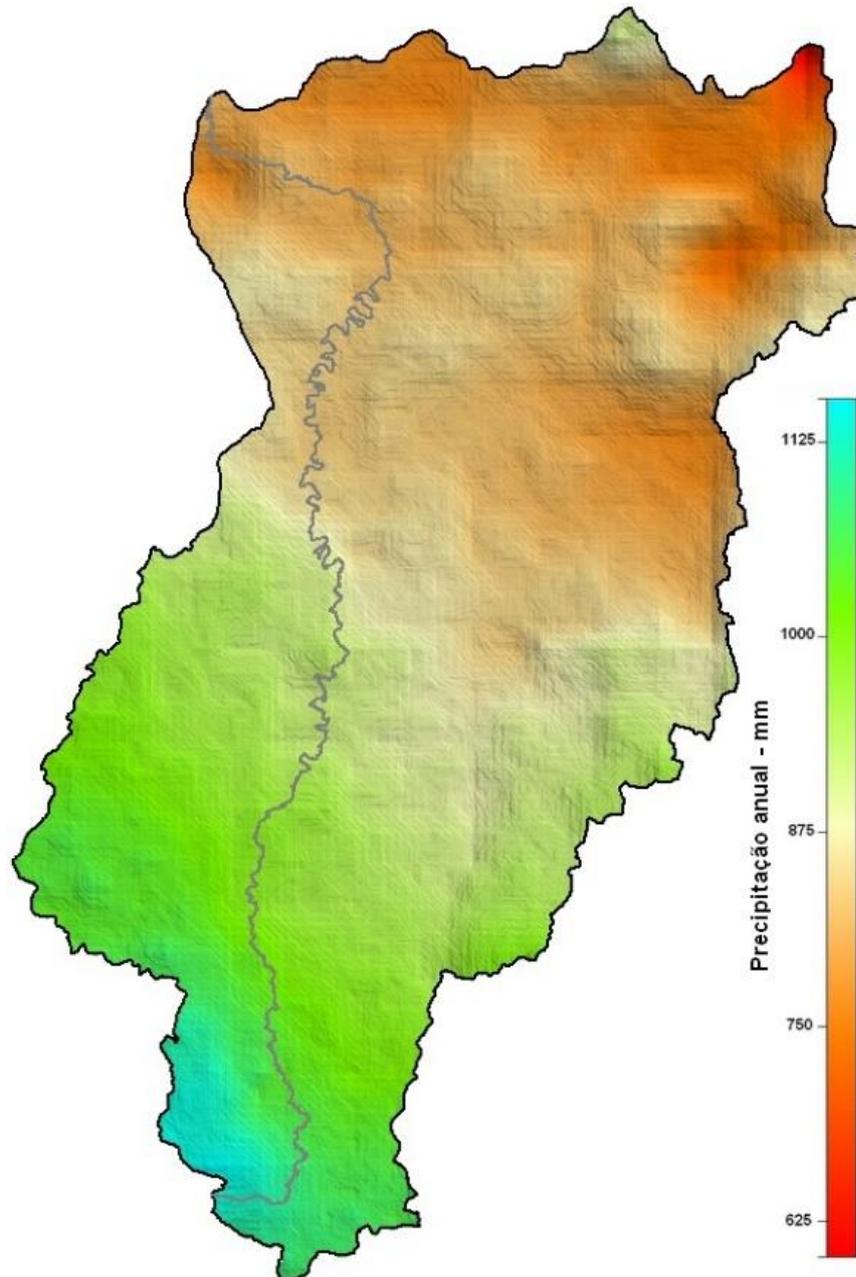
**Figura 2.7.** Direção predominante dos ventos nas estações meteorológicas automáticas instaladas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil, representada pela frequência de registros (eixo x) por direção do vento (em graus) entre os anos 2000 e 2020.

Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Meteorologia (2021b).

#### Variação geográfica da precipitação pluviométrica

A distribuição das chuvas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande foi gerada a partir das bases diárias Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (Chirps) (University of California, 2021) em razão da base de dados consistida, validada e combinada com informações de satélite com as bases de observações terrestres. A resolução espacial de aproximadamente 5 km (0,05 *arc degrees*) permite uma melhor avaliação da variabilidade das precipitações, como

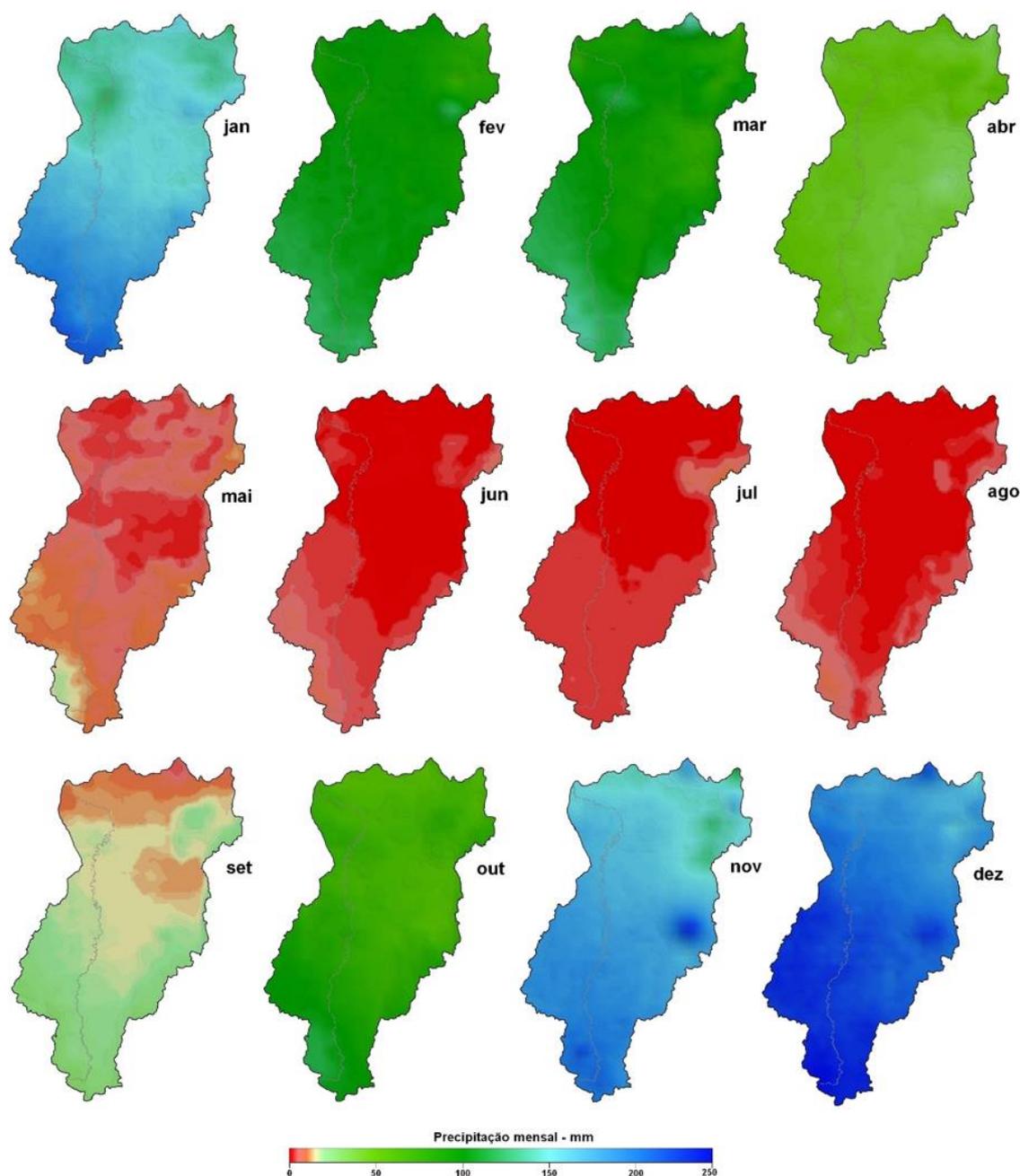
as causadas pelos impactos do relevo. Observa-se tanto variação espacial quanto sazonal da precipitação na bacia, sendo observado um gradiente decrescente de precipitação entre as cabeceiras e a desembocadura dos rios da bacia (das áreas de maior para as de menor altitude). Os maiores índices pluviométricos concentram-se principalmente nos meses de novembro a janeiro, e os menores, entre junho e agosto (Figuras 2.8 e 2.9).



**Figura 2.8.** Precipitação média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Elaboração: Daniel Pereira Guimarães.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012) e University of California (2021).



**Figura 2.9.** Precipitação média mensal na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Elaboração: Daniel Pereira Guimarães.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012) e University of California (2021).

#### Eventos meteorológicos extremos

Eventos meteorológicos extremos podem se apresentar de diversas formas, como na ocorrência de enchentes, secas prolongadas, ondas de calor ou de frio, tufões. O conhecimento de eventos meteorológicos extremos registrados numa região contribui para o planejamento e a prevenção de possíveis impactos no

ambiente, na saúde e nos bens da população. A partir de séries temporais de dados disponibilizadas pelo Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia, 2021a, 2021b), para cada mês do ano, foram obtidos os valores máximos diários e horários registrados em termos de precipitação, valores extremos de temperatura, valores mínimos de umidade relativa e velocidades máximas registradas de rajadas de vento.

As maiores precipitações diárias observadas em Espinosa, MG foram registradas no mês de março (126,7 mm), em Janaúba, MG, no mês de abril (109 mm), em Juramento, MG, no mês de fevereiro (127 mm), em Mocambinho (Jaíba, MG) no mês de novembro (132,9 mm), e em Monte Azul, MG e Montes Claros, MG, no mês de dezembro (respectivamente, 136,7 mm e 145,0 mm) (Tabela 2.6).

**Tabela 2.6.** Máxima Precipitação Diária – P<sub>máx</sub> (mm) registrada em estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet situadas na Bacia do Rio Verde Grande entre 1960 e 2021.

Estação	Espinosa		Janaúba		Juramento		Mocambinho		Monte Azul		Montes Claros	
	Data	P <sub>máx</sub>	Data	P <sub>máx</sub>								
Jan.	16/1/2002	116,4	15/1/2002	102,7	2/1/1997	105,0	16/1/2002	103,2	16/1/2002	136,0	13/1/1961	136,7
Fev.	15/2/2007	104,4	15/2/2007	80,0	9/2/2004	127,0	5/2/2007	103,9	4/2/2002	96,6	1/2/2008	88,6
Mar.	19/3/1997	126,7	19/3/2004	106,2	11/3/2000	80,0	11/3/1994	104,2	18/3/1995	124,0	2/3/1997	143,0
Abr.	9/4/2006	80,4	27/4/2008	109,0	1/4/1997	66,6	8/4/2003	97,4	10/4/2006	45,6	13/4/1996	66,1
Mai	10/5/2003	44,0	17/5/1977	41,5	11/5/2010	39,0	16/5/1986	42,6	1/5/1992	32,2	14/5/2001	40,5
Jun.	5/6/1978	17,3	13/6/1997	12,4	24/6/2004	23,6	13/6/1997	13,3	8/6/1981	9,0	24/6/2004	24,5
Jul.	12/7/2004	12,2	24/7/1986	8,0	2/7/1991	5,7	21/7/1997	13,6	20/7/1997	2,2	22/7/1978	27,8
Ago.	13/8/1996	32,7	26/8/1992	54,3	29/8/2003	16,8	27/8/1986	16,3	24/8/2006	20,2	21/8/1979	15,2
Set.	29/9/1985	49,4	21/9/2006	44,9	7/9/2009	53,2	26/9/1980	24,0	30/9/2003	45,4	23/9/1970	50,8
Out.	12/10/1975	59,9	30/10/1996	62,6	30/10/2009	73,8	27/10/2009	104,7	31/10/1992	78,2	30/10/2009	78,5
Nov.	12/11/2006	83,5	29/11/2007	157,0	27/11/2005	103,0	26/11/2007	132,9	25/11/1996	87,2	5/11/1998	107,8
Dez.	9/12/1987	115,8	29/12/2002	75,8	2/12/1998	105,0	17/12/1988	97,5	9/12/2005	140,1	26/12/2002	145,0

As maiores precipitações horárias registradas em Espinosa, MG ocorreram no mês de março (55,6 mm), em Mocambinho (Jaíba, MG), no mês de novembro (44,4 mm), e em Montes Claros, MG, no mês de dezembro (53,8 mm), mesmos meses em que foram registrados os picos de precipitação diários nessas estações. (Tabela 2.7). Assim, verifica-se a ocorrência de possíveis picos de precipitação em diferentes meses ao longo do período chuvoso, com possibilidade de ocorrência de precipitações diárias superiores a 130 mm e horárias superiores a 50 mm.

**Tabela 2.7.** Máxima Precipitação Horária – P<sub>máx</sub> (mm) registrada em estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet situadas na Bacia do Rio Verde Grande entre 1960 e 2021.

Estação	Espinosa		Mocambinho		Montes Claros	
	Data	P <sub>máx</sub>	Data	P <sub>máx</sub>	Data	P <sub>máx</sub>
Jan.	2/1/2012	22,4	6/1/2016	36,0	20/1/2013	52,4
Fev.	11/2/2012	55,6	5/2/2017	22,4	28/2/2004	27,6
Mar.	21/3/2019	21,2	25/3/2019	23,0	21/3/2019	30,8
Abr.	7/4/2015	25,0	6/4/2014	21,4	13/4/2006	24,2
Mai	18/5/2019	14,8	22/5/2012	9,2	14/5/2012	8,0
Jun.	15/6/2012	2,0	29/6/2012	2,6	23/6/2004	5,0
Jul.	30/7/2017	0,4	10/7/2017	0,2	11/7/2004	7,4
Ago.	8/8/2019	2,8	17/8/2018	2,0	29/8/2013	4,0
Set.	29/9/2019	12,2	30/9/2013	12,8	29/9/2013	31,0
Out.	28/10/2019	35,6	31/10/2020	38,6	10/10/2016	50,4
Nov.	3/11/2018	31,0	14/11/2016	44,4	9/11/2012	28,8
Dez.	8/12/2018	36,0	14/12/2014	36,6	31/12/2018	53,8

As maiores temperaturas extremas na região têm sido registradas no mês de outubro, tendo chegado a 39,7 °C em Espinosa, 40,6 °C em Juanaúba, 39,4 °C em Juramento, 41,0 °C em Mocambinho (Jaíba, MG), 40,0 °C em Monte Azul e 39,4 °C em Montes Claros (Tabela 2.8). Por outro lado, as temperaturas mínimas absolutas observadas na maioria das estações ocorreram em junho, quando foram registrados valores de 9,2 °C em Espinosa, de 2,8 °C em Janaúba, e de 9,0 °C em Mocambinho. Em Monte Azul e Montes Claros, as menores temperaturas mínimas absolutas foram registradas em julho (respectivamente, 11,0 °C e 5,8 °C), enquanto em Juramento elas ocorreram no mês de dezembro (2,3 °C) (Tabela 2.9).

Os menores valores de umidade relativa em Espinosa foram registrados em agosto, setembro e outubro (10%); em Mocambinho, no mês de novembro (7%); e em Montes Claros, em setembro (8%) (Tabela 2.10). As maiores rajadas de vento em Espinosa e Mocambinho foram registradas em dezembro (respectivamente, 82,08 km/h e 84,24 km/h). Na estação meteorológica de Montes Claros, foram observadas em outubro (78,84 km/h). Nas três estações e em praticamente todos os meses do ano têm sido registradas rajadas de vento superiores a 60 km/h (Tabela 2.11).

**Tabela 2.8.** Temperaturas Máximas mensais – T<sub>máx</sub> (°C) registradas em estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet situadas na Bacia do Rio Verde Grande entre 1960 e 2021.

Estação	Espinososa		Janaúba		Juramento		Mocambinho		Monte Azul		Montes Claros	
	Data	T <sub>máx</sub>	Data	T <sub>máx</sub>								
Jan.	6/1/1998	38,6	26/1/2006	38,8	31/1/2015	36,8	18/1/1995	39,4	18/1/1995	38,0	31/1/2015	37,7
Fev.	4/2/1998	39,1	27/2/2013	38,0	5/2/1998	36,0	3/2/1987	39,4	18/2/2010	37,8	1/2/1961	37,8
Mar.	12/3/2013	38,1	12/3/2013	38,2	30/3/2010	38,4	5/3/2009	37,5	11/3/2013	38,1	18/3/1961	37,4
Abr.	2/4/1998	38,8	10/4/1980	38,5	19/4/1998	36,0	13/4/2003	38,6	23/4/2012	38,0	18/4/1998	36,0
Mai	1/5/1998	36,9	2/5/1998	36,8	9/5/1987	34,6	23/5/1987	36,9	2/5/1998	36,4	27/5/1962	37,0
Jun.	26/6/1982	34,3	22/6/2012	35,1	8/6/2014	33,4	24/6/1987	35,6	22/6/2012	34,7	12/6/1961	37,8
Jul.	27/7/2007	34,9	30/7/2006	36,2	22/7/2001	34,0	30/7/2006	36,2	2/7/2003	39,1	22/7/2013	33,6
Ago.	29/8/2004	37,0	31/8/1978	37,0	26/8/2005	35,8	8/8/2007	39,2	28/8/2013	37,1	31/8/1962	36,8
Set.	24/9/2013	38,4	27/9/2003	39,6	10/9/1997	38,4	10/9/1997	39,6	24/9/2013	39,7	10/9/1997	38,6
Out.	28/10/2008	39,7	28/10/2008	40,6	28/10/2008	39,4	20/10/1987	41,0	28/10/2008	40,0	28/10/2008	39,4
Nov.	1/11/2012	39,4	4/11/2008	40,0	4/11/2008	38,6	15/11/2008	39,6	1/11/2012	39,3	3/11/2008	38,6
Dez.	3/12/2002	38,4	2/12/2002	39,4	2/12/1993	36,2	3/12/2002	39,8	6/12/2002	38,4	2/12/2002	37,8

**Tabela 2.9.** Temperaturas mínimas mensais – T<sub>mín</sub> (°C) registradas em estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet situadas na Bacia do Rio Verde Grande entre 1960 e 2021.

Estação	Espinososa		Janaúba		Juramento		Mocambinho		Monte Azul		Montes Claros	
	Data	T <sub>mín</sub>	Data	T <sub>mín</sub>								
Jan.	14/1/1984	15,8	21/1/1986	15,1	20/1/2007	10,9	18/1/1976	15,9	20/1/1986	16,2	30/1/2011	11,4
Fev.	5/2/1981	15,3	19/2/1994	2,6	5/2/2001	12,2	20/2/1975	16,1	17/2/1975	11,2	20/2/1974	15,2
Mar.	28/3/1980	15,0	24/3/1980	15,2	21/3/1994	3,2	12/3/2000	2,4	19/3/2000	17,2	3/3/1977	12,6
Abr.	6/4/1996	10,6	8/4/1978	13,8	26/4/2000	11,0	14/4/1997	14,3	12/4/1979	13,6	18/4/1969	12,0
Mai	20/5/2006	11,6	29/5/2006	10,2	22/5/1999	8,8	20/5/2006	11,1	13/5/1975	11,9	30/5/1975	9,8
Jun.	21/6/1978	9,2	10/6/1982	2,8	26/6/2000	5,2	20/6/1988	9,0	14/6/2010	11,3	30/6/1974	6,5
Jul.	21/7/2006	9,6	18/7/2000	7,8	18/7/2000	4,2	18/7/2000	9,2	13/7/1979	11,0	18/7/2000	5,8
Ago.	12/8/2004	9,6	29/8/1981	10,1	12/8/2004	6,3	2/8/1988	9,6	06/8/1977	11,4	2/8/1974	8,9
Set.	4/9/2004	11,6	21/9/2011	11,4	13/9/1988	2,5	12/9/1981	11,0	13/9/1980	12,3	9/9/1979	10,0
Out.	6/10/2014	16,3	27/10/1981	5,2	10/10/1987	2,5	18/10/2003	12,3	6/10/2014	15,8	5/10/1973	12,0
Nov.	15/11/1985	15,8	7/11/2003	12,8	15/11/2011	11,5	6/11/2011	15,3	8/11/2003	16,8	6/11/2011	12,8
Dez.	22/12/1983	16,4	28/12/2010	4,0	8/12/1988	2,3	14/12/1993	11,8	23/12/1978	16,8	2/12/1977	10,6

**Tabela 2.10.** Umidades Relativas Mínimas mensais – URmín (%) registradas em estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet situadas na Bacia do Rio Verde Grande entre 1960 e 2021.

Estação	Espinosa		Mocambinho		Montes Claros	
	Data	URmín	Data	URmín	Data	URmín
Jan.	21/1/2018	12	22/1/2018	11	31/1/2015	12
Fev.	2/2/2014	14	4/2/2019	15	1/2/2019	19
Mar.	13/3/2015	13	10/3/2013	17	2/3/2012	17
Abr.	30/4/2012	11	27/4/2012	17	11/4/2016	17
Mai	17/5/2016	13	1/5/2012	17	26/5/2019	19
Jun.	19/6/2015	13	2/6/2016	16	6/6/2016	18
Jul.	16/7/2016	12	30/7/2020	13	15/7/2019	13
Ago.	31/8/2017	10	31/8/2017	11	12/8/2018	11
Set.	26/9/2015	10	28/9/2020	10	24/9/2003	8
Out.	10/10/2018	10	18/10/2019	9	17/10/2015	10
Nov.	22/11/2013	11	11/11/2019	7	11/11/2019	11
Dez.	15/12/2015	11	10/12/2015	10	29/12/2016	17

**Tabela 2.11.** Máximas rajadas de ventos – Rajmáx (km/h) registradas nas estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande entre 1961 e 2021.

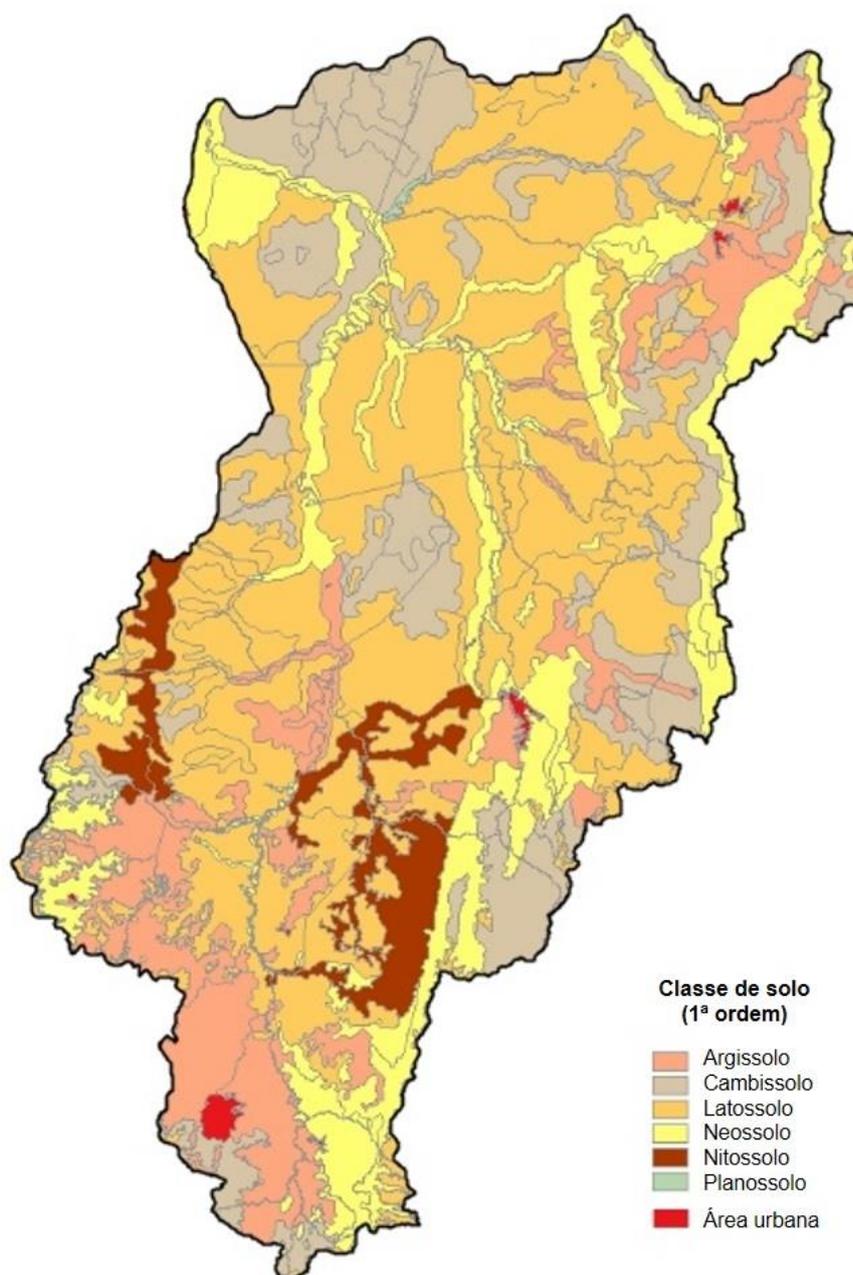
Estação	Espinosa		Mocambinho		Montes Claros	
	Data	URmín	Data	URmín	Data	URmín
Jan.	28/1/2017	63,72	5/1/2019	62,64	12/1/2017	78,48
Fev.	28/2/2019	70,92	5/2/2017	56,88	15/2/2004	65,88
Mar.	28/3/2017	70,20	8/3/2018	63,00	3/3/2003	70,56
Abr.	0/4/2015	56,52	24/4/2012	51,12	18/4/2019	65,16
Mai	10/5/2018	78,12	22/5/2012	41,40	25/5/2005	61,92
Jun.	4/6/2018	77,76	15/6/2013	66,60	9/6/2007	48,96
Jul.	6/7/2012	68,76	1/7/2013	55,80	13/7/2007	61,56
Ago.	12/8/2017	62,64	6/8/2019	72,36	18/8/2012	66,96
Set.	6/9/2013	66,60	29/9/2013	63,00	23/9/2005	79,56
Out.	5/10/2014	72,72	29/10/2016	63,72	10/10/2016	78,84
Nov.	1/11/2019	74,88	16/11/2016	69,48	10/11/2014	72,00
Dez.	18/12/2015	82,08	7/12/2016	84,24	25/12/2002	73,44

## Solos e dinâmica da água no solo

### Características dos solos

As seguranças hídrica e alimentar da população depende das interações solo-planta-atmosfera. O armazenamento da água no solo varia em função de características inerentes ao solo (textura, estrutura, teor de matéria orgânica, profundidade), da entrada de água no sistema (principalmente pela chuva) e das perdas de água pela evapotranspiração, percolação e escoamento superficial. A implementação do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos no Brasil (PronaSolos), a partir de 2015 (Polidoro et al., 2016), vem contribuindo para o mapeamento sistemático dos solos no Brasil, permitindo a geração de informações sobre a capacidade de água disponível (CAD), a suscetibilidade e a vulnerabilidade dos solos brasileiros a erosão hídrica, condutividade elétrica e estoques de carbono. A plataforma PronaSolos foi disponibilizada em 2021 no formato de sistemas de informações geográficas (SigWeb), contendo informações geradas nos últimos 80 anos pelo Serviço Geológico do Brasil [Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)], pela Embrapa e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de contribuições de instituições estaduais e universidades (Polidoro et al., 2021).

De acordo com o IBGE, as classes de solos predominantes no Brasil referem-se aos Latossolos e Argissolos, sobre os quais se concentram as principais áreas de produção agrícola do País. Teixeira et al. (2021) usaram funções de pedotransferência para fazer conclusões sobre a água disponível nos solos em função das classes texturais de areia, silte e argila. A Figura 2.10 apresenta distribuição dos solos (primeira ordem) na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, e a Tabela 2.12 exhibe o percentual da área da bacia ocupado por cada classe. Na bacia predominam Latossolos (42%), sendo que 61,7% dos solos representam classes com boa aptidão potencial para a realização de cultivos agrícolas (Latosolos, Argissolos e Nitossolos, que ocorrem, na maioria das vezes, em terrenos pouco acidentados). Os solos com utilização mais restrita (Cambissolos, Neossolos e Planossolos) ocupam 38,3% da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Teixeira et al. (2021) usaram funções de pedotransferência para fazer inferências sobre a água disponível nos solos em função das classes texturais de areia, silte e argila



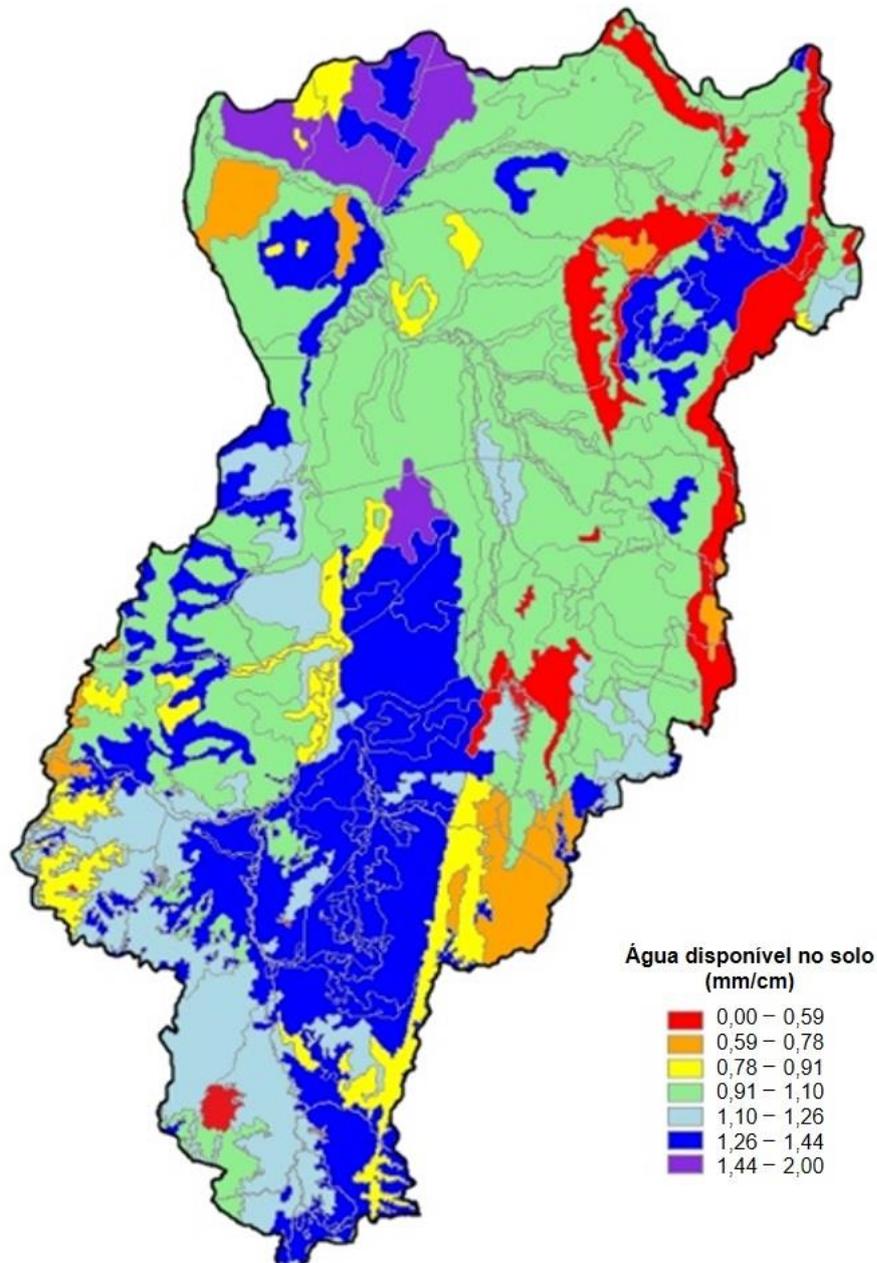
**Figura 2.10.** Classes de solos (1ª ordem) ocorrentes na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Elaboração: Daniel Pereira Guimarães.  
 Fonte: Adaptado de Polidoro et al. (2021).

**Tabela 2.12.** Percentual de ocorrência das classes de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Classe de solo (primeira ordem)	Área relativa (%)
Latossolo	42,8
Cambissolo	19,2
Neossolo	19,0
Árgissolo	14,1
Nitossolo	4,9
Planossolo	0,1

A Figura 2.11 mostra a capacidade de retenção de água nos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande [Capacidade de Água Disponível (CAD)]. De maneira geral, observa-se que a maioria dos solos possui capacidade de armazenamento de água acima de 90 litros por metro cúbico, volumes adequados para a prática da agricultura na região, havendo concentração de solos com baixas capacidades de retenção de água em algumas áreas mais a leste da bacia.



**Figura 2.11.** Capacidade de Água Disponível (CAD) nos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande na profundidade de até 1m.

Elaboração: Daniel Pereira Guimarães.

Fonte: Adaptado de Polidoro et al. (2021).

### Dinâmica da água no solo

A água representa um elemento essencial no contexto da evolução e dinâmica das paisagens, incluindo processos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e bióticos, representando um dos principais vetores de transformação da superfície terrestre, e influenciando na disponibilidade de diversos recursos naturais, em termos quantitativos e qualitativos. Pela sua importância, a água deve assumir posição de destaque nas políticas de desenvolvimento regional, numa perspectiva que visa compreender as diversas funções locais dela, numa visão sistêmica, como elemento essencial para a conservação da biodiversidade e sobrevivência da sociedade (Ferreira, 2007).

O ciclo hidrológico é um fenômeno contínuo da circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera. A água encontra-se em constante fase de mudanças entre os estados sólido (gelo), líquido e gasoso (vapor). Esse ciclo ocorre há bilhões de anos e é fundamental para a existência de vida no planeta. A Figura 2.12 ilustra as transformações ocorridas no ciclo da água. A dinâmica da água nos solos do Brasil depende basicamente das chuvas (entrada da água no solo) e da evapotranspiração, que se refere ao retorno da água para a atmosfera na forma gasosa resultante da evaporação do solo e da transpiração das plantas.

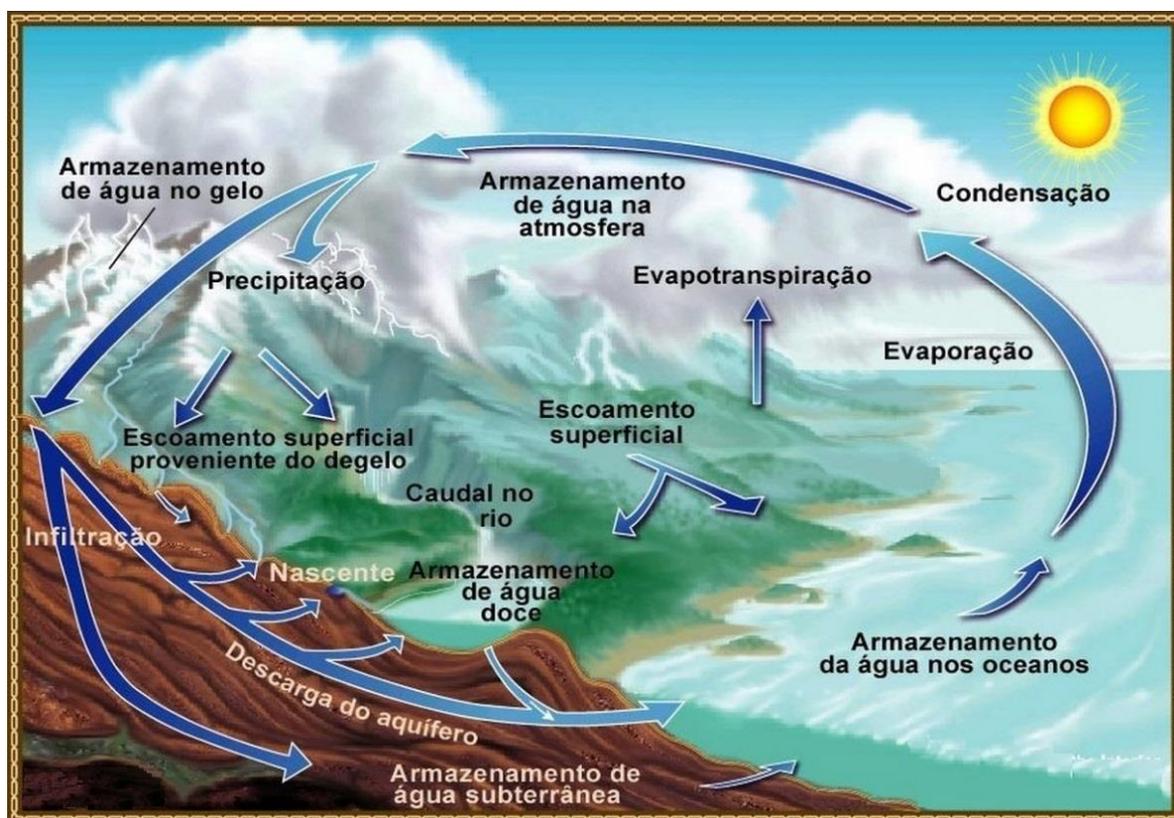


Figura 2.12. O ciclo hidrológico.

Fonte: Adaptado de United States Geological Survey (2022).

O monitoramento das chuvas no Brasil é feito por estações terrestres (estações meteorológicas convencionais e automáticas, postos pluviométricos manuais e automáticos, e pelo uso de sensores orbitais ou modelos climatológicos). As séries históricas de longa duração baseiam-se unicamente em coletas realizadas em pluviômetros manuais, e são afetadas por falhas ocasionadas pela falta de medições e também em função dos erros inerentes a esse tipo de coleta de dados: erros sistemáticos, falhas humanas, localização inadequada do ponto amostral e perdas das séries históricas. Para a análise do balanço, disponibilidade e excedente hídricos no âmbito da bacia, foram consideradas bases pluviométricas disponibilizadas pelo *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (Chirps) (Funk et al., 2015) e estimativas de evapotranspiração.

A opção pelo uso das bases pluviométricas Chirps levou em consideração os seguintes aspectos:

- Base de dados pluviométricos diários em escala global (-50°S e 50°N).
- Série histórica contínua desde 1981 (40 anos).
- Combinação de informações de sensores orbitais e informações terrestres.
- Análise de consistência das bases terrestres.
- Informações padronizadas.
- Resolução espacial de 0,05° (5 km na linha do Equador) gerando mais de 280 mil pontos de observação no território brasileiro.

A estimativa da evapotranspiração teve como base os trabalhos de Hobbins (2016), que usou as bases de dados *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications* (Merra-2) da Nasa (Gelaro et al., 2017) para implementar a equação de Penman-Monteith em escala global.

A equação de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) de Penman-Monteith parametrizada pela FAO (Allen et al., 1998; Rocha et al., 2011) é a Equação 2.1:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)} \quad (2.1)$$

em que

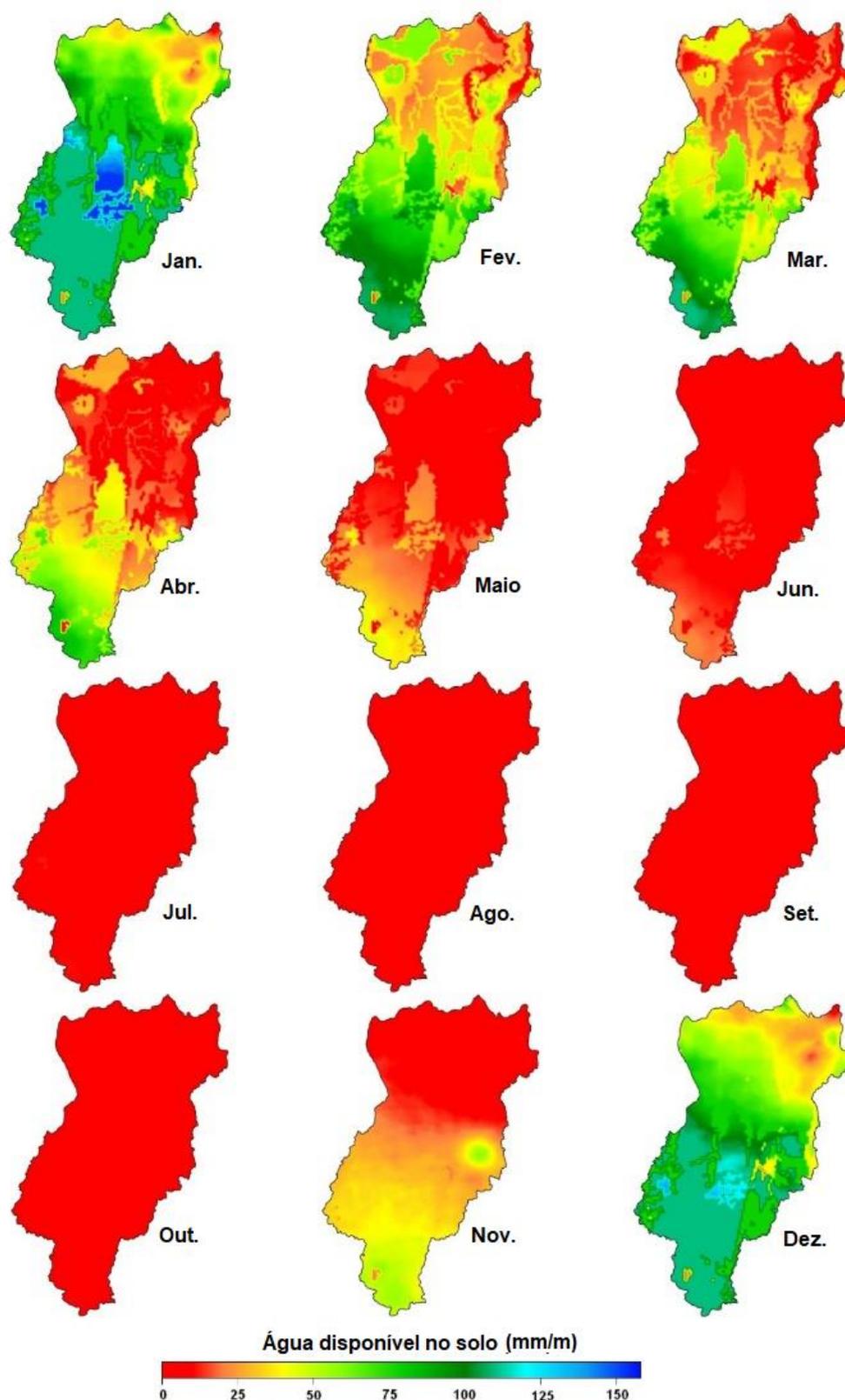
**ET<sub>o</sub>** : Evapotranspiração de referência da cultura hipotética (grama), mm/dia.

$R_n$	: Saldo de radiação líquida na superfície da(s) cultura(s), MJ/m <sup>2</sup> /dia.
$G$	: Fluxo de calor no solo, considerado nulo em escala diária, MJ/m <sup>2</sup> /dia.
$\gamma$	: Constante psicrométrica, kPa/°C.
$T$	: Temperatura média diária do ar a 2 m de altura, °C.
$u_2$	: Velocidade do vento a 2 m de altura, m/s.
$e_s$	: Pressão de saturação de vapor do ar, kPa.
$e_a$	: Pressão de vapor do ar atual, kPa.
$e_s - e_a$	: Deficit de saturação de vapor do ar, kPa
$\Delta$	: inclinação da curva de pressão de vapor <i>versus</i> temperatura, kPa/°C.

O aumento da resolução espacial foi obtido por meio da reamostragem usando como subconjunto as bases de evapotranspiração do IWTI (International Water Management Institute). Esse procedimento permitiu coincidir a resolução espacial das bases de dados de chuva e evapotranspiração (cerca de 5 km).

O balanço hídrico sequencial foi gerado a partir de algoritmo de álgebra de imagens combinando a entrada de água no solo (chuva–CHIRPS), evapotranspiração potencial (Hobbins, 2016) e capacidade de água disponível dos solos (CAD) gerada a partir de funções de pedotransferência (Teixeira et al., 2021), tendo como base o mapeamento dos solos brasileiros pelo PronaSolos.

O mapeamento sequencial da água disponível nos olhos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, ao longo do ano, é apresentado na Figura 2.13. A severidade da deficiência hídrica nos solos da bacia hidrográfica fica evidenciada pelo número de meses em que a disponibilidade hídrica tende para zero. O mês de dezembro corresponde ao período de início de recarga da água no solo e o maior volume disponível ocorre no mês de janeiro, embora a máxima capacidade de retenção de água só aconteça na porção sul da bacia, em função da maior incidência de chuvas e da ocorrência de temperaturas relativamente menores. A partir do mês de fevereiro, o volume de chuvas é menor que o volume de água transferida do solo para a atmosfera pelo processo de evapotranspiração. Essas condições são responsáveis pelos altos riscos de perdas das safras agrícolas.

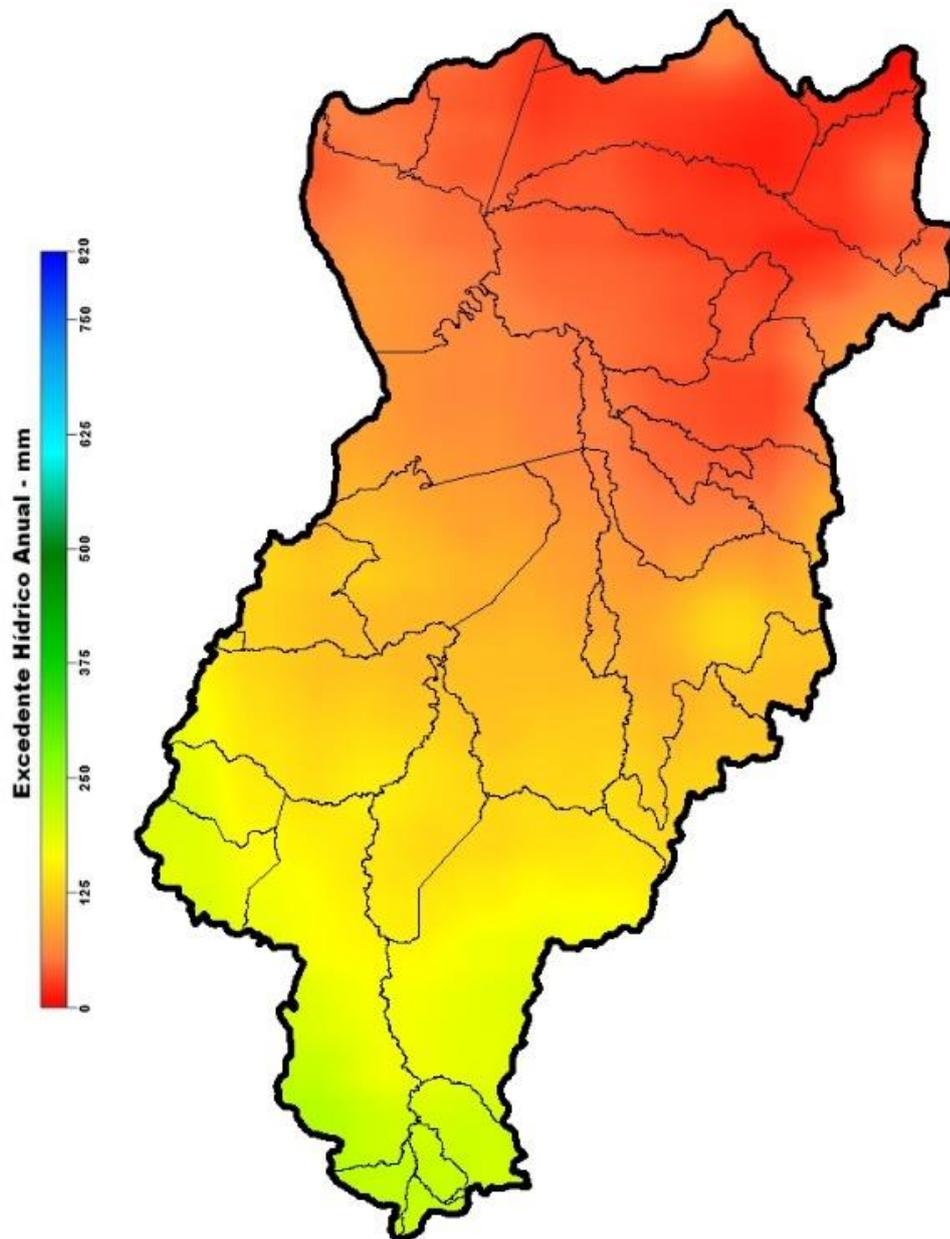


**Figura 2.13.** Disponibilidade hídrica mensal nos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.  
Elaboração: Daniel Pereira Guimarães.

Excedente hídrico

O excedente hídrico representa o volume de água que não é retido pelas partículas do solo, uma vez que este tenha atingido a capacidade de campo. O volume hídrico excedente indica a quantidade de água que é percolada para o lençol freático ou sofre escoamento superficial. Assim, o excedente hídrico corresponde ao volume de água que abastecerá os corpos hídricos. A Figura 2.14 mostra o excedente hídrico anual na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande calculado considerando metodologia apresentada por Guimarães et al. (2022).

A tendência de redução do excedente hídrico para valores próximos de zero nas áreas situadas na porção norte da bacia hidrográfica e de volumes anuais inferiores a 200 mm na porção sul explica as baixas vazões do Rio Verde Grande e a existência de vários cursos d'água intermitentes e efêmeros, condições características das regiões semiáridas. Os municípios situados no estado de Minas Gerais contribuem com 95,4% da geração de excedentes hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, sendo os demais 4,6% gerados pelos municípios baianos. A Tabela 2.13 apresenta os municípios com maior contribuição para a geração de excedentes hídricos (escoamento superficial e/ou percolação) na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Os municípios de Francisco Sá, Montes Claros, São João da Ponte, Janaúba e Porteirinha representam cerca de 50% da contribuição para a geração dos excedentes hídricos dessa bacia.



**Figura 2.14.** Excedente Hídrico Anual (percolação e escoamento superficial) na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Elaboração: Daniel Pereira Guimarães.

Fonte: Adaptado de Funk et al. (2015), Hobbins (2016), Gelaro et al. (2017), Teixeira et al. (2021) e Guimarães et al. (2022).

**Tabela 2.13.** Municípios com maior contribuição para a geração de excedentes hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Município	UF	Excedente médio (mm)	Área na Bacia (ha)	Contribuição relativa do excedente hídrico da bacia (%)
Francisco Sá	MG	163,8	274.337,0	14,8
Montes Claros	MG	180,0	220.269,1	13,1
São João da Ponte	MG	133,6	183.358,4	8,1
Janaúba	MG	106,7	218.132,7	7,7
Porteirinha	MG	103,1	174.808,4	6,0
Verdelândia	MG	97,4	157.053,7	5,1
Capitão Enéas	MG	139,3	97.158,5	4,5
Jaíba	MG	69,1	178.314,5	4,1
Mirabela	MG	184,0	59.424,8	3,6
Matias Cardoso	MG	59,2	155.158,2	3,0
Juramento	MG	203,5	43.047,8	2,9
Varzelândia	MG	119,5	73.232,0	2,9
Riacho dos Machados	MG	122,0	69.092,8	2,8
Gemeleiras	MG	42,8	173.321,5	2,4
Patis	MG	166,8	44.390,6	2,4
Espinosa	MG	35,5	186.658,4	2,2
<b>Total</b>		<b>1.920,3</b>	<b>2.307.758,4</b>	<b>85,6</b>

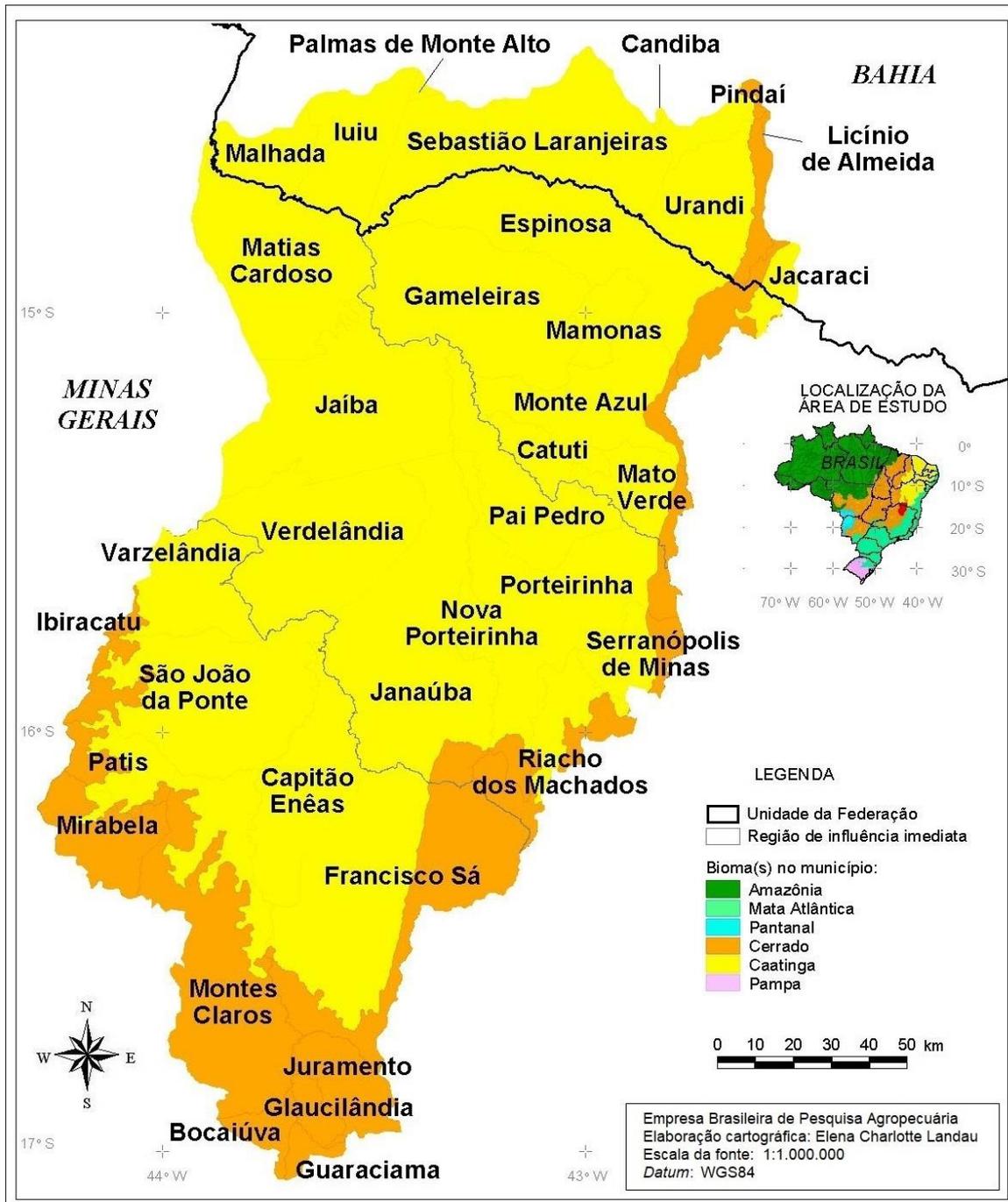
Fonte: Adaptado de Funk et al. (2015), Hobbins (2016), Gelaro et al. (2017), Teixeira et al. (2021) e Guimarães et al. (2022).

## **Bioma e vegetação natural**

Bioma representa uma unidade biológica que engloba a área originária de um conjunto de ecossistemas terrestres com características fitofisionômicas, macroclimáticas e geológicas semelhantes, que sofreram processos similares de formação histórica da paisagem, resultando em diversidades de flora e fauna características (Cox; Moore, 2000; IBGE, 2004a; Coutinho, 2006; Brasil, 2019). O estado de conservação da vegetação nativa e as características de uso atual da terra indicam a existência ou não de habitats adequados para as espécies originais ou outras, bem como a manutenção de serviços ambientais e o fornecimento de bens essenciais à sobrevivência de populações humanas, como a qualidade da água, do ar, etc. (Brasil, 2019; Landau; Moura, 2020).

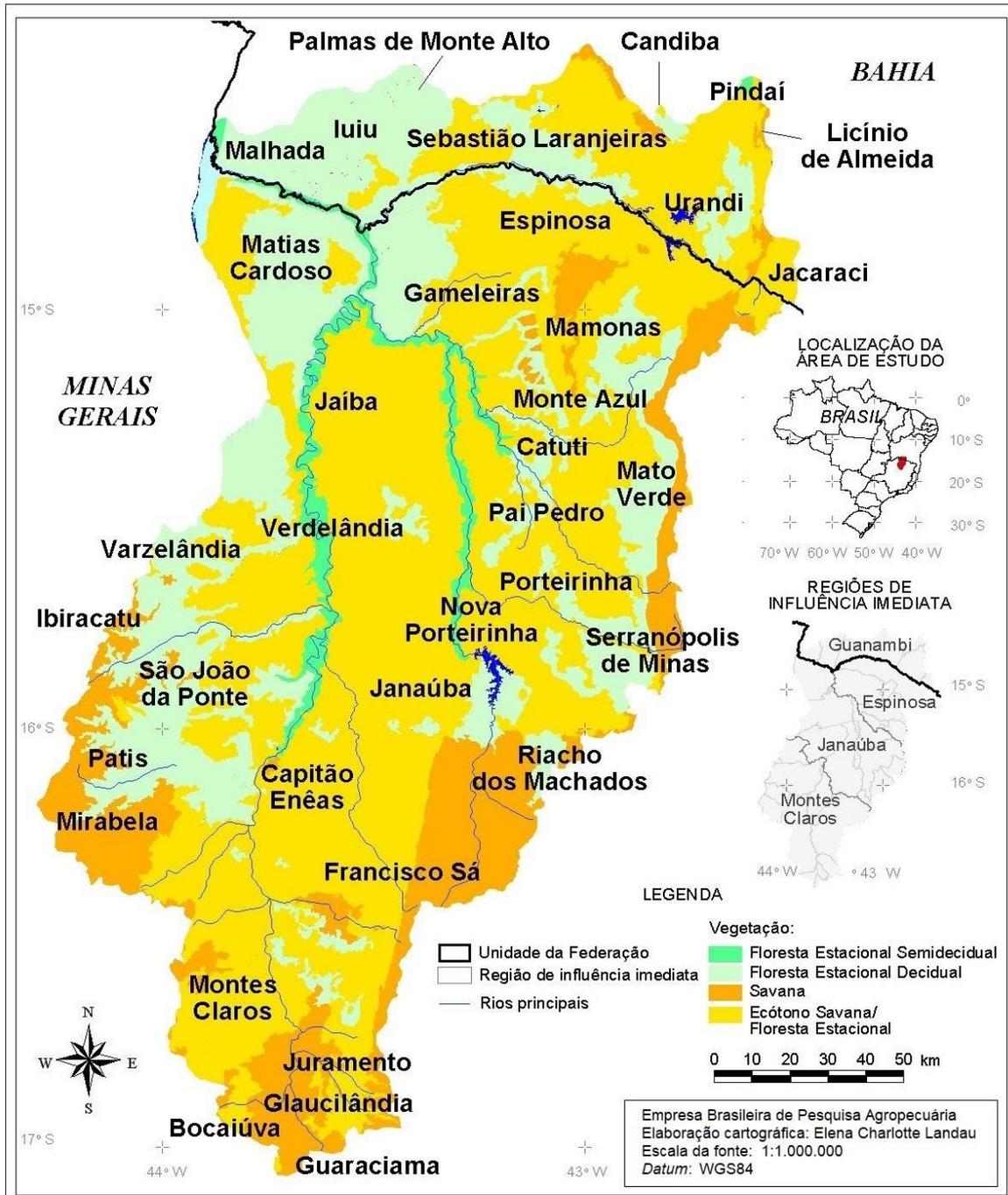
Foi considerada a delimitação de biomas e a base sobre vegetação disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), escala 1:250.000. Em torno de 90% da área da Bacia do Rio Verde Grande ocorre no bioma Caatinga, havendo áreas do bioma Cerrado, principalmente nas cabeceiras dos principais rios da bacia (Figura 2.15). Na Caatinga, o clima é semiárido, com vegetação predominante de médio porte, com galhos retorcidos e folhas adaptadas para a sobrevivência a períodos de estiagem, com grande frequência de cactáceas e espécies resistentes a períodos sem chuva.

Nas áreas da bacia situadas dentro do bioma Cerrado, de maior altitude, predomina vegetação do tipo savana (Figura 2.16). Nas áreas da Caatinga, junto aos principais rios, observa-se a ocorrência natural de floresta estacional semidecidual e decidual. Já na maior parte da área verifica-se maior ocorrência de predominância de ecótono representado pelo contato entre savana e floresta estacional. Na região próxima à foz do Rio Grande, no Rio São Francisco, predomina floresta estacional decidual.



**Figura 2.15.** Biomas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012) e IBGE (2020).



**Figura 2.16.** Vegetação original da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Fonte: Adaptado de IBGE (2004b, 2020) e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012).

## Cobertura vegetal e uso da terra

Para representação da cobertura vegetal e uso da terra, foi considerada a versão 5 da base cartográfica disponibilizada pelo Projeto MapBiomas, referente a 2019 (Projeto MapBiomas, 2020), adotando os padrões de legenda do mapa apresentados na Tabela 2.14.

**Tabela 2.14.** Legenda adotada para a representação cartográfica da cobertura vegetal e uso da terra.

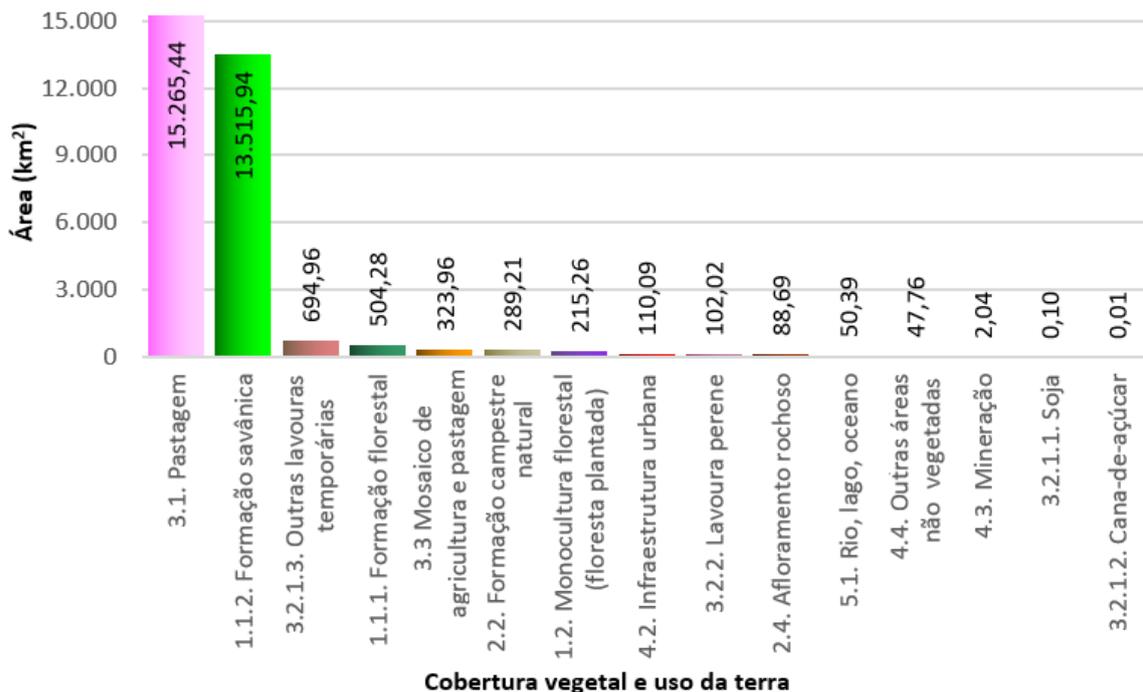
Cobertura vegetal ou uso da terra	Cor
<b>1. Floresta</b>	
1.1. Floresta natural	
1.1.1. Formação florestal	
1.1.2. Formação savânica	
1.1.3. Mangue	
1.2. Monocultura florestal/Floresta plantada/Silvicultura	
<b>2. Formação natural não florestal</b>	
2.1. Campo alagado ou área pantanosa	
2.2. Formação campestre natural	
2.3. Apicum (ambiente salino)	
2.4. Afloramento rochoso	
2.5. Outras formações não florestais	
<b>3. Agropecuária</b>	
3.1. Pastagem	
3.2. Agricultura	
3.2.1. Lavoura temporária	
3.2.1.1. Soja	
3.2.1.2. Cana-de-açúcar	
3.2.1.3. Outras lavouras temporárias	
3.2.2. Lavoura perene	
3.3 Mosaico de agricultura e pastagem	
<b>4. Área não vegetada</b>	
4.1. Praia ou duna	
4.2. Infraestrutura urbana	
4.3. Mineração	
4.4. Outras áreas não vegetadas	
<b>5. Corpos d'água</b>	
5.1. Rio, lago, oceano	
5.2. Aquicultura	
<b>6. Não observado</b>	

Fonte: Adaptado de Projeto MapBiomas (2020).

Também foi avaliado o nível de degradação das pastagens de acordo com o Atlas Digital das Pastagens Brasileiras (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, 2021).

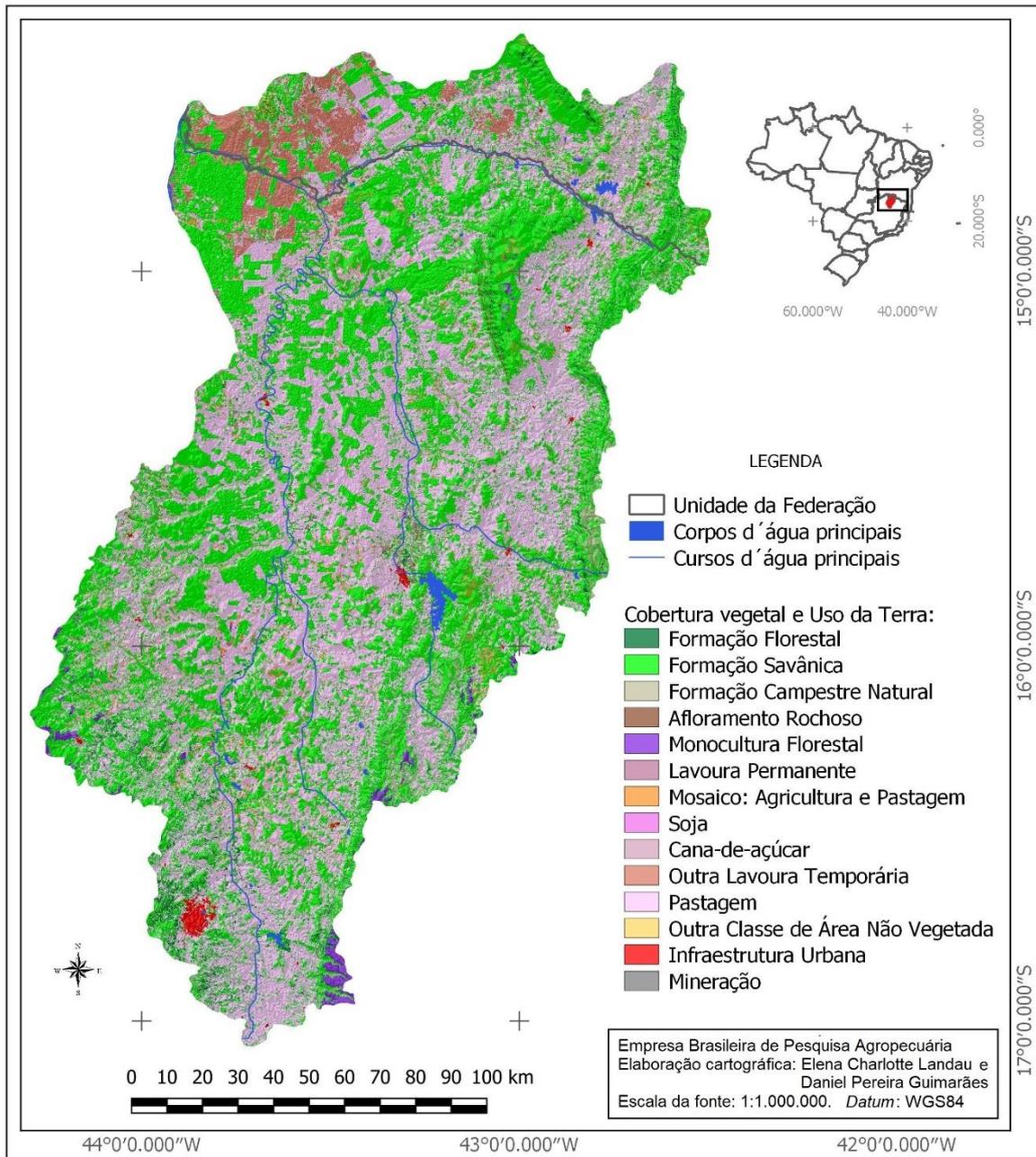
No caso da análise da cobertura vegetal e uso da terra, a denominação e as cores representativas da legenda de algumas classes foram modificadas em relação ao proposto originalmente pelo projeto MapBiomas, optando-se pela representação prioritária de classes terrestres de origem natural em tons de verde ou marrom; e a de classes de origem antrópica, utilizando cores nos tons vermelhos ou cinzas. Estratos arbóreos e classes indicando maior permanência temporal no território foram representados em cores preferentemente mais escuras que classes indicando estratos herbáceos e/ou de duração temporária, conforme apresentado na Tabela 2.14.

Os padrões de cobertura vegetal e uso da terra da bacia são apresentados nas Figuras 2.17 e 2.18, e na Tabela 2.15. Quase a metade da área da bacia hidrográfica é ocupada por pastagens (48,91%, 15.265,44 km<sup>2</sup>), e mais de 40% por formações savânicas (43,31% ou 13.515,94 km<sup>2</sup>), de forma que a área total ocupada pelos demais tipos de cobertura vegetal e uso da terra não excede 8% da extensão total da bacia.



**Figura 2.17.** Área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande ocupada por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2019.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2019) e Projeto MapBiomas (2020).



**Figura 2.18.** Cobertura vegetal e uso da terra em 2019 na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), United States Geological Survey (2014), IBGE (2020) e Projeto MapBiomas (2020).

Tanto nas áreas da bacia situadas no bioma Cerrado quanto nas situadas no bioma Caatinga, mais de 40% apresentam cobertura vegetal representada por pastagem e mais de 40% por formações savânicas, provavelmente com diferentes níveis de degradação.

**Tabela 2.15.** Área total e por bioma da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande ocupada por classe de cobertura vegetal e uso da terra em 2019.

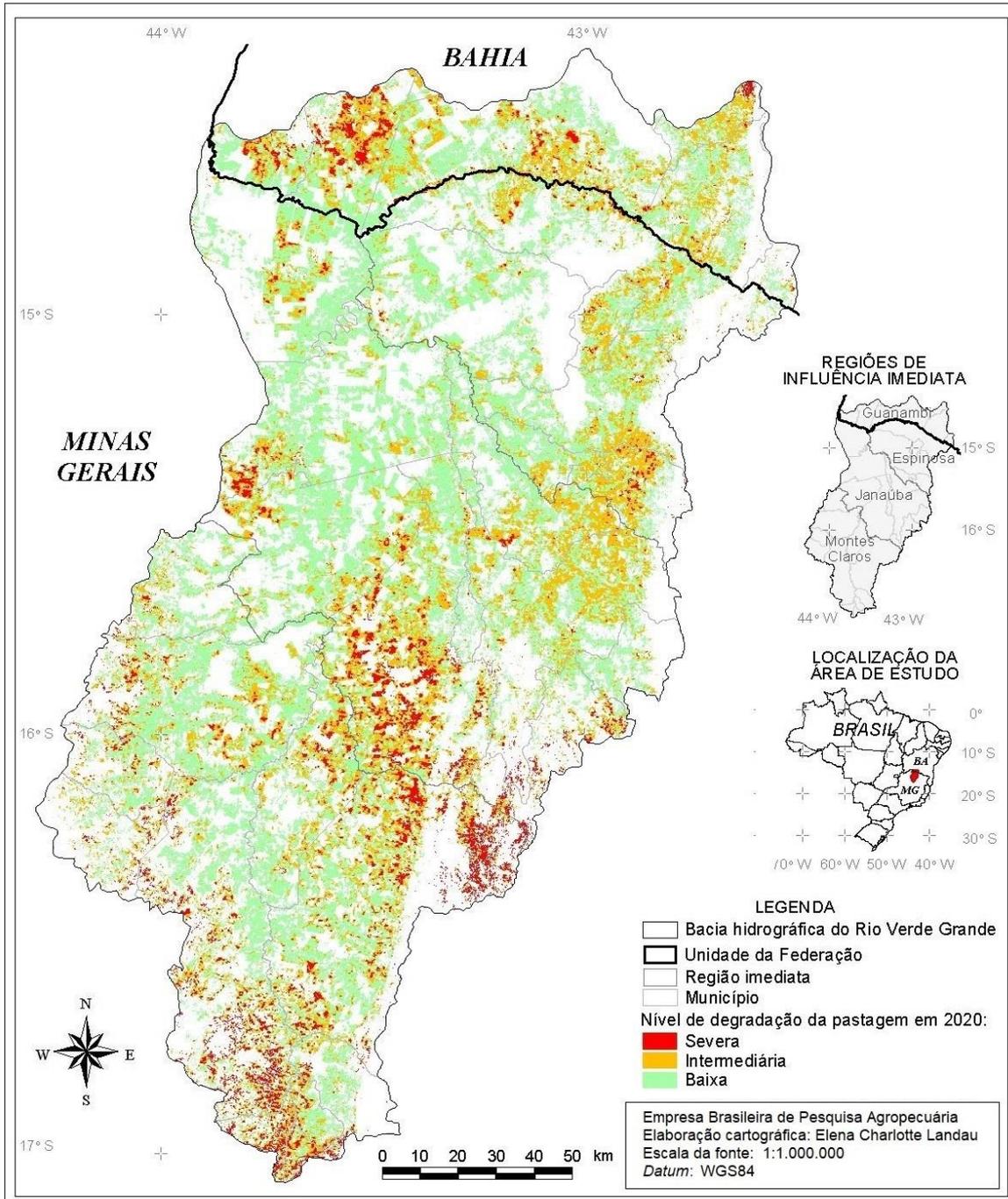
Cobertura vegetal e uso da terra	Cerrado		Caatinga		Total	
	Área (km <sup>2</sup> )	Área relativa (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Área relativa (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Área relativa (%)
<b>1. Floresta</b>						
Floresta natural						
1.1.1. Formação florestal	375,519	6,2133	128,765	0,5117	504,284	1,6158
1.1.2. Formação savânica	2.681,149	44,3619	10.834,786	43,0527	13.515,935	43,3062
1.1.3. Mangue	–	–	–	–	–	–
1.2. Floresta plantada/ monocultura florestal	200,795	3,3223	14,461	0,0575	215,256	0,6897
<b>2. Formação natural não florestal</b>						
2.1. Campo alagado ou área pantanosa	–	–	–	–	–	–
2.2. Formação campestre natural	243,754	4,0331	45,456	0,1806	289,210	0,9267
2.3. Apicum/ ambiente salino	–	–	–	–	–	–
2.4. Afloramento rochoso	–	–	88,692	0,3524	88,692	0,2842
2.5. Outra formação não florestal	–	–	–	–	–	–
<b>3. Agropecuária</b>						
3.1. Pastagem	2.440,980	40,3881	12.824,458	50,9588	15.265,438	48,9118
3.2. Agricultura						
3.2.1. Lavoura temporária						
3.2.1.1. Soja	0,073	0,0012	0,032	0,0001	0,105	0,0003
3.2.1.2. Cana-de-açúcar	–	–	0,010	0,0000	0,010	0,0000
3.2.1.3. Outras lavouras temporárias	1,596	0,0264	693,360	2,7551	694,956	2,2267
3.2.2. Lavoura perene	0,145	0,0024	101,875	0,4048	102,021	0,3269
3.3. Mosaico de agricultura e pastagem	0,005	0,0001	323,952	1,2872	323,957	1,0380
<b>4. Área não vegetada</b>						
4.1. Praia ou duna	–	–	–	–	–	–
4.2. Infraestrutura urbana	70,528	1,1670	39,560	0,1572	110,088	0,3527
4.3. Mineração	1,139	0,0188	0,906	0,0036	2,045	0,0066
4.4. Outra área não vegetada	22,493	0,3722	25,272	0,1004	47,765	0,1530
<b>5. Corpos d'água</b>						
5.1. Rio, lago, oceano	5,631	0,0932	44,755	0,1778	50,386	0,1614
5.2. Aquicultura	–	–	–	–	–	–
<b>6. Não observado</b>	–	–	–	–	–	–
<b>Somatório</b>	6.043,808	100,0000	25.166,338	100,0000	31.210,146	100,0000

– - classe de cobertura vegetal e uso da terra inexistente ou não identificada na área geográfica de referência.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2019) e Projeto MapBiomias (2020).

Na área mais a nordeste da bacia, observa-se concentração de afloramentos rochosos, e, no centro-sul, localização e área urbanizada correspondentes à cidade de Montes Claros, município mais populoso situado dentro da área da bacia (Figura 2.18). Aproximadamente no centro-leste da bacia destaca-se a área inundada pelo reservatório da barragem Bico da Pedra, em Nova Porteirinha, MG, de grande importância para favorecer o desenvolvimento regional, considerando os múltiplos usos da área da bacia. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2016), dada a crescente demanda por água na bacia, principalmente em função da expansão das áreas irrigadas e do crescimento populacional, foram construídas as barragens do Bico da Pedra (sub-bacia Alto Gorutuba), Estreito e Cova da Mandioca (sub-bacia Alto Verde Pequeno) e Juramento (sub-bacia Alto Verde Grande). A implantação dos reservatórios visa contribuir para regularizar as vazões nos principais rios da Bacia, além de garantir o atendimento aos diversos usos. Apesar disso, os conflitos pelo uso da água na região, que tiveram início na década de 1980, vêm se intensificando e têm sido agravados pela diminuição da precipitação pluviométrica observada nos últimos anos, pela degradação do solo e pela supressão da vegetação natural, além do aumento da exploração de águas subterrâneas, feita, majoritariamente, em desconformidade com os procedimentos legais vigentes.

Quanto ao nível de degradação das pastagens no âmbito da bacia, de acordo com o Atlas Digital das Pastagens Brasileiras (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, 2021), foram observadas maiores extensões com degradação severa das pastagens nos municípios de Francisco Sá, MG; Janaúba, MG; Montes Claros, MG; Varzelândia, MG; Iuiu, BA e Malhada, BA (Figura 2.19).



**Figura 2.19.** Qualidade das pastagens em 2020 na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, Minas Gerais e Bahia, Brasil.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2012), IBGE (2020) e Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (2021).

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Níveis Otto 1-7)**: Bacias Hidrográficas Otto Nível 3. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2020/01/PRH-DA-BACIA-DO-RIO-VERDE-GRANDE.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- ALLEN, R. G.; WALTER, I. A.; ELLIOTT, R. L.; HOWELL, T. A.; ITENFISU, D.; JENSEN, M. E.; SNYDER, R. L. (ed.). **The ASCE standardized reference evapotranspiration equation**. Reston: American Society of Civil Engineers, 2005. 59 p.
- ÁLVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVE, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Biomass**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomass>. Acesso em: 10 maio 2019.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **GeoSGB**: dados, informações e produtos do Serviço Geológico do Brasil. Arquivo vetorial no formato shapefile, escala 1:1.000.000. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 29 abr. 2022.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasílica**, v. 20, n. 1, p. 13-26, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>.
- COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeography: an ecological and evolutionary approach**. 6. ed. London: Blackwell Scientific Publications, 2000. 298 p.
- FERREIRA, V. de O. **Paisagem, recursos hídricos e desenvolvimento econômico na Bacia do Rio Verde Grande, em Minas Gerais**. 2007. 291 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-78RN42>. Acesso em: 3 dez. 2021.
- FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. The climate hazards infrared precipitation with stations: a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, article 150066, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>.
- GELARO, R.; MCCARTY, W.; SUÁREZ, M. J.; TODLING, R.; MOLOD, A.; TAKACS, L.; RANGLES, C.; DARMENOV, A.; BOSILOVICH, M. G.; REICHLER, R.; WARGAN, K.; COY, L.; CULLATHER, R.; DRAPER, C.; AKELLA, S.; BUCHARD, V.; CONATY, A.; SILVA, A. da; GU, W.; KIM, G.-K.; KOSTER, R.; LUCCHESI, R.; MERKOVA, D.; NIELSEN, J. E.; PARTYKA, G.; PAWSON, S.; PUTMAN, W.; RIENECKER, M.; SCHUBERT, S. D.; SIENKIEWICZ, M.; ZHAO, B. The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). **Journal of Climate**, v. 30, p. 5419-5454, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0758.1>.
- GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; BRANDÃO, G. R. **Variação espaço-temporal dos excedentes hídricos no território brasileiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 247). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1150230/1/Boletim-de-Pesquisa-247-Variacao-espaco-temporal-dos-excedentes-hidricos-no-territorio-brasileiro.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2023.
- GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; COSTA, T. C. e C. da. **Relevo digital dos municípios brasileiros**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 75). Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2009-09/21395/1/Doc\\_75.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2009-09/21395/1/Doc_75.pdf). Acesso em: 10 nov. 2021.

HOBBS, M. T. The variability of ASCE Standardized Reference Evapotranspiration: a rigorous, CONUS-wide decomposition and attribution. **Transactions of the ASABE**, v. 59, n. 2, p. 561-576, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13031/trans.59.10975>.

IBGE. **Bases cartográficas contínuas - Brasil**: bc250: versão 2019. Rio de Janeiro, 2019. Escala 1:250.000. Arquivo em formato *shapefile*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-Brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 6 maio 2021.

IBGE. **Biomassas**: escala: 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2004a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomassas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 10 maio 2018.

IBGE. **Geomorfologia 1:250.000**: vetores: escala 250 mil: versão 2021. Rio de Janeiro, 2021. Arquivo em formato *shapefile*, escala 1:250.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=downloads>. Acesso em: 28 abr. 2022

IBGE. **Malha municipal digital 2019**. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: [ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2017/Brasil/BR/](ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2017/Brasil/BR/). Acesso em: 12 nov. 2020.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009. 182 p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>. Acesso em: 3 maio 2022.

IBGE. **Mapa de biomas e de vegetação**. Rio de Janeiro, 2004b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em: 10 maio 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 3 nov. 2021a.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Séries históricas horárias das estações meteorológicas automáticas do Inmet**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/>. Acesso em: 4 nov. 2021b.

LANDAU, E. C.; MOURA, L. Configuração territorial do Brasil: divisão política, biomas, características demográficas e socioeconômicas. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**: cenário histórico, divisão política, características demográficas, socioeconômicas e ambientais. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 3, p. 61-92. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122609>. Acesso em: 20 set. 2022.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO - Lapig/ Universidade Federal de Goiás. **Atlas Digital das Pastagens Brasileiras**. 2021. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/>. Acesso em: 24 maio 2022.:

POLIDORO, J. C.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CARVALHO FILHO, A. de; MOTTA, P. E. F. da; CARVALHO JÚNIOR, W. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; CURCIO, G. R.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. de S.; SPERA, S. T.; OLIVEIRA, S. R. de M.; BOLFE, E. L.; MANZATTO, C. V.; TOSTO, S. G.; VENTURIERI, A.; SA, I. B.; OLIVEIRA, V. A. de; SHINZATO, E.; ANJOS, L. H. C. dos; VALLADARES, G. S.; RIBEIRO, J. L.; MEDEIROS, P. S. C. de; MOREIRA, F. M. de S.; SILVA, L. S. L.; SEQUINATTO, L.; AGLIO, M. L. D.; DART, R. de O. **Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. 53 p. (Embrapa Solos. Documentos, 183).

POLIDORO, J. C.; COELHO, M. R.; CARVALHO FILHO, A. de; LUMBRERAS, J. F.; OLIVEIRA, A. P. de; VASQUES, G. de M.; MACARIO, C. G. do N.; VICTORIA, D. de C.; BHERING, S. B.; FREITAS, P. L. de; QUARTAROLI, C. F.; BREFIN, M. de L. M. S. (ed.). **Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil (PronaSolos)**: diretrizes para implementação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. (Embrapa Solos. Documentos, 225).

PROJETO MAPBIOMAS. **Mapas de cobertura e uso do solo no Brasil**. Disponível em: <http://mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 nov. 2020.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1995. 65 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/330132/1/Sistema-de-avaliacao-da-aptidao-agricola-das-terras-1995.pdf>. Acesso em: 5 out. 2022.

ROCHA, É. da J. T.; EVANGELISTA, S. R. M.; FUCK JÚNIOR, S. C. de F.; GONDIM, R. S. Estimativa da Eto pelo modelo Penman-Monteith FAO com dados mínimos integrada a um Sistema de Informação Geográfica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 75-83, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33126/1/estimativa.pdf>. Acesso em: 3 set 2023.

SANTOS, E. F. dos. **Caracterização hidrogeológica e hidroquímica da Bacia do Rio Verde Grande em Minas Gerais**. 2013. 179 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCC-A86FMJ/1/disserta\\_\\_o\\_estefania\\_com\\_anexo.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCC-A86FMJ/1/disserta__o_estefania_com_anexo.pdf). Acesso em: 23 ago. 2023.

SCHOBENHAUS, C.; NEVES, B. B. de B. A geologia do Brasil no contexto da plataforma sul-americana. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília, DF: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2003. p. 5-54. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/recursos\\_minerais/livro\\_geo\\_tec\\_rm/capl-a.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/recursos_minerais/livro_geo_tec_rm/capl-a.pdf). Acesso em: 13 maio 2022.

TEIXEIRA, W.; BARROS, A.; LUMBRERAS, J.; FILHO, J.; SILVA, F.; LIMA, E.; BUENO FILHO, J.; MONTEIRO, J. **Predição da água disponível no solo em função da granulometria para uso nas análises de risco no Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 272).

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Shuttle Radar Topography Mission. **Modelo Digital de Elevação (MDE)**: versão 4: resolução: 30 metros. 2014. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 20 nov. 2020.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **The water cycle**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/o-ciclo-dagua-water-cycle-portuguese>. Acesso em: 10 ago. 2022.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. **Chirps**: rainfall estimates from rain gauge and satellite observations. Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. Acesso em: 20 out. 2021.