



REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE BONITO – MS

RELATÓRIO TÉCNICO 08
CARACTERIZAÇÃO DO MEIO
FÍSICO E DOS RECURSOS
HIDROLÓGICOS

CAPA

A composição visual da capa tem início na base, onde está localizado o logotipo do Plano Diretor de Bonito (MS). Essa faixa inferior apresenta uma coloração terrosa, inspirada na calcita, remetendo ao solo cárstico característico da região. A superfície é marcada por fissuras que simbolizam os rios subterrâneos que percorrem o subsolo de Bonito (MS), elementos essenciais de sua paisagem natural. Essas fissuras se estendem até a parte central da capa, agora sobre um fundo verde, evocando a vegetação e os espaços naturais do município. É nesse espaço central que se posiciona o título do documento, sobreposto a uma representação da malha hidrográfica de Bonito (MS), ilustrando de forma contínua a relação entre solo, água e território. Logo acima, uma faixa apresenta grafismos inspirados nas três principais tribos da região — Kadiwéu, Kinikinau e Terena —, em reconhecimento aos primeiros habitantes e à diversidade cultural do município.

No topo da capa, apresenta-se um trecho sinuoso e característico do Rio Formoso no município de Bonito

Autoria do texto e imagem padrão da capa: Jonas Godinho, Julio César de Araújo;

Autoria do texto e imagem do topo da capa: Autoria desconhecida. Fonte: Acesso em: <<https://www.imasul.ms.gov.br/governo-institui-grupo-de-trabalho-interinstitucional-para-discutir-acoes-conservacionistas-na-bacia-do-rio-formoso/>>. Acesso em 04/04/2025.



APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta a caracterização física da região circunscrita ao Plano Diretor de Bonito (MS), ressaltando a importância de compreender as dinâmicas ambientais e sociais das bacias hidrográficas para o desenvolvimento sustentável do município. A análise detalhada dos aspectos naturais e antrópicos do território permite identificar fragilidades ambientais, potencialidades e áreas prioritárias para conservação e manejo. Além disto, o reconhecimento dos padrões de uso e ocupação do solo, associado ao mapeamento da rede de drenagem e dos pontos de pressão sobre os sistemas hídricos, subsidiará estratégias integradas de planejamento. A articulação entre informações físicas, ecológicas e legais é essencial para orientar políticas públicas e ações que promovam a resiliência frente a eventos extremos, como inundações e secas, assegurando a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos para as gerações futuras.



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



Instituto Virtual Internacional
de Mudanças Globais
COPPE / UFRJ



Avenida Pedro Calmon s/n - Bloco P, P/4

Cidade Universitária, Ilha do Fundão

Rio de Janeiro – RJ | CEP: 21941-596

contato@ivig.coppe.ufrj.br

<https://ivig.coppe.ufrj.br/>

RESPONSÁVEIS PELO CONVÊNIO

Concedente Jaime Elias Verruk, Secretário de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação de Mato Grosso do Sul (SEMADESC)

Conveniente Roberto De Andrade Medronho, Reitor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Interveniente Alberto Felix Antônio da Nobrega, Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB)

Fiscal do Convênio Hemilly Thalia Ferreira da Silva (SEMADESC)
Concedente

Fiscal do Convênio Neilton Fidelis da Silva (UFRJ)
Conveniente

Fiscal do Convênio Júlio Martins (FUJB)
Interveniente



COORDENAÇÃO GERAL

SEMADESC - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação de Mato Grosso do Sul

Jaime Elias Verruck Secretário de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência,
Tecnologia e Inovação de Mato Grosso do Sul

Artur Henrique Leite Falcette Secretário Executivo de Meio Ambiente e de Secretário Adjunto de Meio
Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação

Ana Cristina Trevelin Superintendente de Gestão de Ativos Ambientais

PREFEITURA MUNICIPAL DE BONITO (MS)

Josmail Rodrigues Prefeito

Juliane Ferreira Salvadori Vice-Prefeita/ Secretaria de Turismo e Desenvolvimento Econômico

IVIG / UFRJ - Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Marcos Aurélio V. Freitas, D Sc Coordenador IVIG, Geógrafo

Mário Moraes, D Sc Coordenador Executivo, Biólogo Marinho

Fábio Bitencourt, D Sc Coordenador da Revisão do Plano Diretor, Arquiteto e Urbanista

Natália B. Carvalho, D Sc Coordenação dos Estudos da Água, Bióloga

EQUIPE TÉCNICA

IVIG / UFRJ

Jorge H. A. Prodanoff, D Sc Engenheiro Civil de Obras Hidráulicas

Adriana Cavalcanti, M Sc Oceanógrafa

Marlise de Aguiar, D Sc Arquiteto e Urbanista

Isabel Muzi, M Sc Arquiteto e Urbanista

Celso Hugo Girafa Arquiteto e Urbanista

Jonas Godinho, M Sc Arquiteto e Urbanista

Julio César de Araújo Arquiteto e Urbanista

Danilo Lobato Crelier Arquiteto e Urbanista

PREFEITURA MUNICIPAL DE BONITO (MS)

Thyago Sabino Secretário Municipal de Meio Ambiente

Helia Mara Sanches Cardoso Assistente Administrativo e Chefe de Divisão de Arborização Urbana da Secretaria Municipal de Meio Ambiente

Aline Barbosa Giurizzatto Chefe de Saneamento da Secretaria Municipal de Meio Ambiente

Valdenir Roberto de Souza Diretor de Departamento de Gestão e Conservação Ambiental

Lucas Kazu Yanai Chefe da Divisão de Educação Ambiental

NÚCLEO GESTOR

Presidente Jaime Elias Verruk

Vice-presidente Juliane Ferreira Salvadori

Coordenador Thyago Sabino

COLABORADORES

IVIG / UFRJ

Sylvia Meimaridou Rola, D Sc	Coordenadora do Laboratório de Arquitetura e Cidades - LabArC IVIG, Arquiteta e Urbanista
Vania Maria Ducap , D Sc	Arquiteta e Urbanista
Vania Sanches, D Sc	Historiadora
Luiz Henrique Alves da Silva, M Sc	Geógrafo
Cláudia da Cruz Lima Gonçalves	Assistente Administrativo
Rosana Silva de Brito Pereira	Assistente Administrativo
José Luiz Moreira Cardoso	Suporte Operacional
Roberto dos Santos Cordeiro	Assistente Técnico
Luiz Filipe Viana da Silva	Gerente de Redes

PREFEITURA MUNICIPAL DE BONITO (MS)

Osmar Prado Pias	Procurador Jurídico do Município
Jary Souza Neto Filho	Secretário de Governo
Ana Carolina Colla	Secretária de Saúde
Leila Rodrigues	Secretária de Assistência Social
Eliana Maria Rafael Fregatto	Secretária Municipal de Educação e Cultura
Madson Rodrigues Cunha	Secretário Municipal de Obras
Edilberto Cruz Gonçalves	Secretário de Administração e Finanças
Lelo Marchi	Diretor de Departamento de Cultura
José Sanches Cavalheiro (Zezão)	Diretor do Departamento Municipal de Urbanismo, Habitação e Regularização Fundiária
Osmar Jacques Teixeira	Diretor de Departamento de Cadastro e Tributação
Elias de Oliveira Francisco	Diretor de Turismo
Cristalvo Freitas Campos	Diretor do Departamento de Trânsito e Mobilidade

VERSÕES

REVISÃO	DATA	OBSERVAÇÃO
R00	31/10/2025	Emissão Inicial

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivos	12
1.2. Metodologia	13
2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	15
2.1. Localização	15
2.2. Topografia	17
2.3. Hidrografia	18
2.3.1. Região Hidrográfica do Paraguai	19
2.3.2. Bonito	19
2.4. Geologia	22
2.4.1. Complexo Rio Apa	24
2.4.2. Formação Xaraiés	24
2.4.3. Formação Aquidauana	25
2.4.4. Formação Bocaina	25
2.4.5. Grupo Cuiabá	25
2.5. Geomorfologia	27
2.6. Espeleologia	31
2.7. Pedologia	33
2.7.1. Argissolos	34
2.7.2. Chernossolos	34
2.7.3. Gleissolos	35

2.7.4.	Latossolos.....	35
2.7.5.	Neossolos	36
2.7.6.	Nitossolos	37
2.7.7.	Plintossolos.....	37
2.8.	Hipsometria e Declividade	39
2.8.1.	Município de Bonito	39
2.8.2.	Rio Formoso	40
2.8.3.	Declividade	40
2.8.4.	Mapa de declividade segundo Embrapa (2009).....	42
2.9.	Uso e cobertura do solo	43
2.10.	Clima	46
2.10.1.	Estado do Mato Grosso do Sul.....	46
2.10.2.	Bacia do Rio Formoso.....	49
2.10.3.	BONITO (MS).....	49
2.11.	Evaporação total.....	50
2.12.	Balanço hídrico climatológico	52
2.13.	Ventos	54
2.13.1.	Velocidade média do vento	54
2.13.2.	Direção do vento	55
2.14.	Temperatura.....	58
2.14.1.	Temperaturas diárias e mensais	58

2.14.2.	Temperatura média horária	59
2.15.	Nebulosidade	60
2.16.	Horas de luz solar e crepúsculo	61
2.17.	Energia solar de ondas curtas	61
2.18.	Umidade	63
2.19.	Fontes de dados	64
3.	RECURSOS HÍDRICOS.....	66
3.1.	Política Estadual de Recursos	66
3.2.	Balanço Hídrico.....	67
3.3.	Regime de Chuvas.....	72
3.3.1.	Fatores que influenciam as chuvas no Brasil:.....	72
3.3.2.	Fatores que causam irregularidades nas chuvas:.....	72
3.3.3.	Regiões com diferentes dinâmicas de chuva:.....	73
3.4.	Variabilidade das Precipitações	75
3.5.	Probabilidade diária de Precipitação em Bonito.....	76
3.6.	Chuva mensal média em Bonito	78
3.7.	Chuvas Intensas	79
4.	SÍNTESE	82
4.1.	Localização	82
4.2.	Topografia.....	82
4.3.	Rede Hidrográfica	82
4.4.	Geologia e Recursos Minerais	83

4.5.	Geomorfologia	83
4.6.	Pedologia	84
4.7.	Hipsometria e Declividade	84
4.8.	Uso e Cobertura do Solo.....	84
4.9.	Clima.....	84
4.10.	Evaporação Total	84
4.11.	Balanço Hídrico Climatológico.....	85
4.12.	Ventos	85
4.13.	Temperatura	85
4.14.	Nebulosidade	85
4.15.	Horas de Luz Solar e Crepúsculo.....	85
4.16.	Energia Solar de Ondas Curtas.....	85
4.17.	Balanço Hídrico	86
4.18.	Variabilidade das Precipitação	86
4.19.	Séries de Precipitação.....	86
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
6.	REFERÊNCIAS.....	89
6.1.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
6.2.	PÁGINAS ELETRÔNICAS INSTITUCIONAIS	93

Lista de Siglas:

Sigla	Descrição Completa
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BCIM	Base Cartográfica Contínua do Brasil ao Milionésimo (IBGE)
BHRF	Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
BHRM	Bacia Hidrográfica do Rio Miranda
BRASIL	Governo Federal do Brasil (utilizado em referências legais)
CAD	Capacidade de Água Disponível
CANIE	Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas
CBERS	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CECAV	Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas
CERH-MS	Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
D Sc	Doutor em Ciências
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i> (Mapeador Temático Aprimorado Plus) - Sensor do satélite Landsat 7
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura)
FUJB	Fundação Universitária José Bonifácio
GT	Grupo de Trabalho
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
IMASUL	Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IVIG	Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais (COPPE/UFRJ)

Sigla	Descrição Completa
km ²	Quilômetro quadrado
M Sc	Mestre em Ciências
MDE	Modelo Digital de Elevação
mEC	Massa Equatorial Continental
MME	Ministério de Minas e Energia
mPa	Massa Polar Atlântica
MS	Mato Grosso do Sul
mTa	Massa Tropical Atlântica
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> : Agência Espacial dos Estados Unidos
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC2	Programa de Aceleração do Crescimento – Fase 2
PDR	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PERH-MS	Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul
Q7,10	Vazão mínima com 7 dias de permanência e 10 anos de recorrência
q7,10	Vazão específica com 7 dias de permanência e 10 anos de retorno
Q95	Vazão com 95% de permanência
q95	Vazão específica com 95% de permanência
QGIS	<i>Quantum Geographic Information System</i> (Sistema de Informação Geográfica Quantum)
RADAMBRASIL	Levantamento de Recursos Naturais – Projeto RADAMBRASIL
RJ	Rio de Janeiro
SBE	Sociedade Brasileira de Espeleologia
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SIBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica

Sigla	Descrição Completa
SRTM	<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i> (Missão Topográfica de Radar do Ônibus Espacial) - NASA/USGS
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UPG	Unidade de Planejamento e Gerenciamento (de Recursos Hídricos)
USGS	<i>United States Geological Survey</i> (Serviço Geológico dos Estados Unidos)
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i> (Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator)

1. INTRODUÇÃO

O **Relatório Técnico 08 - Caracterização do Meio Físico e dos Recursos Hidrológicos** tem como objetivo apresentar a caracterização física da área abrangida pelo Plano Diretor de Bonito, Mato Grosso do Sul., destacando seus principais atributos naturais e especificidades.

O entendimento das dinâmicas ambientais e sociais associadas às bacias hidrográficas fundamenta intervenções voltadas ao desenvolvimento sustentável do município. A análise detalhada dos aspectos naturais e antrópicos do território permite a identificação de fragilidades ambientais, potencialidades e áreas prioritárias para conservação e manejo.

O reconhecimento dos padrões de uso e ocupação do solo, junto ao mapeamento da rede de drenagem e dos possíveis pontos de pressão sobre os sistemas hídricos, deverá fornecer subsídios à elaboração de estratégias integradas de planejamento. A articulação entre informações físicas, ecológicas e legais são essenciais para orientar políticas públicas e iniciativas que promovam a resiliência frente aos eventos extremos, como inundações e secas, bem como assegurar a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos para as gerações futuras.

A caracterização hidrológica também busca identificar vulnerabilidades e propor soluções inovadoras e orientar políticas públicas voltadas para o desenvolvimento ordenado do território. O aprofundamento no estudo da dinâmica da bacia hidrográfica contribui não apenas para a reduzir de riscos de inundação e poluição, mas também para o fortalecer práticas sustentáveis que valorizam os atrativos naturais da região e promovem o bem-estar coletivo.

A cidade de Bonito (MS) é internacionalmente reconhecida pelo turismo e recreação proporcionados pela qualidade de suas águas fluviais e subterrâneas, somados a diversidade de peixes e animais silvestres. Os rios apresentam águas cristalinas onde é possível ter uma visão nítida dos peixes de variadas cores e tamanhos.

No âmbito do desenvolvimento sustentável, o manejo sustentável dos recursos hídricos visa manter padrões adequados de qualidade e quantidade de água dentro da sua unidade de conservação, a bacia hidrográfica.

Atualmente, no contexto internacional, adota-se amplamente o conceito de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, consolidado como paradigma de gestão da água. Diversos países adotaram uma "Legislação das Águas" dentro da disciplina de Direito Ambiental. No Brasil, a Lei nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabelece os instrumentos legais de controle, uso e proteção da água. Entende-se por Gestão de Recursos Hídricos as ferramentas que regulamentam o uso, o controle e a proteção da água, segundo normas e legislações definidas. O objetivo é garantir a qualidade e a quantidade da água e recuperar nascentes, mananciais e cursos d'água (BRASIL, 1997).

Entre as ações que integram essa Gestão de Recursos Hídricos estão o desassoreamento; o controle do uso e ocupação do solo e a implantação de parques para controle da erosão e preservação de mananciais. Além destas, outras ações são estimuladas como: a contenção de encostas; o remanejamento ou reassentamento de população; a recomposição de rede de drenagem e a recomposição de vegetação ciliar.

Este relatório foi elaborado pela equipe técnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por meio do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais (IVIG), em parceria com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação (SEMADESC), com suporte administrativo da Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB) e com apoio da Prefeitura Municipal de Bonito (MS). O projeto é viabilizado pelo Convênio nº 1729/2024 e tem como base o trabalho do Grupo de Trabalho (GT) instituído pelo Decreto Estadual nº 16.336/2023. A equipe é composta por profissionais da UFRJ, gestores públicos municipais e representantes da SEMADESC.

O município de Bonito (MS) é amplamente reconhecido por sua biodiversidade, geologia cárstica singular e importância ambiental estratégica na região Centro-Oeste do Brasil.

Por este motivo, a elaboração de um novo Plano Diretor requer um olhar técnico e participativo que considere a delicada relação entre o ser humano, o desenvolvimento urbano e a conservação ambiental, alinhando-se às diretrizes do Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001) e aos compromissos da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente o ODS 11 — Cidades e Comunidades Sustentáveis (BRASIL, 2022).

O processo segue as orientações metodológicas do Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores (BRASIL, 2022), que estabelece as bases para uma política urbana democrática, inclusiva e sustentável, com destaque para a realização de audiências públicas como instrumentos fundamentais de escuta qualificada e gestão compartilhada das decisões urbanas (BRASIL, 2007).

Este relatório integra a Etapa 2 – Leituras, reforçando o compromisso com a transparência, a publicidade e a gestão democrática da cidade, princípios que norteiam todo o processo de revisão e atualização do Plano Diretor.

1.1. Objetivos

O Relatório Técnico 08 - Caracterização do Meio Físico e dos Recursos Hidrológicos reúne informações sobre o meio físico da região, especialmente as características hidrológicas das bacias hidrográficas que influenciam diretamente a cidade e seus principais atrativos. São abordados dados de precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e demais variáveis relevantes. Inclui a descrição da área de estudo quanto à localização, relevo, geologia, clima, cobertura vegetal e uso do solo, bem como a delimitação das bacias, características físicas e hidrológicas, análise de sistemas de drenagem e impactos das atividades humanas. Caracterização do Meio Físico.

A caracterização do meio físico de uma bacia hidrográfica sensível deve envolver a análise do relevo, hidrografia, geologia, solos e clima, avaliando como esses fatores intrínsecos interagem e respondem a alterações, identificando áreas com potencial de impacto ambiental e processos de degradação, como enchentes e erosão. A

sensibilidade é determinada pela sobreposição dessas informações, priorizando-se a identificação de fatores que exacerbam os impactos.

Dessa forma, compreender a interação entre os elementos naturais é fundamental para subsidiar o planejamento territorial e a gestão ambiental, permitindo o delineamento de áreas prioritárias para conservação e recuperação, bem como a proposição de medidas mitigadoras voltadas à minimização dos riscos associados aos processos naturais e antrópicos. A análise integrada dos componentes físicos proporciona subsídios técnicos essenciais para a tomada de decisões quanto ao uso e ocupação do solo, colaborando para a manutenção da qualidade ambiental e a sustentabilidade dos recursos naturais, especialmente em regiões de elevada sensibilidade ambiental como Bonito. Assim, a caracterização detalhada desses aspectos é determinante para orientar políticas públicas eficazes e compatíveis com os objetivos de desenvolvimento sustentável, estabelecendo uma base sólida para a definição de estratégias de manejo e proteção do território municipal.

1.2. Metodologia

A metodologia utilizada para a elaboração deste levantamento e caracterização do meio físico e dos recursos hídricos de Bonito (MS) compreendeu as seguintes etapas:

- **Levantamento documental:** consulta a bases institucionais, publicações técnicas, bibliográficos, estudos científicos e trabalhos acadêmicos relacionados à região de Bonito (MS).
- **Levantamento cartográfico:** compilação e interpretação de mapas e figuras existentes, abrangendo aspectos físicos e ambientais do território.
- **Análise temática:** organização das informações segundo os principais componentes ambientais, identificando condicionantes naturais, fragilidades e potencialidades do município.

- **Sistematização dos resultados:** integração qualitativa e descritiva dos dados coletados, priorizando a compreensão das inter-relações entre os elementos físicos e hídricos do território.

A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa e descritiva, com base na interpretação de dados secundários e em documentos técnicos validados por órgãos oficiais. A síntese dos achados visa fornecer uma base técnica sólida para subsidiar o planejamento urbano e ambiental, contribuindo para o uso sustentável dos recursos naturais e a conservação das bacias hidrográficas do município.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

A literatura técnica apresenta diversos estudos, incluindo relatórios de órgãos federais e estaduais, teses e artigos, que descrevem a área de estudo. Assim, informações já consolidadas foram trazidas para o corpo deste documento, com as devidas referências e créditos aos autores.

A literatura técnica reúne variados estudos, como relatórios de instituições federais e estaduais, teses acadêmicas e artigos científicos, os quais abordam detalhadamente a área em questão. Dessa forma, informações já estabelecidas foram incorporadas ao presente documento, devidamente referenciadas e creditadas aos respectivos autores.

2.1. LOCALIZAÇÃO

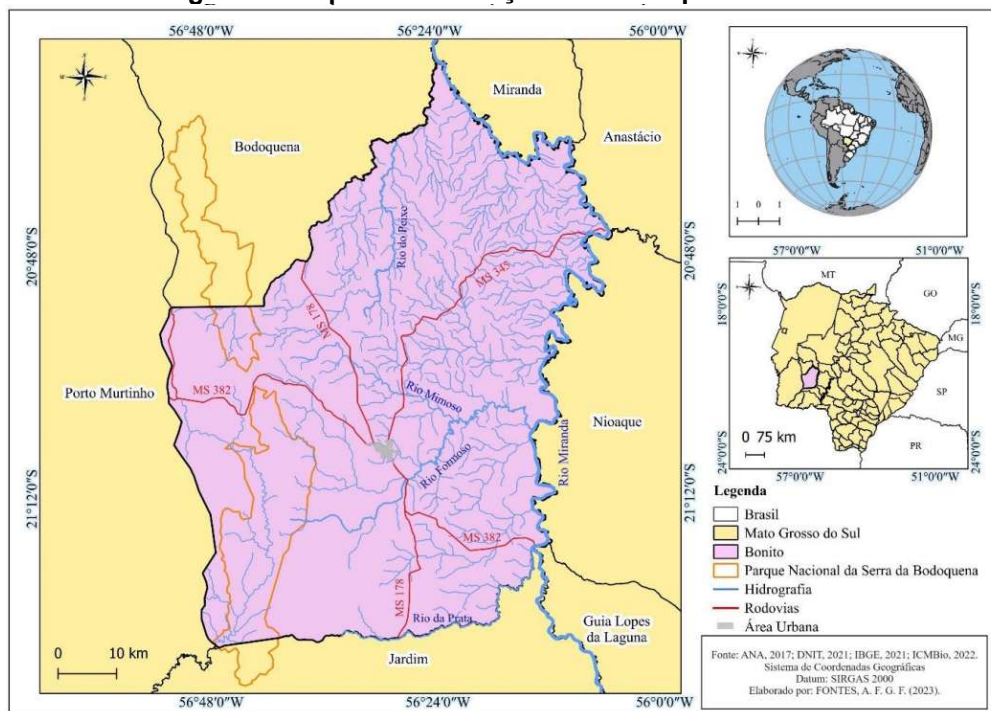
Bonito é um município localizado no estado de Mato Grosso do Sul, na mesorregião Sudoeste, pertence a região intermediária de Corumbá, região imediata de Jardim e microrregião Bodoquena (IBGE, 2021a). Os municípios de Mato Grosso do Sul têm seu histórico econômico voltados para a pecuária e agricultura, no município de Bonito a pecuária sempre foi a principal atividade econômica, a agricultura teve um momento de expansão no final da década de 1980 até meados da década de 1990. Na década de 1990 o turismo alavancou no município, capitalizando os recursos naturais e culturais únicos de Bonito, transformando a economia local.

A localidade de Bonito foi elevada a distrito pela Lei n.º 693 de 11/06/1915 e o Município criado pela Lei n.º 145 de 02/10/1948. Comemora-se a emancipação política da cidade em dois de outubro.

Bonito compreende uma área total de 5.373,016 km², densidade demográfica de 4,40 hab./km², possui população de 23.659 habitantes (IBGE, 2022a) e localizado entre as coordenadas, UTM Fuso 21, *datum* Córrego Alegre, 7.734.757/7.629.832N e 595.745/512.265E. O município de Bonito fica aproximadamente 297 km da capital do estado Campo Grande, pertence à Bacia Hidrográfica do rio Paraguai, sub-bacia

do rio Miranda, limita-se com os municípios de Bodoquena, Miranda, Anastácio, Nioaque, Guia Lopes da Laguna, Jardim e Porto Murtinho, vide (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Bonito



Fonte: Fontes (2024)

2.2. TOPOGRAFIA

Para fins deste relatório, as coordenadas geográficas de Bonito são: latitude - 21,121°, longitude -56,482° e 306 m de altitude.

A topografia dentro do perímetro de 3 *quilômetros* de Bonito contém variações *significativas* de altitude, com mudança máxima de 184 *metros* e altitude média acima do nível do mar igual a 314 *metros*. Dentro do perímetro de 16 *quilômetros*, há variações *significativas* de altitude (457 *metros*). Dentro do perímetro de 80 *quilômetros*, há variações *muito significativas* de altitude (723 *metros*).

A área dentro do perímetro de 3 *quilômetros* de Bonito é coberta por *árvores* (29%), *arbustos* (27%), *pasto* (24%) e *terra fértil* (20%); dentro do perímetro de 16 *quilômetros*, por *árvores* (44%) e *terra fértil* (24%). Finalmente, dentro do perímetro de 80 *quilômetros*, por *árvores* (42%) e *terra fértil* (25%).

2.3. HIDROGRAFIA

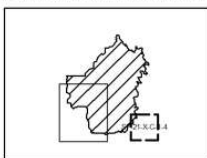
Conforme estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), uma bacia hidrográfica consiste na 'área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus afluentes, delimitada pelos divisores de água'. Isso envolve, portanto, os processos integrados de captação, armazenamento e escoamento das águas para um único exutório. (BRASIL, 1997). Essa área, também conhecida como área de drenagem, é definida pelos limites topográficos, como as cristas mais elevadas que servem como divisores de água. Além da delimitação, a descrição da área de estudo pode incluir informações sobre as características físicas, como a área total, perímetro, comprimento do rio principal, declividade média, densidade de drenagem e outros parâmetros morfométricos.

O IBGE publicou em 2010 um conjunto de quatro mapas na escala 1:100.000 que abrangem a região de Bonito (MS), de numeração 5002209, conforme mostra o carimbo abaixo. Esses mapas apresentam a íntegra dos detalhes da rede hidrográfica da região. A escala dos mapas não permite a reprodução aqui neste espaço.

Figura 2 – Carimbo das folhas “Bonito (MS)”.

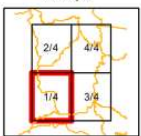
Bonito - MS

Localização do município no Mapeamento Sistemático




Fonte: Mapa Índice do Brasil - IBGE

Articulação das Partes do Mapa



Localização no Estado



ASPECTOS FÍSICOS

Mesorregião:		
SUDOESTE DE MATO GROSSO DO SUL		
Microrregião:		
BODOQUENA		
Altitude da Sede:		Área:
COORDENADAS DA SEDE		
Latitude: -21.121	E: 553792.36	MC
Longitude: -56.482	N: 7664365.18	57

IMPLEMENTAÇÃO

Coordenação Técnica:	CCAR
Coordenação de Cartografia:	
Coordenação Temática:	
Coordenação de Estruturas Territoriais:	CETE
Unidades Produtoras:	
Unidades Estaduais do IBGE:	
Disseminação:	
Centro de Documentação e Disseminação da Informação:	CDDI

CRONOLOGIA

MALHA TERRITORIAL	2010
EDIÇÃO	6/14/2011
Informações relativas a documentação básica e atualização	Consultar Metadados

Fonte: IBGE (2010).

2.3.1. REGIÃO HIDROGRÁFICA DO PARAGUAI

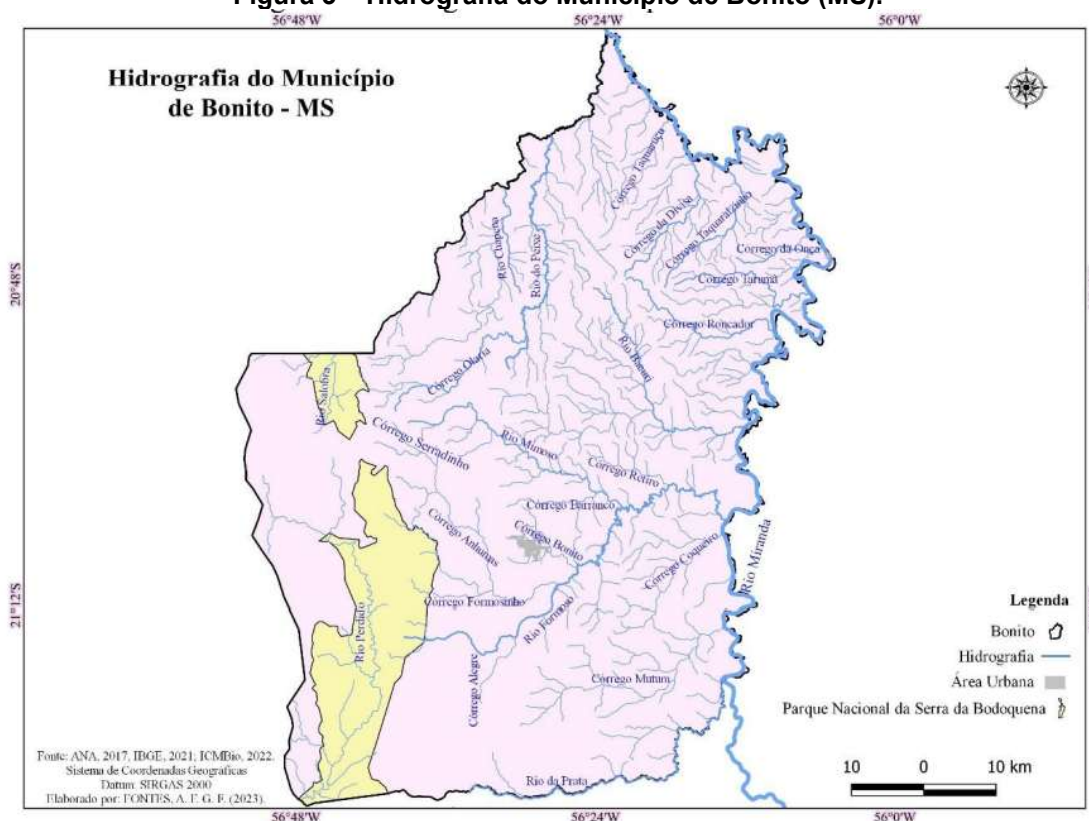
A Região Hidrográfica do Paraguai, que compreende o Pantanal Mato-grossense, ocupa a área total de 169.488,663 km², o que representa aproximadamente 47,46% da área do Estado a oeste. Nesta Região destacam-se os rios Taquari, Negro, Miranda e Apa, à margem esquerda do rio Paraguai (PERH, 2010).

2.3.2. BONITO

O Município de Bonito pertence à Região Hidrográfica do Paraguai e a sede municipal, de acordo com o Plano Estadual dos Recursos Hídricos de MS (2010), está inserida na Unidade de Planejamento e Gerenciamento (UPG) Miranda.

A Erro! Fonte de referência não encontrada. Figura 3 apresenta um mapa simplificado da rede de drenagem. Nesta figura são apresentados os seguintes rios e córregos: Córrego Anhumas, Córrego Alegre, Córrego Baia, Córrego Barranco, Córrego Bonito, Córrego Coqueiro, Córrego da Divisa, Córrego Formosinho, Córrego Mutum, Córrego Olaria, Córrego da Onça, Córrego Olaria, Córrego 44 Roncador, Córrego Retiro, Córrego Retiro, Rio Salobra, Córrego Serradinho, Córrego Taquaralzinho, Córrego Taquaruçu, Córrego Tarumã, Rio Bacuri, Rio Chapena, Rio Formoso, Rio do Peixe, Rio Perdido e Rio da Prata.

Figura 3 – Hidrografia do Município de Bonito (MS).



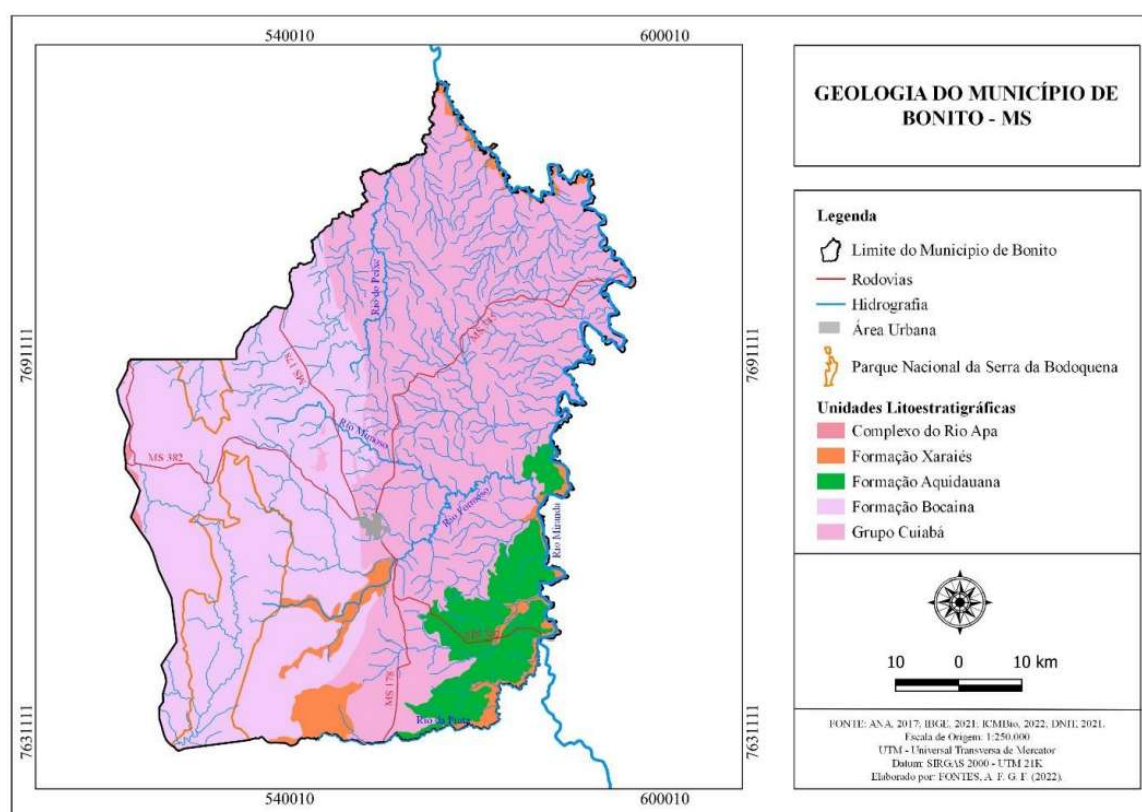
Fonte: Fontes (2024).

A bacia hidrográfica do rio Formoso BHRF (Figura 4) encontra-se situada a sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (BHRM) que tem uma dimensão territorial de 43.262,10km² e seu rio principal (o rio Miranda) possui uma extensão de aproximadamente 756,65km, desde a confluência do córrego Fundo com o rio Roncador, na serra de Maracaju, quando o manancial recebe o nome de rio Miranda, até sua foz no rio Paraguai, já no município de Corumbá/MS. Na sua margem esquerda, tem-se o rio Formoso e sua bacia de drenagem, com uma área de 1.324,67km². Suas nascentes estão situadas na Serra da Bodoquena, já sua foz localiza-se no médio curso do rio Miranda. Deve-se ressaltar que a BHRF está situada entre duas grandes áreas serranas (a serra da Bodoquena a oeste e a serra de Maracaju a leste) Conforme a .Figura 4

2.4. GEOLOGIA

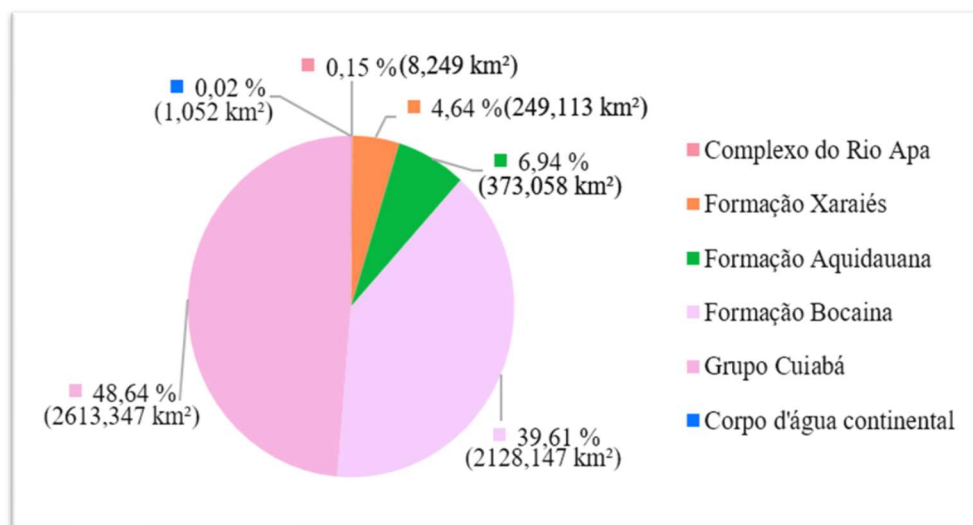
Os estudos geológicos existentes para o município de Bonito (MS), embora de caráter generalizado (BRASIL, 1982), indicam que o material geológico da área pertence aos Grupos Cuiabá e Corumbá do período Pré-cambriano Superior. O Grupo Corumbá é constituído pelas Formações Cerradinho, com sedimentos clástico-carbonatado e Formação Bocaina) e Grupo Cuiabá. Do período Quaternário Pleistoceno (Formação Xaraiés, formada por tufos calcários travertinos e conglomerados calcíferos, geralmente fossilíferos e Formação Pantanal); rochas do período Carbonífero, Super Grupo Tubarão – Grupo Itararé (Formação Aquidauana), vide Figura 5 Figura 6

Figura 5 – Mapa de Geologia do Município de Bonito (MS).



Fonte: Fontes (2024).

Figura 6- Unidades Litoestratigráficas



Fonte: Fontes (2024).

No município de Bonito, as escarpas e bordas de patamares e as serras que ocupam a porção centro-norte do município possuem uma declividade acentuada, até 24° nos seus modelados mais proeminentes. As áreas planas são, normalmente, entremeadas com acumulação e os relevos tabulares estão presentes, predominantemente, na porção centro-leste do município.

No município de Bonito ocorrem duas regiões Geomorfológicas distintas: a Região da Bodoquena e Morrarias do Urucum-Amolar, representada pela unidade Serra da Bodoquena; e a Região da Depressão do Alto Paraguai, representadas pelas unidades: Depressão de Bonito, e a Depressão de Miranda. Apresenta *Modelados Planos-P*, relevo plano, geralmente elaborado por várias fases de retomada erosiva; *Modelados de Dissecção – D*, com relevos elaborados pela ação fluvial; *Modelados de Acumulação Fluvial - Af*, que se distinguem pelas áreas planas resultante de acumulação fluvial, sujeita a inundações periódicas; e os *Modelados de Inundação – Ai*, caracterizada por uma área plana ou embaciada, zonal, argilosa e/ou arenosa, sujeita a inundações periódicas, ligadas ou não à rede de drenagem atual (BRASIL, 1982).

2.4.1. COMPLEXO RIO APA

O Complexo Rio Apa apresenta rochas polimetamórficas, se representa principalmente por gnaisses, granitos, migmatitos, monzonitos, dioritos, anfibolitos, pegmatitos, leptinitos, xistos, quartzitos, epidiositos e cataclasitos. Uma característica marcante é a presença de pequenos metálicos (magnetita) disseminados em suas rochas (RADAMBRASIL, 1982).

As rochas do Complexo Rio Apa geralmente apresentam efeitos cataclásticos, apresentando-se muitas vezes com foliações, “diversos diques de diabásios, gabros, traquitos e sienitos foram caracterizados cortando rochas do Complexo Rio Apa, sendo incluídos nesta unidade estratigráfica devido às suas elevadas idades” (RADAMBRASIL, 1982, p. 31). O Complexo do Rio Apa no município de Bonito corresponde 0,15% (8,249 km²) de sua área.

2.4.2. FORMAÇÃO XARAIÉS

A Formação Xaraiés é representada por tufas calcárias e travertinos, depositados ao longo dos vales das drenagens onde afloram rochas carbonatadas. Suas tufas calcárias tem cor creme-amarelado com manchas esbranquiçadas, granulação variando desde criptocristalina até cristalina grosseira. As partículas geradas por influência vegetal, tais como os fragmentos tubulares encontrados no fundo de algumas drenagens, notadamente no rio Formoso, são resultantes da deposição de carbonato sobre talos de gramíneas.

A Formação Xaraiés corresponde a 4,64% (249,113 km²) no município de Bonito, ocorre na margem do rio Miranda na região da foz dos córregos Taquaruçu, da Divisa e Taquaralzinho, no alto curso do rio Formoso e no córrego Alegre. Essa formação também ocorre na cabeceira do rio da Prata, na margem do rio Miranda na região da foz do rio Formoso e no baixo curso do córrego Mutum.

2.4.3. FORMAÇÃO AQUIDAUANA

A Formação Aquidauana no município de Bonito localiza-se na região sudoeste. Nesta unidade são observados siltitos arenosos e arenitos finos a médios e até grosseiros. “Estas estratificações, nos pacotes mais espessos, apresentam acamamentos incipientes horizontais a subhorizontais e espessuras de 5 a 10 m. Mineralogicamente, nos níveis grosseiros, predominam grãos de quartzo com alguns raros feldspatos caolinizados” (RADAMBRASIL, 1982, p. 81).

A Formação Aquidauana no município de Bonito abrange 6,94% (373,058km²), verifica-se essa formação nas proximidades entre o baixo curso do rio Bacuri e rio Formoso, no médio e baixo curso da bacia do córrego Mutum e no médio curso do rio da Prata.

2.4.4. FORMAÇÃO BOCAINA

A Formação Bocaina é constituída por uma sequência de calcários dolomíticos e dolomitos que localmente podem apresentar finas intercalações de pelitos. Os calcários desta formação são em geral cinza-escuro, granulometria fina, com estratificação plano-paralela, desde fina a mais espessa. A composição petrográfica e química destas rochas é praticamente constante (RADAMBRASIL, 1982).

Nesse contexto, a Formação Bocaina corresponde uma área de 39,61% (2128,147 km²) no município de Bonito. Essa formação está presente no Parque Nacional da Serra da Bodoquena, na região da borda do Parque, na bacia do córrego Olaria, na bacia do córrego Anhumas e na bacia do córrego Formosinho, no seu médio e alto curso.

2.4.5. GRUPO CUIABÁ

Os xistos e filitos são os tipos litológicos predominantes, uma característica que as rochas do Grupo Cuiabá exibem, principalmente os xistos e filitos, diz respeito à presença de numerosos veios de quartzo de espessura variando desde centímetros até 1 m. Nos locais em que estas rochas se encontram fortemente alteradas, estes veios originam verdadeiras cascalheiras constituídas de fragmentos de quartzo. Esta

propriedade permite a fácil identificação das rochas deste grupo em áreas intensamente intemperizada (RADAMBRASIL, 1982).

O Grupo Cuiabá abrange uma área de 48,64% (2613,347 km²) no município de Bonito, maior área de formação geológica presente no município. Ocorre na bacia do rio Chapena, na bacia do rio do Peixe, no seu alto médio curso. Ocorre nas bacias da região da rodovia estadual da MS 345 (córrego Taquaruçu, córrego da Divisa, córrego Taquaralzinho, córrego da Onça, córrego Tarumã, córrego Roncador e córrego Retiro), na bacia do rio Mimoso no seu baixo curso, na bacia do rio Formoso, no médio e baixo curso. Também ocorre nas cabeceiras do córrego Mutum e na região do alto curso do rio da Prata.

2.5. GEOMORFOLOGIA

Apenas por caráter informativo, dados sobre a geomorfologia do município podem ser extraídas do levantamento de recursos naturais realizado pelo Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982), do *Shuttle Radar Topographic Mission* - SRTM (USGS, 2006), das cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:100.000, além de dados dos sensores ETM+/Landsat 7, do ano de 2001, e Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS de 2007.

A geomorfologia caracteriza as formas relevo, e essas formas são a expressão espacial de uma superfície que compõem as diferentes configurações da paisagem morfológica.

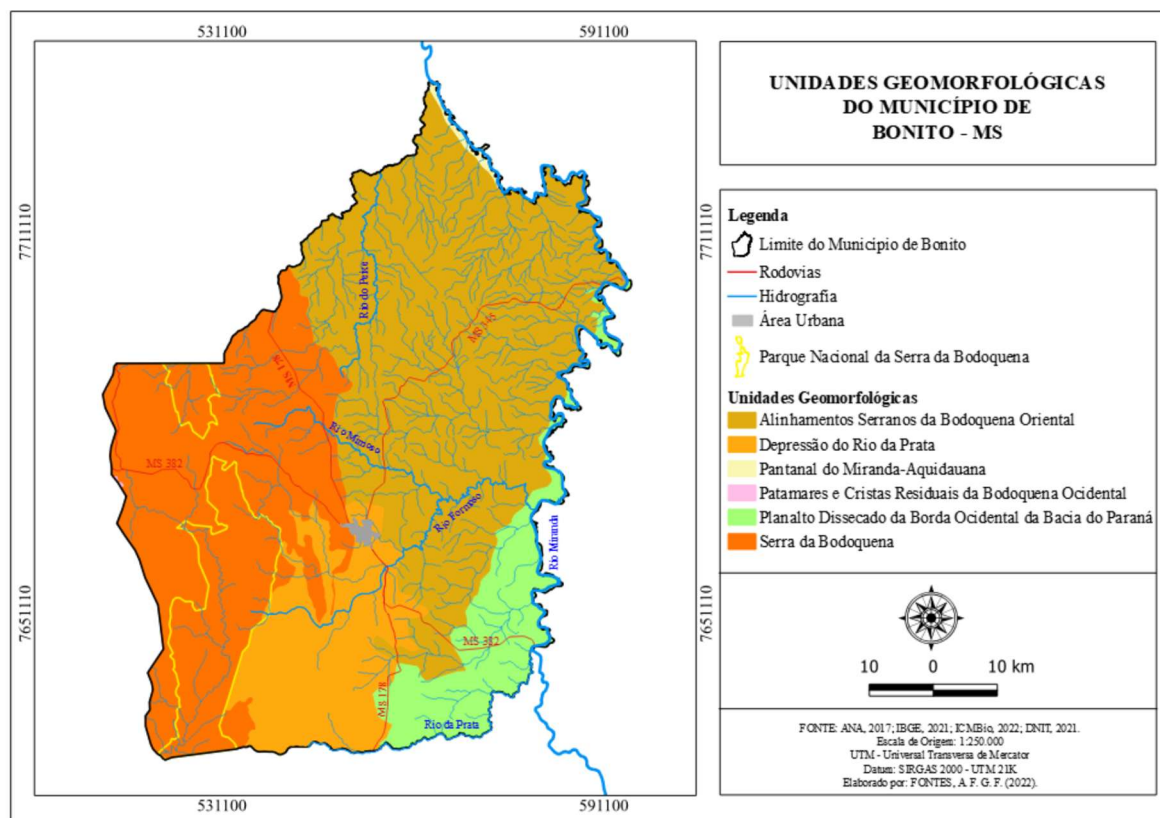
A geomorfologia é entendida estruturalmente conforme a ordem decrescente de grandeza identificados como: Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas, Modelados e Formas de Relevo Simbolizadas. Para tanto, a individualização dos “conjuntos de feições, são considerados como parâmetros fatores causais, de natureza estrutural, litológica, pedológica, climática e morfodinâmica, responsáveis pela evolução das formas do relevo e pela composição da paisagem no decorrer do tempo geológico” (IBGE, 2009, p. 27).

As Unidades Geomorfológicas correspondem ao terceiro nível taxonômico, são definidas como um arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. Possuem diferenciados tipos de modelados e formações superficiais. “O comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias são tomados como referencial à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas ou tectônicas”. Os conjuntos de formas de relevo que compõem as unidades constituem compartimentos identificados como planícies, depressões, tabuleiros, chapadas, patamares, planaltos e serras (IBGE, 2009, p. 29).

O município de Bonito contém seis unidades geomorfológicas: Alinhamentos Serranos da Bodoquena Oriental, Depressão do Rio da Prata, Pantanal Miranda-Aquidauana, Patamares e Cristas Residuais da Bodoquena Ocidental, Planalto

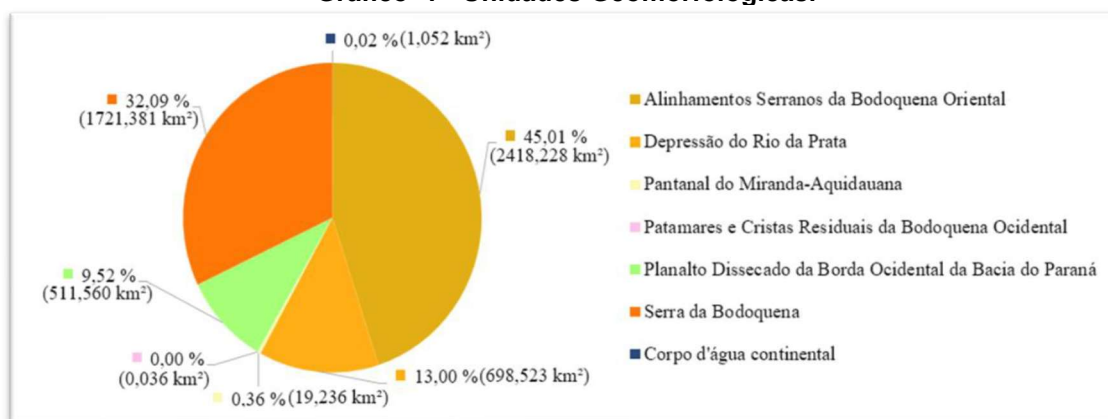
Dissecado da Borda Ocidental da Bacia do Paraná e Serra da Bodoquena (Figura 7eFigura 6- Unidades Litoestratigráficas).

Figura 7 – Mapa de Unidades Geomorfológicas do Município de Bonito (MS)



Fonte: Fontes (2024).

Gráfico 1 - Unidades Geomorfológicas.



Fonte: Fontes (2024).

Na unidade Alinhamentos Serranos da Bodoquena ocorrem relevos dissecados com alta densidade de drenagem com aprofundamento relativamente baixo (Dc51, Dc52, Dt41, Dt42, Da52) e conservados Pri em posição ligeiramente mais elevada que a superfície geral do entorno. Apresenta-se como um relevo fortemente falhado, com a presença de uma anticlinal erodida unida ao corpo principal da Serra da Bodoquena e estruturas residuais de falha em litologias do Grupo Cuiabá, muito erodidas em decorrência da atuação fluvial no Pantanal do Miranda-Aquidauana. Ressalte-se a presença de dobramentos apertados do tipo isoclinais (IBGE, 2021b).

A depressão rio da Prata apresenta-se como uma área aplanada, mais rebaixada que a Serra da Bodoquena, com caimento no sentido oeste-leste. Predominam relevos de aplanamento (Pri), cortados por uma drenagem incipiente, concentrada nos rios que descem do conjunto serrano da Bodoquena, a exemplo do rio da Prata (IBGE, 2021b).

O Pantanal Miranda-Aquidauana é caracterizado como área de transição não só por apresentar um alagamento mediano fraco Ai1 e mediano Ai2, como também pela variedade botânica (IBGE, 2021b).

Patamares e Cristas Residuais da Bodoquena Ocidental constitui um nível intermediário entre a Serra da Bodoquena e as Planícies e Pantanaís do Baixo Paraguai. São formadas por rochas pré-cambrianas do Complexo Rio Apa, onde predominam relevo dissecado de topo convexo (Dc42) e eventuais agudos (Da42, Da43) com altimetria que varia de 200 a 300 metros, com caimento de leste a oeste. Entremeados nesse relevo mais baixo, encontram-se relevos residuais (pontões) que alcançam 500 metros. Os principais rios que drenam essa área possuem as nascentes na Serra da Bodoquena e correm em direção à calha do rio Paraguai (IBGE, 2021b).

A unidade Patamares e Cristas Residuais da Bodoquena Ocidental representa uma pretérita faixa móvel que remonta ao paleoproterozoico, muito provavelmente relativa a uma bacia do tipo rifte composta por siliciclásticos areno-argilosos, cuja ação dinamotermal resultou na formação de quartzitos, xistos e paragnaisses aluminosos, em fácies metamórfico xisto verde a anfibolito, compondo dobras

cilíndricas, algumas com flanco, invertidos com eixos orientados segundo E-O. Sua origem, bem como da área circundante, está ligada, provavelmente, a abatimentos tectônicos terciários, relacionado à orogenia Andina, que originaram também a área rebaixada onde se alojam os pantanais. A abertura do piso regional do relevo remonta ao Terciário, tendo a superfície resultante sido retocada durante a pediplanação neopleistocênica (IBGE, 2021b).

A unidade Planalto Dissecado da Borda Ocidental da Bacia do Paraná representa a borda ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná composta por sedimentos silurodevonianos e permocarboníferos onde dominam os arenitos finos, médios e grossos, com estratificações cruzadas, assim como siltitos, argilitos diamictitos e conglomerados mais restritos, compondo uma estrutura cuestiforme com orientação meridiana e reverso no sentido leste. A altimetria no Planalto Dissecado da Borda Ocidental da Bacia do Paraná varia de 200 a 400 metros (IBGE, 2021b).

As serras “constituem relevos acidentados, elaborados em rochas diversas, formando cristas e cumeadas ou as bordas escarpadas de planaltos” (IBGE, 2009, p. 30). A Serra da Bodoquena se caracteriza, de um lado, pela existência de formas dissecadas de topo convexo (c12) e, de outro, pelos relevos conservados (Ep), apresenta localmente formas cársticas relacionadas às litologias calcárias (RADAMBRASIL, 1982).

BOGGIANI et al. (2002) chama atenção para fragilidade das tufas calcárias da Serra da Bodoquena, cujo crescimento pode ser afetado pela temperatura da água, presença de magnésio, fosfatos e certos componente orgânicos, que mesmo em baixas concentrações, podem afetar a deposição de calcita. Além disso, maior atenção deve ser dada as condições de turbidez da água peculiar da região, pois o aumento deste parâmetro pode afetar o crescimento de algas as quais está associado o crescimento das tufas.

2.6. ESPELEOLOGIA

O estudo espeleológico em Mato Grosso do Sul abrange a catalogação e conservação de suas numerosas cavernas, especialmente em rochas calcárias, com destaque para o carste da Serra da Bodoquena e regiões próximas a Bonito e Miranda, que possuem importância para o turismo e a pesquisa científica. Órgãos como o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) e instituições de pesquisa como a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) participam desses estudos para entender o patrimônio espeleológico do estado, que inclui sítios arqueológicos e uma rica biodiversidade de fauna subterrânea.

Principais Áreas de Estudo e Caracterização

- **Serra da Bodoquena:** É uma região de grande importância espeleológica, com sistemas cársticos significativos e grande biodiversidade, incluindo espécies troglóbias e troglófilas.
- **Bodoquena, Bonito e Jardim:** A região de Bodoquena é conhecida por suas cavernas ornamentadas, com formação de espeleotemas, e abriga sítios arqueológicos, como é o caso do Complexo da Lagoa Azul e das Cavernas do Quebó.
- **Potencial em outras rochas:** Além do carste em rochas carbonáticas, há um relevante potencial espeleológico em rochas não carbonáticas, e os estudos estão avançando para o entendimento dessa diversidade geológica.

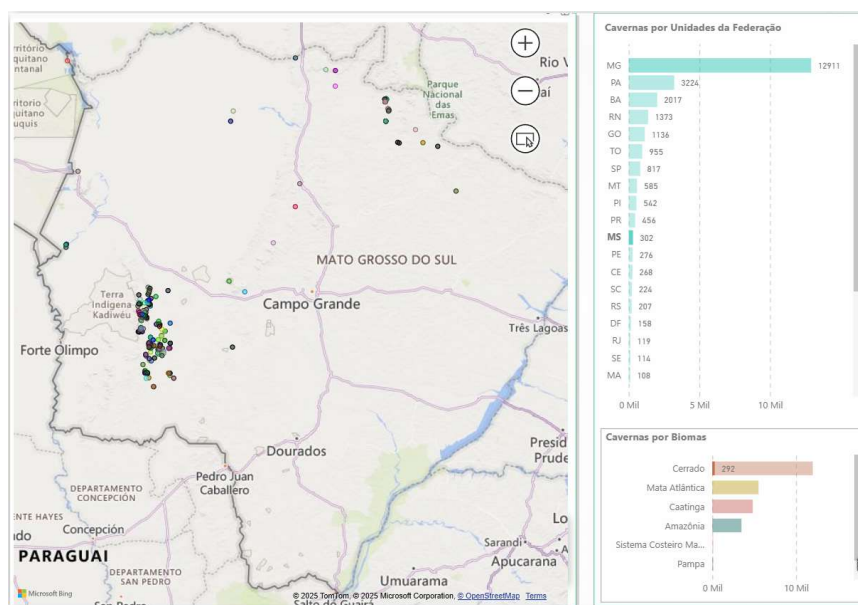
Ações e Pesquisas

- **Cadastro e catalogação:** O ICMBio/CECAV desenvolve o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), que cataloga as cavernas e informações sobre o patrimônio espeleológico.
- **Projetos e publicações:** A Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) e pesquisadores da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) realizam estudos e publicações sobre as cavernas do estado.

- **Monitoramento e gestão:** Órgãos como o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) acompanham atividades turísticas e científicas, buscando conservar o patrimônio espeleológico.
- **Patrimônio paleontológico e arqueológico:** As cavernas de Mato Grosso do Sul contêm registros de fósseis e vestígios de ocupações humanas antigas, como sítios arqueológicos encontrados na região da Serra da Bodoquena.
- **Turismo:** As cavernas do estado, como a Gruta do Lago Azul, são atrações turísticas que demandam estudos e planos de manejo para sua conservação, informam os estudos.
- **Conservação da biodiversidade:** Os estudos espeleológicos também visam proteger a fauna subterrânea, que possui espécies únicas e adaptadas ao ambiente das cavernas.

A Figura 8 mostra uma apresentação contendo mapa interativo, utilizando como ferramenta o aplicativo *powerbi*.

Figura 8 – Mapa de localização das cavernas no MS.



Fonte: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro/anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro>
Acesso em :

2.7. PEDOLOGIA

Segundo Fontes (2024), o município de Bonito possui sete classes de solos: Plintossolo, Gleissolo, Latossolo, Chernossolo, Nitossolo, Argissolo e Neossolo (Erro! Fonte de referência não encontrada.e Figura 10)

Figura 9 – Mapa de Solos do Município de Bonito (MS)

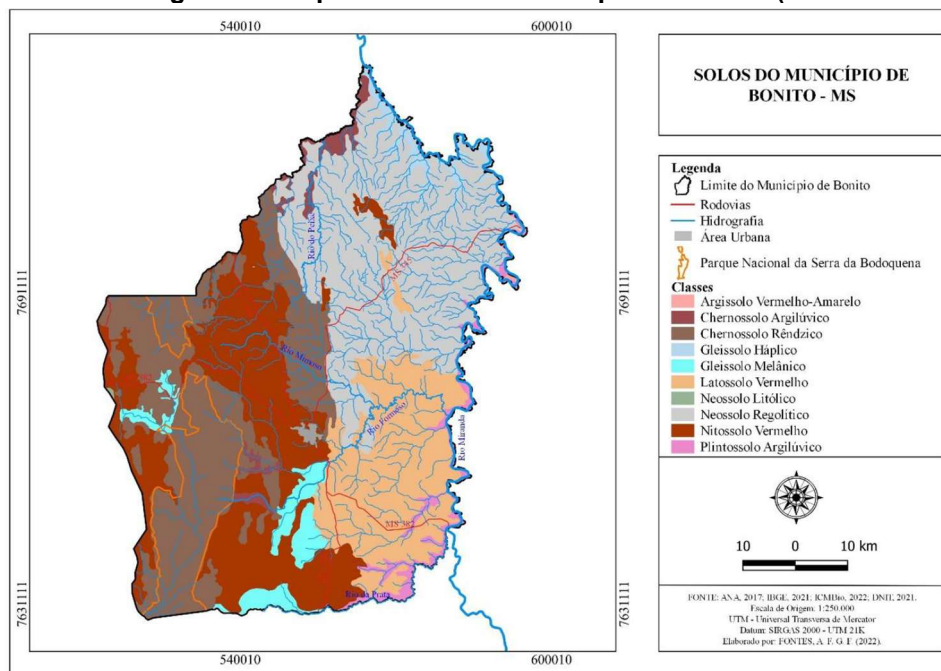
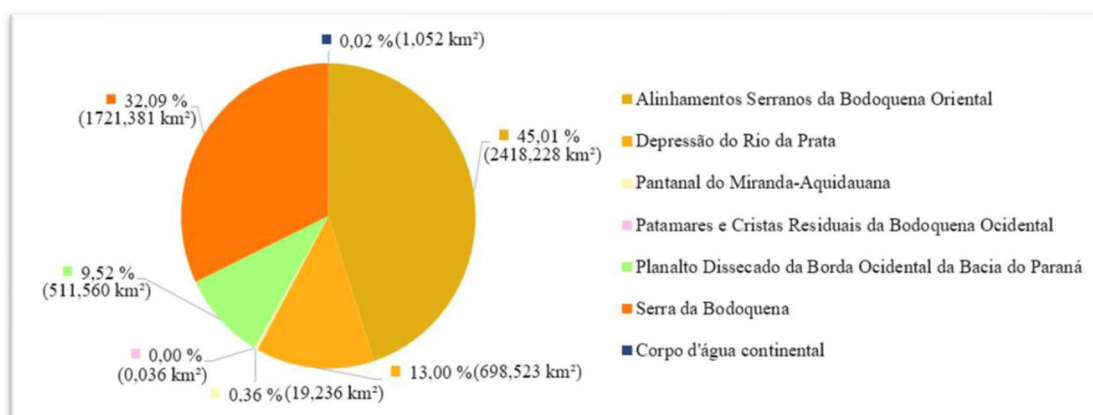


Figura 10– Classes de solos



2.7.1. ARGISSOLOS

Os argissolos são solos constituídos por material mineral, e com baixa atividade de argila. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas (SIBCS, 2018).

O solo dessa classe encontrado corresponde ao solo argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, apresentam coloração vermelho-amarelo, solos com saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (SIBCS, 2018). Os argissolos no município de Bonito correspondem 0,05% (2,534 km²) na área do município. Estão presentes apenas na margem do rio Miranda entre o córrego Tarumã e córrego Roncador.

2.7.2. CHERNOSSOLOS

Os chernossolos são solos moderadamente ácidos a fortemente alcalinos, compreendem solos constituídos por material mineral que têm como características diferenciais: alta saturação por bases e horizonte e argila de atividade alta. São solos normalmente de bem a imperfeitamente drenados, estes solos têm desenvolvimento que depende da conjunção de condições que favoreçam a formação e persistência de um horizonte superficial rico em matéria orgânica, com alto conteúdo de cálcio e magnésio e com a presença de argilominerais (SIBCS, 2018).

Os chernossolos presentes em Bonito são o Chernossolo Argilúvico Órtico e Chernossolo Rêndzico Órtico, que são solos com horizonte B textural ou caráter Argilúvico, (SIBCS, 2018). O Chernossolo Argilúvico corresponde 1,83% (98,163 km²) e Chernossolo Rêndzico 23,29% (1251,140 km²) na área do município. O Chernossolo Argilúvico observa-se no baixo curso no rio do Peixe, o Chernossolo Rêndzico encontra-se nos dois fragmentos do Parque Nacional da Serra da Bodoquena e nas bordas do parque, no alto curso da bacia do rio Chapena e médio curso da bacia do rio Mimoso.

2.7.3. GLEISSOLOS

Os Gleissolos são solos mal ou muito mal drenados em condições naturais, solos que ocasionalmente podem ter textura arenosa somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei de textura francoarenosa ou mais fina. Esses solos “compreendem solos minerais, hidromórficos, que apresentam horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizontes A ou E” (SANTOS et al.,2018, p. 91).

Os solos desta classe se encontram permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. São caracterizados “pela forte gleização em decorrência do ambiente redutor virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano ou pelo menos por um longo período” (SANTOS et al.,2018, p. 92).

O Gleissolo Háptico 1,94% (104,004 km²) e Gleissolo Melânico 3,51% (188,446 km²) são os tipos de Gleissolos presentes na área de estudo. Localiza-se o Gleissolo Háptico na margem do rio Miranda na região da foz do córrego Taquaruçu, córrego da Divisa, córrego Taquaralzinho e córrego da Onça, já o Gleissolo Melânico ocorre no alto curso da bacia do rio Formoso, no córrego Alegre, na região das nascentes do córrego Mutum, no alto curso da bacia do rio da Prata e no alto curso do rio Perdido.

2.7.4. LATOSSOLOS

Os Latossolos são solos em avançado estado de intemperização, são constituídos por material mineral, são normalmente muito profundos. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização. Em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos, “são característicos da coloração vermelha, com saturação por bases maior que 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B” (SANTOS et al.,2018, p. 93).

O Latossolo encontrado na área de estudo corresponde ao Latossolo Vermelho Distrófico 15, 86% (852,020 km²). O Latossolo está presente no médio e baixo curso da bacia do rio Formoso, na bacia no córrego do Retiro, no alto curso da bacia do córrego Mutum, também ocorre entre o rio Formoso e córrego Mutum.

2.7.5. NEOSSOLOS

Os Neossolos são solos poucos evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos. “Pertencem a classe de solos com horizonte A ou horizonte hístico com menos de 20 cm de espessura seguidos de camada(s) com 90% ou mais (expresso em volume) de fragmentos de rocha ou do material de origem, independentemente de sua resistência ao intemperismo” (SANTOS et al., 2018, p. 97).

Os Neossolos presentes no município de Bonito são o Neossolo Litólico Eutrófico e o Neossolo Regolítico Distrófico. Os Neossolos Litólico Eutrófico são solos com saturação por bases menor que 50% na maior parte dos horizontes dentro de 50 cm a partir da sua superfície, os Neossolos Regolítico Distrófico são solos com saturação por base menor que 50% na maior parte do horizonte C, dentro de 150 cm a partir da superfície do solo (SIBCS, 2018).

O Neossolos que compreendem Bonito são o Neossolo Litólico que compreende 0,00% (0,173 km²) e o Neossolo Regolítico abrange grande área do município 28,12% (1511,144 km²) na área do município. Neossolo Litólico ocorre apenas na divisa do município de Bonito com Porto Murtinho próximo à rodovia estadual MS 382, o Neossolo Regolítico ocorre no baixo curso do rio Mimoso, médio curso da bacia do rio do Peixe, na bacia do rio Bacuri e nas bacias do: córrego Taquaruçu, córrego da Divisa, córrego Taquaralzinho, córrego da Onça, córrego Tarumã e córrego Roncador.

2.7.6. NITOSSOLOS

Nitossolos são solos constituídos por material mineral, de textura argilosa ou muito argila, “desde a superfície do solo, estrutura em blocos subangulares ou angulares ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva e/ou caráter retrátil” (SIBCS, 2018, p. 97).

Estes solos apresentam horizonte B bem expresso em termos de grau de desenvolvimento de estrutura, associado à presença de cerosidade. São, em geral, de moderadamente ácidos a ácidos, “apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A, com argila de atividade baixa ou atividade alta desde que conjugada com caráter alumínico, todos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)” (SANTOS et al., 2018, p. 98).

Em Bonito se encontra Nitossolos do tipo Nitossolo Vermelho Eutrófico 22, 72% (220,534 km²). São de ocorrência na região do córrego Anhumas, no alto curso da bacia do rio Mimoso e córrego Olaria, na região próximas as nascentes dos córregos Taquaruçu e da Divisa.

2.7.7. PLINTOSSOLOS

Os Plintossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário. Predominantemente são solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixa e atividade da fração argila baixa, “compreendem solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenado” (SANTOS et al., 2018, p. 102).

Apesar de a coloração destes solos ser bastante variável, verifica-se o predomínio de cores pálidas com ou sem mosqueados de cores alaranjadas a vermelhas ou coloração variegada, acima do horizonte diagnóstico. Alguns solos desta classe, embora tenham sua gênese associada a condições de excesso de umidade ou restrição temporária à percolação d'água, ocorrem, nos tempos atuais, em condições de boa drenagem (SIBCS, 2018).

Os Plintossolos presentes em Bonito são do tipo Plintossolo Argilúvico Eutrófico 2,48% (143,805 km²). Os Plintossolos ocorrem na margem do rio Miranda desde um pouco acima da rodovia estadual MS 345 até o médio curso do rio da Prata, verifica-se também no médio e baixo curso do córrego Mutum.

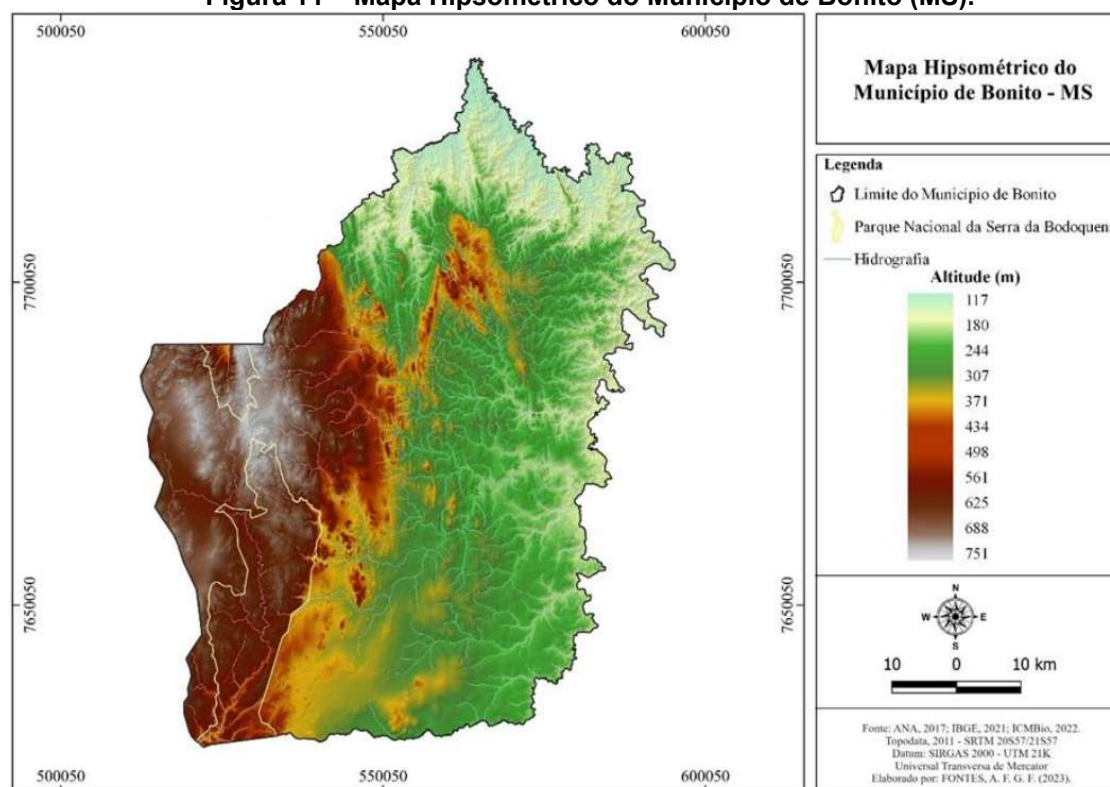
2.8. HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE

Um mapa hipsométrico, também conhecido como mapa de cores de altitude, é uma forma de representar a altitude de uma área através de diferentes cores. As cores geralmente seguem uma escala, onde cores mais escuras, como verde e azul, indicam altitudes mais baixas, e cores mais claras ou quentes, como amarelo, laranja e vermelho, representam altitudes mais elevadas. (FITZ, 2012)

2.8.1. MUNICÍPIO DE BONITO

No município de Bonito a altitude varia de 117 a 751 metros. A altitude mais baixa está na região do Pantanal Miranda-Aquidauana e nas margens do rio Miranda, as altitudes mais elevadas localizam-se na Serra da Bodoquena, vide Figura 11

Figura 11 – Mapa Hipsométrico do Município de Bonito (MS).

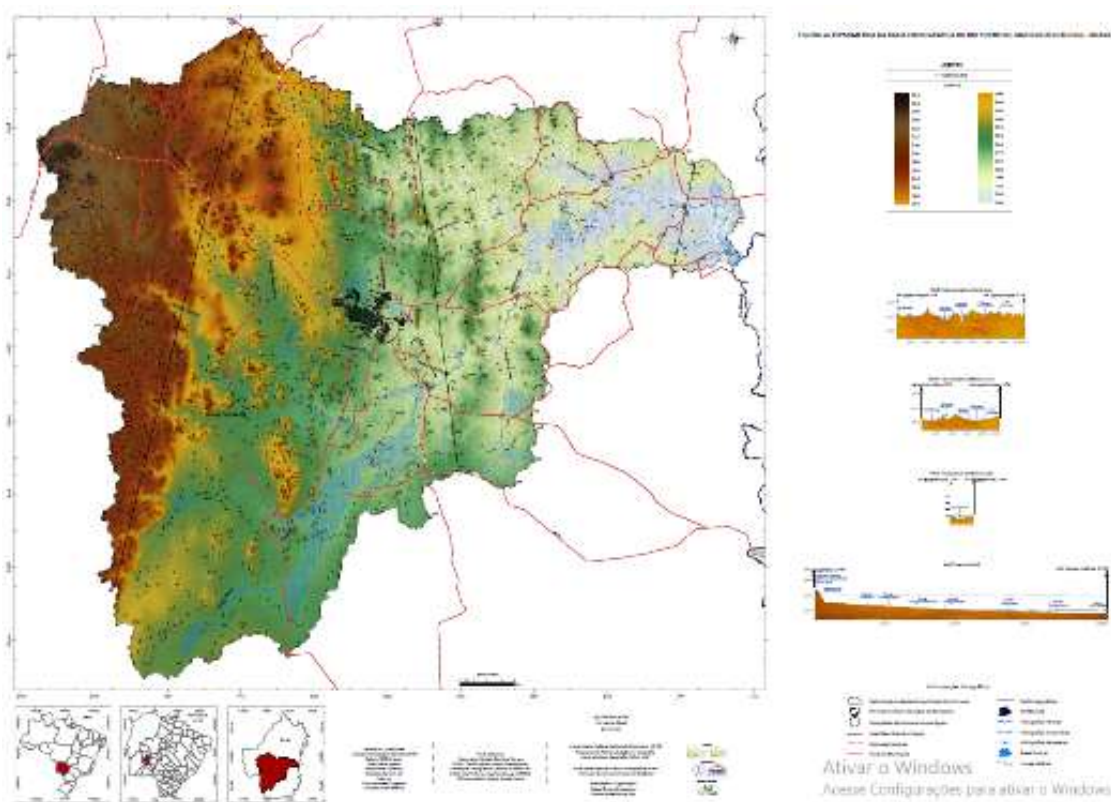


Fonte: Fontes (2024)

2.8.2. RIO FORMOSO

A BHRF, por abranger parte da serra da Bodoquena e a depressão do rio Miranda, possui grande variação altimétrica, seja por suas serras alongadas, morros residuais, superfícies aplainadas, suave onduladas ou planícies aluviais. Apresenta ainda, uma altimetria que alcança 720 metros na Serra da Bodoquena, até a presença da menor cota encontrada, que é de 200 metros de altitude, na foz do rio Formoso, vide Figura 12 .

Figura 12 –HIPSOMETRIA da Bacia do rio Formoso, Mato Grosso do Sul.



Fonte: Atlas Geoambiental (2023).

2.8.3. DECLIVIDADE

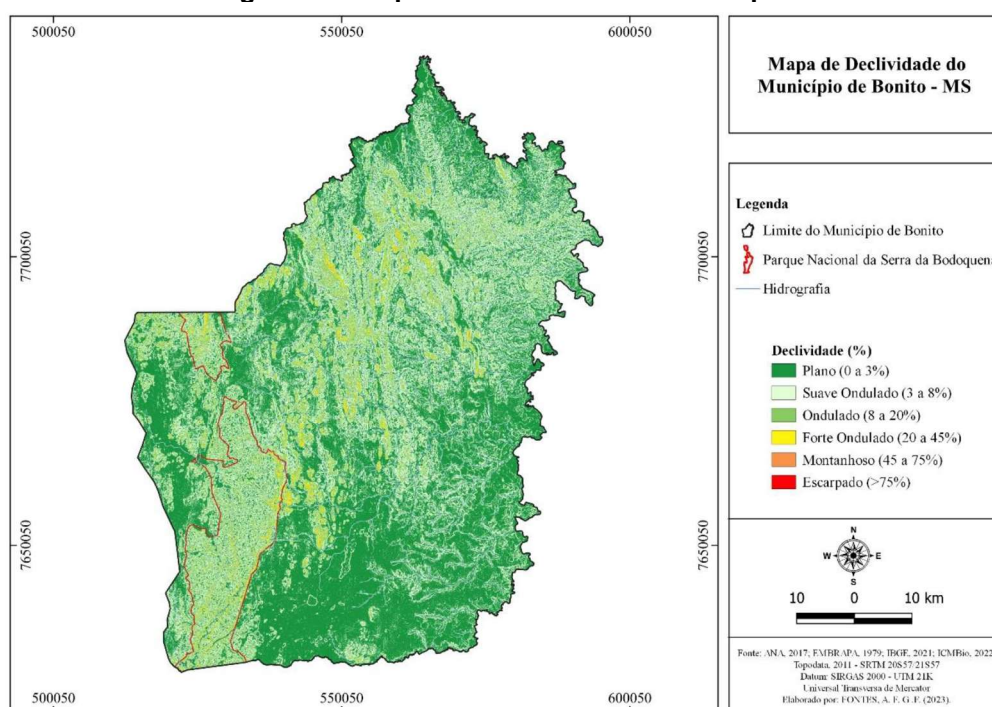
A declividade é definida como o ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. O cálculo de declividade será sempre o resultado de

um diferencial altimétrico entre vizinhos e, portanto, dependente da distância considerada (INPE, 2008).

Devido a essa característica, a declividade se consolida como um dos principais controladores dos processos pedogenéticos. Ela atua diretamente na regulação da velocidade do fluxo de água, tanto superficial quanto subsuperficial. Essa influência, por sua vez, determina variáveis críticas, como o teor de umidade no solo e o potencial de erosão ou deposição de sedimentos, impactando profundamente a formação e a evolução da paisagem.

O município de Bonito apresenta o relevo com baixas declives na maior parte de sua área, apresenta pouca presença de relevo montanhoso e escarpado. O Parque Nacional da Serra da Bodoquena é composto por relevos plano, suave ondulado, ondulado e forte ondulado, no qual o do tipo suave ondulado e ondulado corresponde por maiores áreas no parque. Conforme mapeado pelo Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1982 na Figura 13

Figura 13 - Mapa de declividade do município de Bonito.

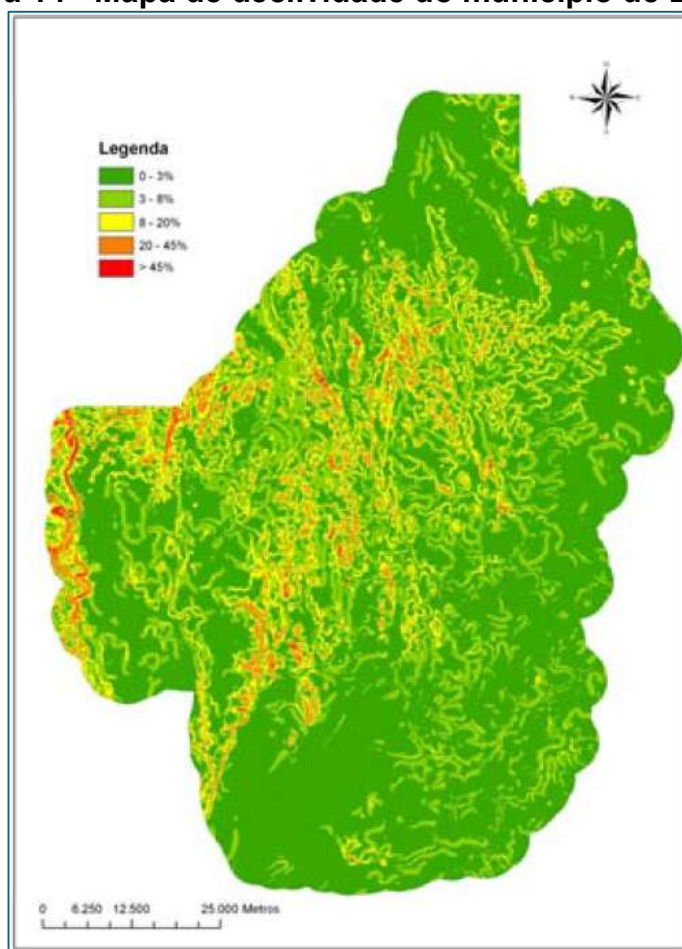


Fonte: Fontes (2024)

2.8.4. MAPA DE DECLIVIDADE SEGUNDO EMBRAPA (2009)

Na Figura 14, está reproduzido o mapa de declividades publicado no Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa (2009). Este mapa foi derivado do modelo digital de elevação (MDE) do município, a partir da utilização dos dados relativos às curvas de nível, com equidistância vertical de 40m, hidrografia e pontos cotados contidos nas cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:100.000, referentes as Folhas Aldeia Lalima, Vila Capão, Jardim e Rio Perdido. O método escolhido para a elaboração do MDE foi baseado no ajustamento da superfície, utilizando o módulo TOPOGRID do software ARC/INFO. Em seguida, o mapa obtido foi reclassificado de acordo com as seguintes classes, conforme Embrapa (2006): 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 45% e > 45%.

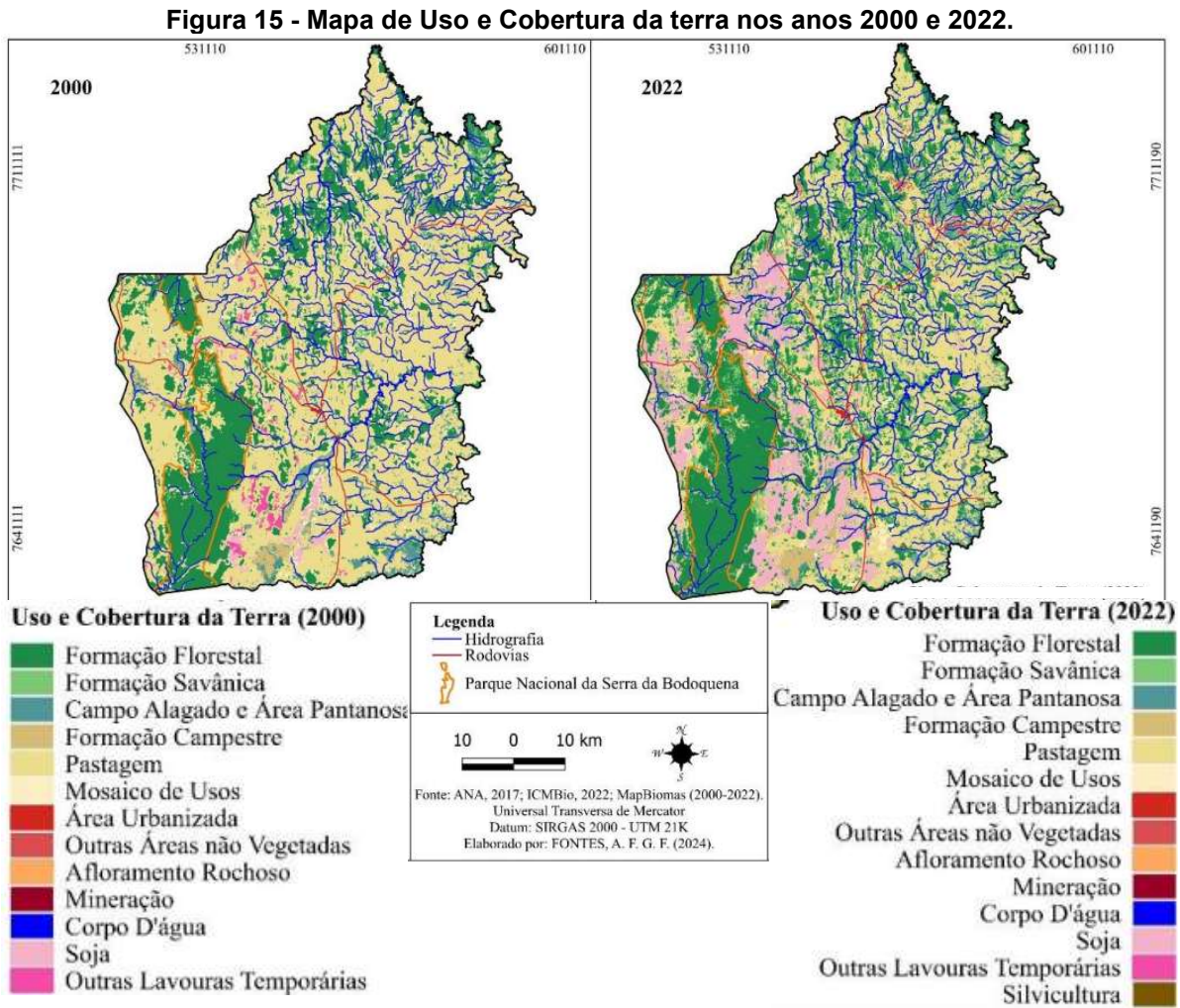
Figura 14 - Mapa de declividade do município de Bonito.



Fonte: Embrapa (2009).

2.9. USO E COBERTURA DO SOLO

Com base nos dados levantados e dividindo em treze (13) diferentes classes de uso, Fontes (2024) elaborou mapas contendo a evolução de uso e cobertura da terra entre 1985 até 2000 e 2000 e 2022 (Figura 15).



Fonte: Fontes (2024)

Os	gráficos	Gráfico 2 e			
	Soja	104,873	1,95	577,460	10,75
	Outras Lavouras Temporárias	101,564	1,89	14,660	0,27
	Silvicultura	---	---	0,347	0,01
	Total	5373,016	100	5373,016	100

demonstram, em percentuais, a evolução entre 2000 a 2022 e. As análises realizadas apontam a redução da cobertura vegetal do município de Bonito.

Gráfico 2 – Uso e Cobertura da Terra (1985-2000).

Classes	1985		2000	
	km ²	%	km ²	%
Formação Florestal	2109,873	39,27	1805,604	33,60
Formação Savânica	793,546	14,76	634,712	11,81
Campo Alagado e Área Pantanosa	164,575	3,06	124,529	2,32
Formação Campestre	88,944	1,66	72,132	1,34
Pastagem	1186,138	22,08	2036,835	37,91
Mosaico de Usos	972,092	18,09	478,006	8,90
Área Urbanizada	2,085	0,04	5,245	0,10
Outras Áreas não Vegetadas	9,065	0,16	2,447	0,04
Afloramento Rochoso	0,051	0,01	0,051	0,01
Mineração	0,126	0,01	0,263	0,01
Corpo D'água	9,093	0,17	6,755	0,13
Soja	35,870	0,67	104,873	1,95
Outras Lavouras Temporárias	1,557	0,03	101,564	1,89
Total	5373,016	100	5373,016	100

Gráfico 3 – Uso e Cobertura da Terra (2000-2022).

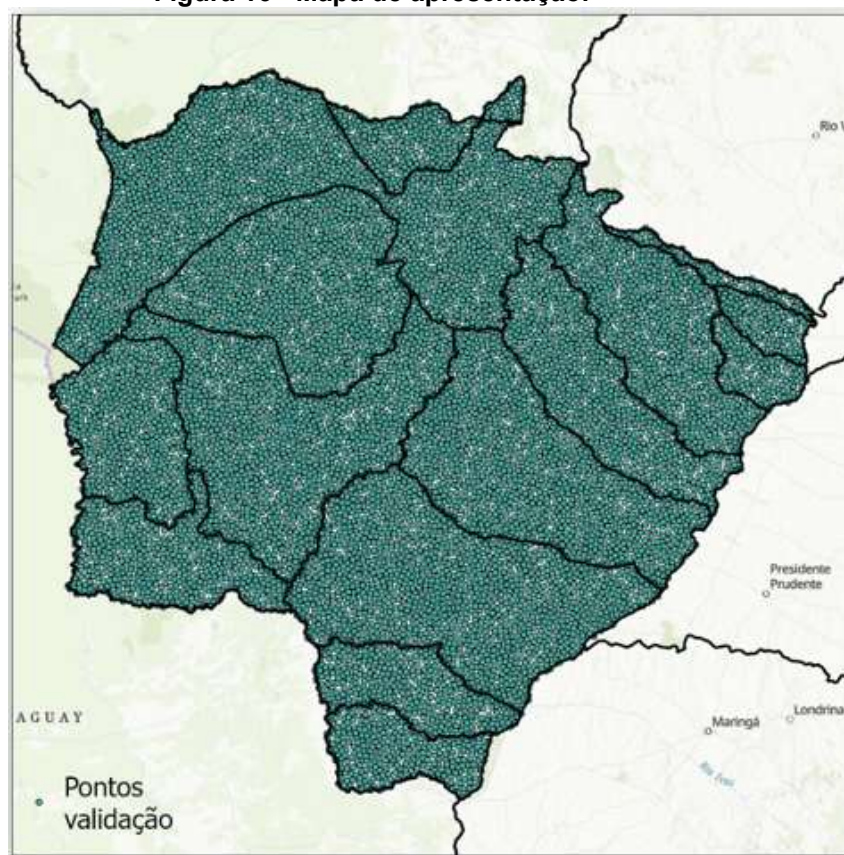
Classes	2000		2022	
	km ²	%	km ²	%
Formação Florestal	1805,604	33,60	1763,601	32,82
Formação Savânica	634,712	11,81	324,797	6,03
Campo Alagado e Área Pantanosa	124,529	2,32	133,032	2,48
Formação Campestre	72,132	1,34	83,038	1,55
Pastagem	2036,835	37,91	1790,350	33,32
Mosaico de Usos	478,006	8,90	647,060	12,04
Área Urbanizada	5,245	0,10	6,670	0,12
Outras Áreas não Vegetadas	2,447	0,04	24,420	0,44
Afloramento Rochoso	0,051	0,01	0,051	0,01
Mineração	0,263	0,01	0,530	0,02
Corpo D'água	6,755	0,13	7,000	0,13
Soja	104,873	1,95	577,460	10,75
Outras Lavouras Temporárias	101,564	1,89	14,660	0,27
Silvicultura	---	---	0,347	0,01
Total	5373,016	100	5373,016	100

Fonte: Fontes 2024.

Fontes (2024) observou o avanço da agricultura em áreas em que se concentram os nitossolos, onde o relevo do município é plano, apresenta poucos desnivelamentos, baixa declividade. Segundo a autora, o avanço da agricultura em áreas de nitossolos, situadas em relevo plano, indica uma escolha estratégica em termos de manejo de terras, visando reduzir possíveis impactos ambientais e custos de produção.

Segundo noticiário na página eletrônica do IMASUL (<https://www.imasul.ms.gov.br/>), em 15 de julho de 2025: “O IMASUL (Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul) deu início à elaboração de um mapa completo contendo todas as informações sobre o uso e ocupação do solo em todo território sul-mato-grossense. O Estado ainda não dispõe de uma base oficial de dados a esse respeito para nortear a gestão ambiental do território e subsidiar políticas públicas”. A Figura 16 apresenta proposta de amostragem de campo para validação da metodologia proposta:

Figura 16 - Mapa de apresentação.



Fonte: IMASUL (2024). Disponível em: <<https://www.imasul.ms.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul.2025.

O objetivo é mapear o uso e a cobertura do solo utilizando técnicas modernas de inteligência artificial, com alta precisão espacial e temática, e de forma que seja possível a replicação anual da metodologia. Para tanto, a paisagem foi dividida em 12 classes temáticas: Floresta, Savana, Área úmida, Pastagem nativa, Pastagem exótica, Área urbana, Cultura anual (arroz, soja, milho, algodão), Cultura perene florestal (eucalipto, pinus), Vegetação aquática, Solo exposto, Água, Benfeitorias (estradas, pistas de aeronaves).

2.10. CLIMA

2.10.1. ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

- O clima no estado Mato Grosso do Sul é dividido em quatro tipos segundo classificação de Köppen¹:
- Am (*tropical monsoon climate*): Clima tropical de monção;
- Aw (*tropical savanna climate*): Tropical de savana;
- Cfa (*humid subtropical climate*): Clima temperado subtropical) e
- Af (*tropical rainforest climate*): Clima equatorial úmido).

O clima Am apresenta temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e estação seca de pequena duração, enquanto Aw apresenta estação chuvosa no verão (novembro a abril) e estação seca no inverno (maio a outubro), com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e precipitação do mês mais seco menor que 60mm (SOARES; BATISTA; TETTO, 2015).

Já o clima Cfa apresenta verões quentes, geadas pouco frequentes, chuvas mais concentradas no verão, diferindo, porém, por não apresentar estação seca definida, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e no mês mais quente superior a 22°C. Af também não apresenta estação seca definida, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C, precipitações concentradas de março a agosto, com 1.500 mm anuais e temperatura média nos meses mais quentes de 24°C a 25°C (EMBRAPA, 2016).

Assim, possui uma divisão bem característica entre as formações vegetais mais secas na faixa norte, com predomínio da vegetação de savana, compreendida entre

¹ A classificação de Köppen é um sistema climático amplamente utilizado que categoriza os climas do mundo com base na temperatura e na precipitação média anual e mensal (KÖPPEN, 1936).

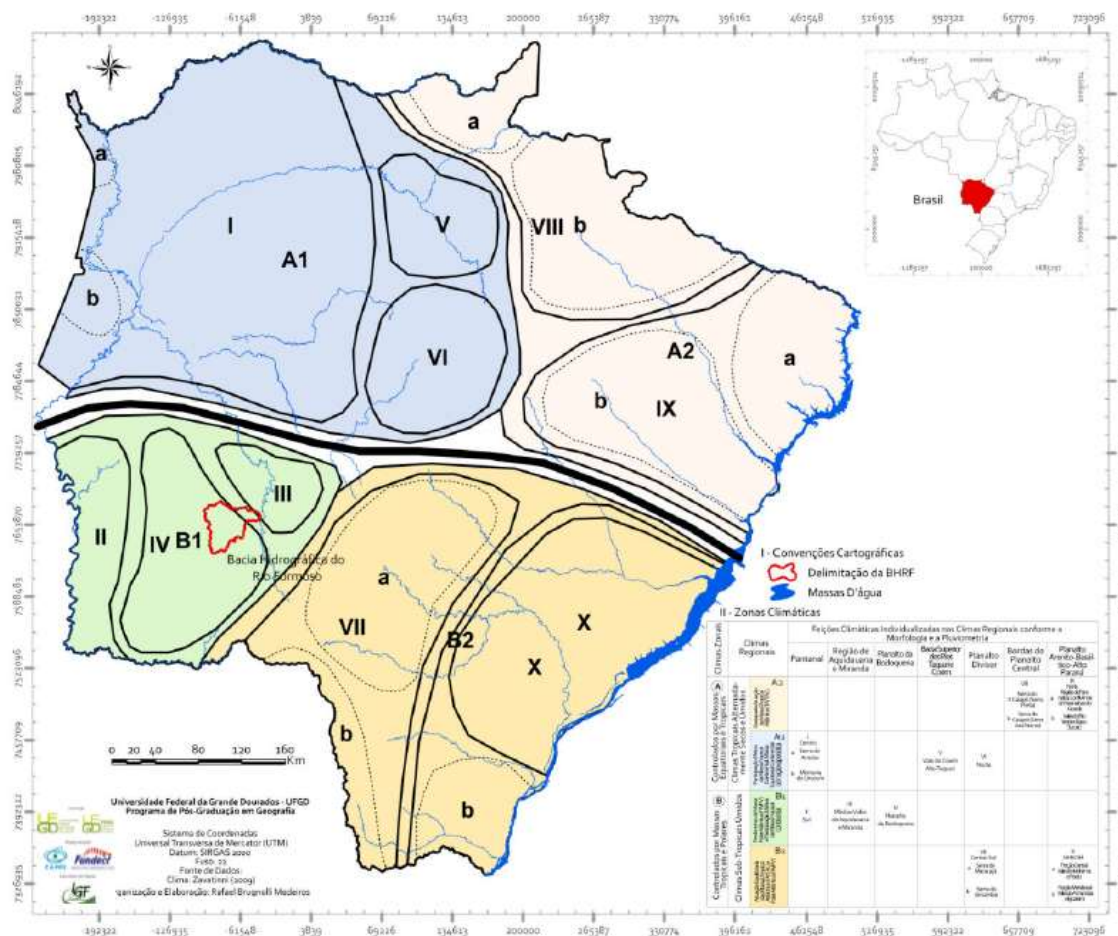
os biomas do cerrado e pantanal e a vegetação úmida, concentrada na região sul, com destaque da floresta estacional semidecidual, localizada sob uma área correspondente ao bioma Mata Atlântica. Além disso, a distribuição da biotemperatura é mais elevada na região norte do estado, na mesma área correspondente a vegetação mais seca de savana e do pantanal, com médias mensais de temperatura acima de 22°C e precipitação anual superior a 1.500mm (IVASKO JÚNIOR et al., 2021).

Segundo a classificação de Holdridge², o estado de Mato Grosso do Sul enquadra-se majoritariamente na zona de vida de floresta úmida tropical premontana, abrangendo sua porção centro-leste; na floresta úmida subtropical basal, predominante na região oeste, correspondente ao Pantanal sul-mato-grossense; e na porção sul do estado, que representa cerca de 38,99% da área total. Além disso, observa-se uma pequena faixa de transição entre a floresta úmida subtropical basal e a floresta seca, localizada no noroeste do território estadual. Essa distribuição pode ser explicada pelos valores elevados de biotemperatura e precipitação média anual, característicos da região (IVASKO JÚNIOR et al., 2021).

O estado de Mato Grosso do Sul situa-se em uma área de transição climática, influenciada por diversas massas de ar que provocam contrastes térmicos significativos, tanto espacial quanto temporalmente (SEPLAN, 1990). A porção norte do estado é controlada principalmente pela ação das massas equatoriais e tropicais, enquanto a porção sul sofre influência das massas tropicais e polares. Essas duas regiões configuram diferentes tipos climáticos regionais, classificados, respectivamente, como Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido (norte) e Clima Subtropical Úmido (sul), conforme ilustrado na Figura 17:

² A classificação de Holdridge (HOLDRIDGE, 1947) define zonas de vida (life zones) com base em parâmetros climáticos como temperatura média anual, precipitação anual e índice de evapotranspiração potencial, permitindo caracterizar ecossistemas de forma bioclimática.

Figura 17 - Classificação climática do estado de Mato Grosso do Sul.



A zona climática ao sul do estado de Mato Grosso do Sul é denominada como área de climas subtropicais úmidos, que oferecem ainda, outras características tais como um verão chuvoso e um inverno seco, porém, com maiores precipitações do que a zona climática localizada ao norte. Com isso, a região ao sul tem atuação equilibrada das massas tropical atlântica e polar atlântica.

2.10.2. BACIA DO RIO FORMOSO

A Bacia do Rio Formoso (BHRF) está inserida na região sudoeste, em uma zona climática controlada por massas tropicais e polares, com um clima regional predominante da atuação da massa polar atlântica e participação efetiva da massa tropical continental. A BHRF está inserida no contexto “Planalto da Bodoquena”, que é uma das feições climáticas individualizadas propostas pelo autor, com “índices anuais entre 1200 e 1400 mm, chuvas de primavera ligeiramente superiores às de verão e período outono-inverno com valores ao redor de 300 mm” (ZAVATINI, 1992, p.84).

2.10.3. BONITO (MS)

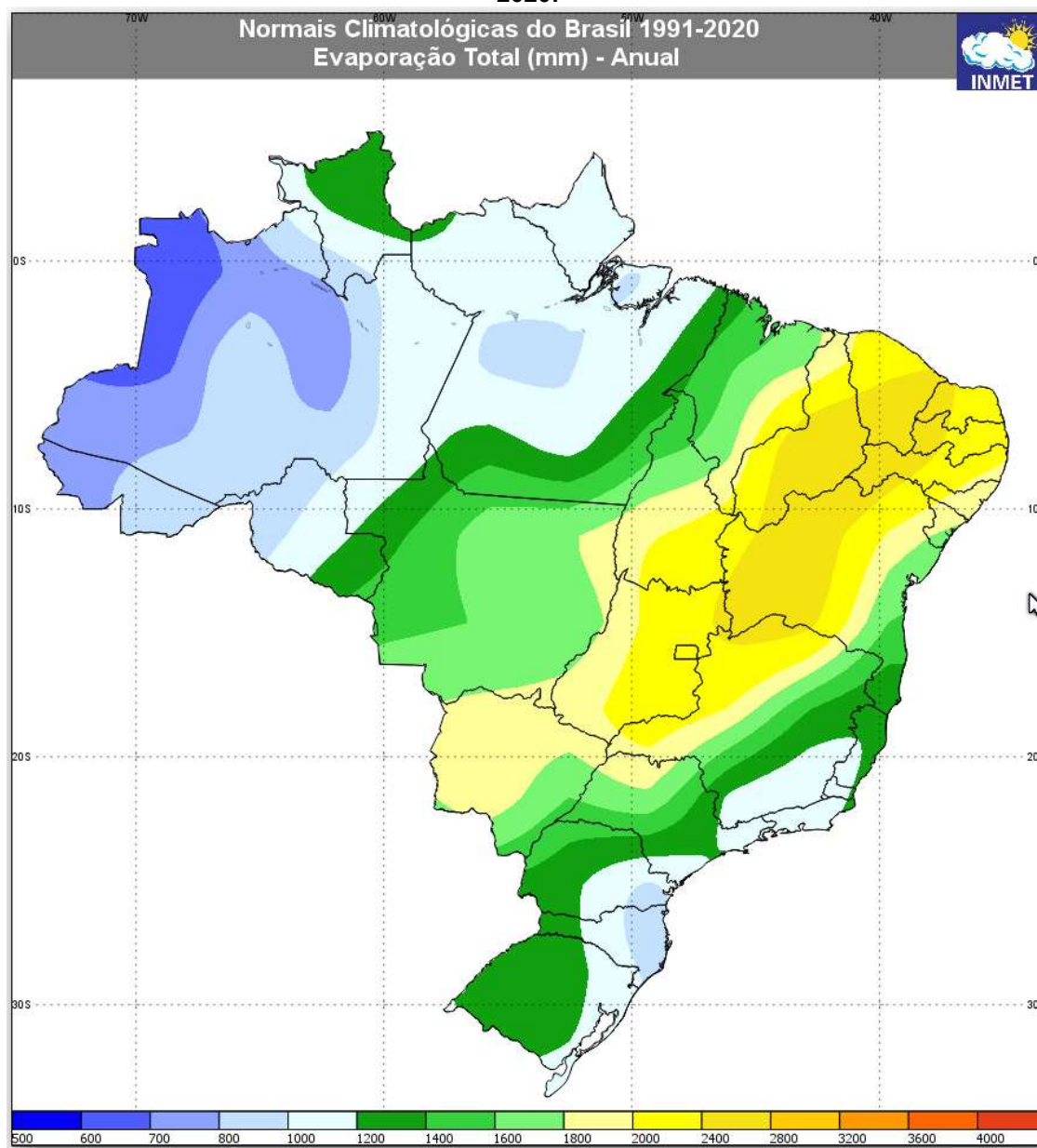
Em Bonito (MS), o verão é longo, quente, abafado, com precipitação e de céu parcialmente encoberto; o inverno é curto, agradável e de céu quase sem nuvens. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 14°C a 32°C e raramente é inferior a 8°C ou superior a 37°C.

Segundo a classificação climática Köppen-Geiger (1948) para o Município de Bonito é Aw - clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco).

2.11. EVAPORAÇÃO TOTAL

As normais publicadas são médias históricas compreendidas no período de 01 de janeiro de 1991 a 31 de dezembro de 2020, correspondentes a 271 estações meteorológicas de superfície do INMET, em operação naquele período. A apresenta as normais climatológicas do Brasil no período 1991-2020. A região de Bonito está localizada na faixa compreendida entre 1800 e 2000 mm de evaporação total.

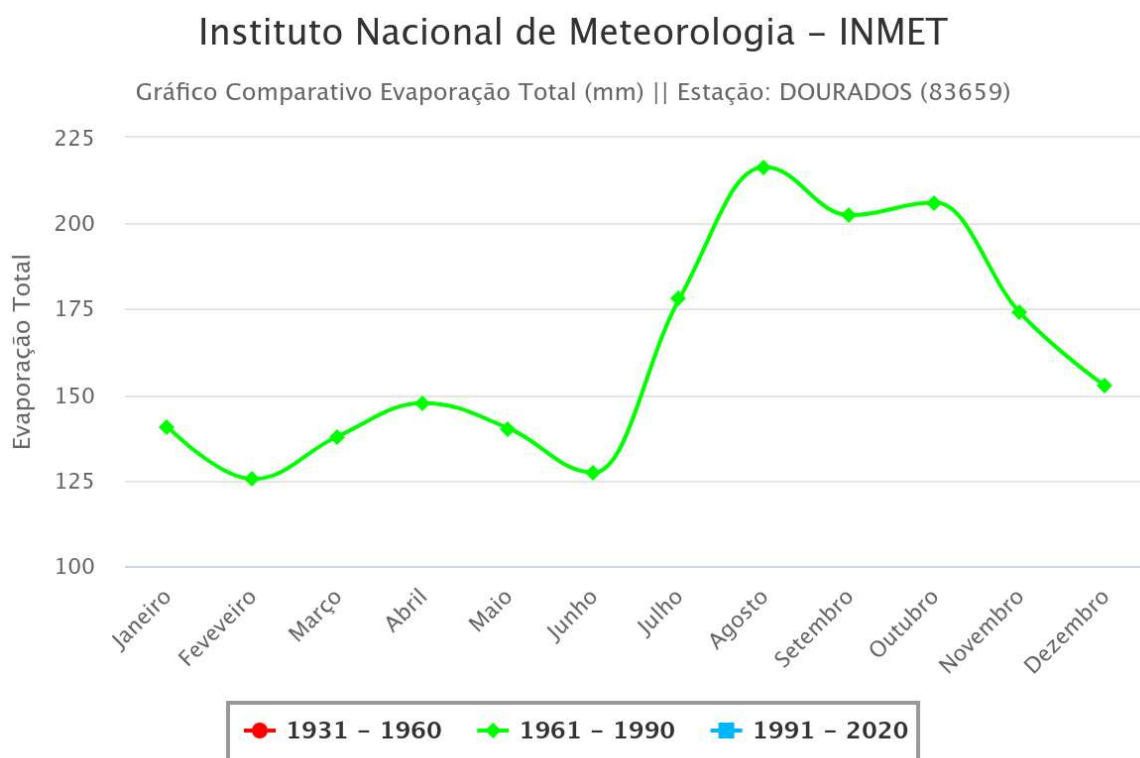
Figura 18 - Mapa colorido mostrando a evaporação total no período das Normais 1991-2020.



Fonte: INMET. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> > Acesso em: 15 jul. 2025.

Os valores mensais de evaporação total utilizados nos modelos hidrológicos foram obtidos da estação climatológica de Dourados (cód. 83659) do INMET, vide Figura 18.

Figura 19 - Evaporação total na estação (INMET) no período das Normais 1961-1990.



Fonte: INMET. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> Acesso em: 15 jul. 2025.

A Tabela 1 apresenta os valores médios mensais para as taxas de evaporação (mm) calculada pelo modelo numérico de previsão do tempo do INMET.

Tabela 1: Lâmina de evaporação (mm) na estação Dourados (INMET).

Evaporação Total - Evaporímetro de Piché (mm)													
Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990													
código	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Junho	Julho	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
83659	140,7	125,4	137,9	147,5	140,2	127,3	177,9	216,5	202,4	206,1	173,8	152,5	1948,2

Fonte: Adaptado de INMET. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> Acesso em: 15 jul. 2025.

2.12. BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

As informações do Balanço Hídrico Climatológico³ foram obtidas a partir do Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Solos, intitulado “*Caracterização Climática e Aptidão das Culturas Anuais e Perenes no Zoneamento Pedoclimático do Estado do Mato Grosso do Sul – 1ª fase*” (GONÇALVES, PEREIRA E COSTA, 2006). Os dados referentes ao município de Bonito (MS) encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Balanço hídrico climatológico.

Estação: Bonito			Município: Bonito				
Latitude: -21,12			Longitude: -56,52		Altitude (m): 242		
Obs:			CAD: 100				
MÊS	T (°C)	P (mm)	ET0 (mm)	ETR	Arm	Exc	Def
JAN	24,9	207	131,5	131,5	100,0	75,5	0,0
FEV	25,2	151	119,8	119,8	100,0	31,2	0,0
MAR	25,2	138	127,6	127,6	100,0	10,4	0,0
ABR	23,2	91	93,3	93,2	97,8	0,0	0,0
MAI	20,8	123	67,8	67,8	100,0	53,0	0,0
JUN	20,8	56	63,1	62,9	93,1	0,0	0,2
JUL	18,8	33	49,0	47,2	79,3	0,0	2,2
AGO	21,6	36	73,9	63,2	54,3	0,0	12,9
SET	22	102	79,0	79,0	77,4	0,0	0,0
OUT	23,8	155	106,8	106,8	100,0	25,6	0,0
NOV	25	169	124,1	124,1	100,0	44,9	0,0
DEZ	25,3	193	136,7	136,7	100,0	56,3	0,0
ANUAL	23,1	1454	1172,5	1159,7	1101,9	296,9	15,4
Ih	24,5	Clima: Úmido		Megatérmico			
Iu	25,3	Köppen: Aw					
Ia	1,3	Meses secos**: 3					

*Coordenadas geográficas expressas em decimal

**Precipitação mensal < 60 mm

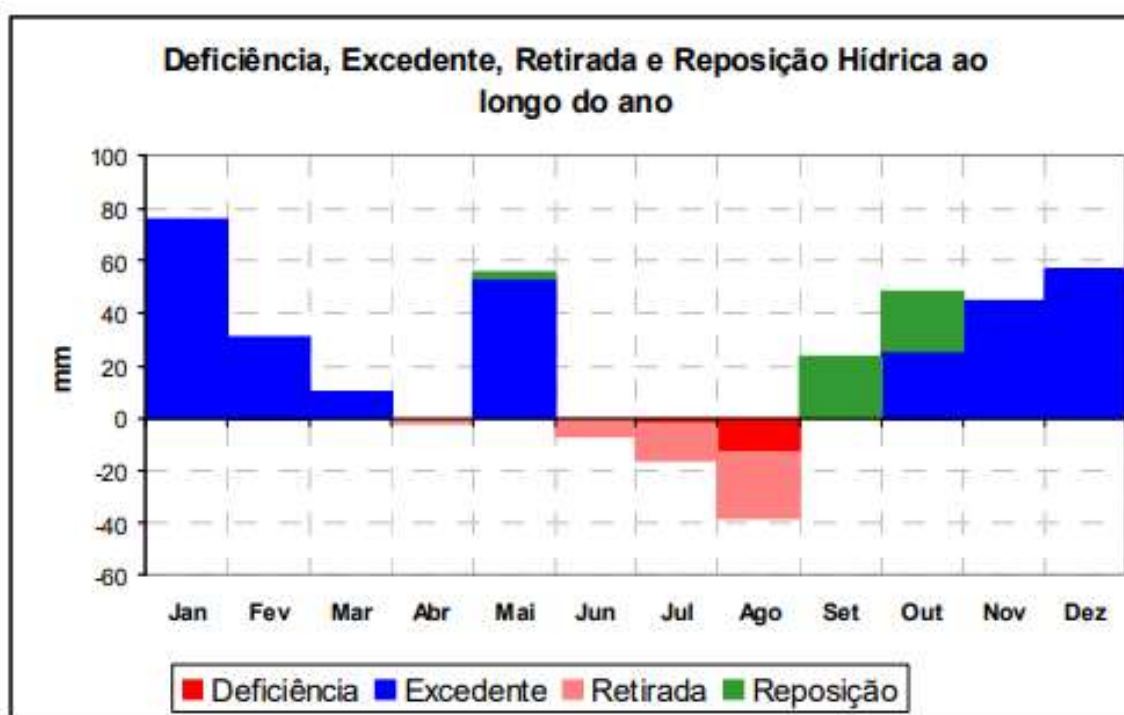
Atualizado em: 03/11/2006

Fonte: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Solos (GONÇALVES, PEREIRA E COSTA, 2006).

³ O balanço hídrico climatológico é um método que estima a relação entre precipitação, evapotranspiração potencial e armazenamento de água no solo, permitindo identificar períodos de déficit e excedente hídrico ao longo do ano (THORNTHWAITE; MATHER, 1955).

O extrato do balanço hídrico está sendo indicado no gráfico da Figura 20. A deficiência hídrica anual é de aproximadamente 15 mm, e o excedente hídrico de cerca de 300 mm isto considerando a CAD (Capacidade de Água Disponível) igual a 100 mm. Há períodos de reposição de água no solo nos meses de setembro e outubro, e períodos de excedente hídrico que se estende entre outubro e março, onde neste último caso o total de precipitação corresponde a cerca de 70% do total anual (GONÇALVES, PEREIRA E COSTA, 2006).

Figura 20 - Representação do balanço hídrico, estratificando os períodos de retirada e reposição, para o Município de Bonito (MS).



Fonte: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Solos (GONÇALVES, PEREIRA E COSTA, 2006).

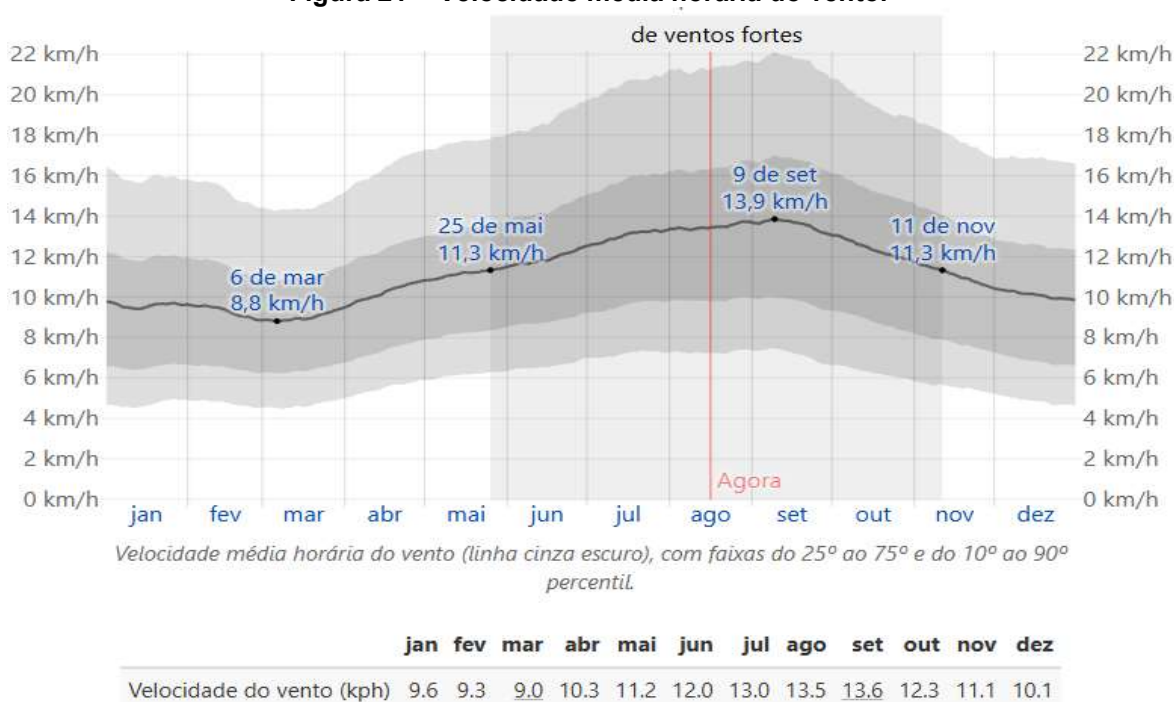
2.13. VENTOS

A ventilação induzida pelo vento reduz o acúmulo de calor armazenado em tecidos urbanos e aumenta a taxa de diluição e transporte de poluentes, sendo fatores-chave na atenuação do efeito de ilha de calor e na melhoria da qualidade do ar urbano (OKE, 1988; YANG et al., 2021; LI et al., 2021).

2.13.1. VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO

O vetor médio horário do vento, medido a 10 metros acima do solo, indica sua velocidade e direção médias. No entanto, esses valores variam conforme a topografia e as condições locais, já que o vento apresenta oscilações instantâneas superiores às médias horárias (INMET, 2020).

Figura 21 - Velocidade média horária do vento.



Descrição:

Velocidade média horária do vento (linha cinza escuro), com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil.

Fonte: Weather Spark (2025).

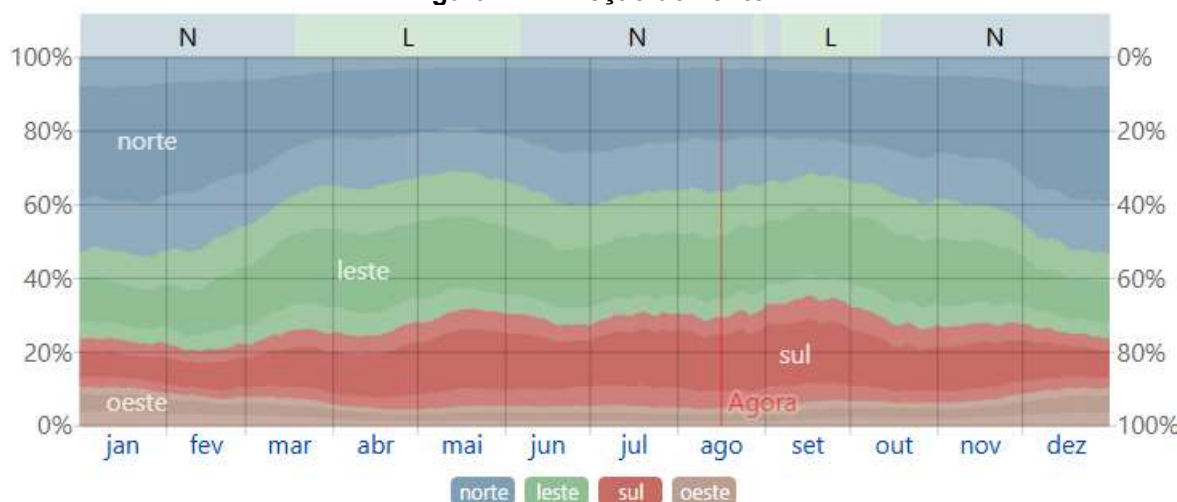
A velocidade horária média do vento em Bonito (MS) passa por variações sazonais significativas ao longo do ano. A época de mais ventos no ano dura 5,5 meses, de 25 de maio a 11 de novembro, com velocidades médias do vento acima de 11,3

quilômetros por hora. O mês de ventos mais fortes em Bonito é setembro, com 13,6 quilômetros por hora de velocidade média horária do vento. A época mais calma do ano dura 6,5 meses, de 11 de novembro a 25 de maio. O mês de ventos mais calmos em Bonito é março, com 9,0 quilômetros por hora de velocidade média horária do vento, vide Figura 21.

2.13.2. DIREÇÃO DO VENTO

O vento mais frequente vem do leste durante 2,6 meses, de 18 de março a 6 de junho; durante 4,0 dias, de 27 de agosto a 31 de agosto e durante 1,2 mês, de 6 de setembro a 11 de outubro, com porcentagem máxima de 41% em 18 de abril. O vento mais frequente vem do norte durante 2,7 meses, de 6 de junho a 27 de agosto; durante 6,0 dias, de 31 de agosto a 6 de setembro e durante 5,2 meses, de 11 de outubro a 18 de março, com porcentagem máxima de 40% em 24 de junho, vide Figura 22.

Figura 22 - Direção do vento.



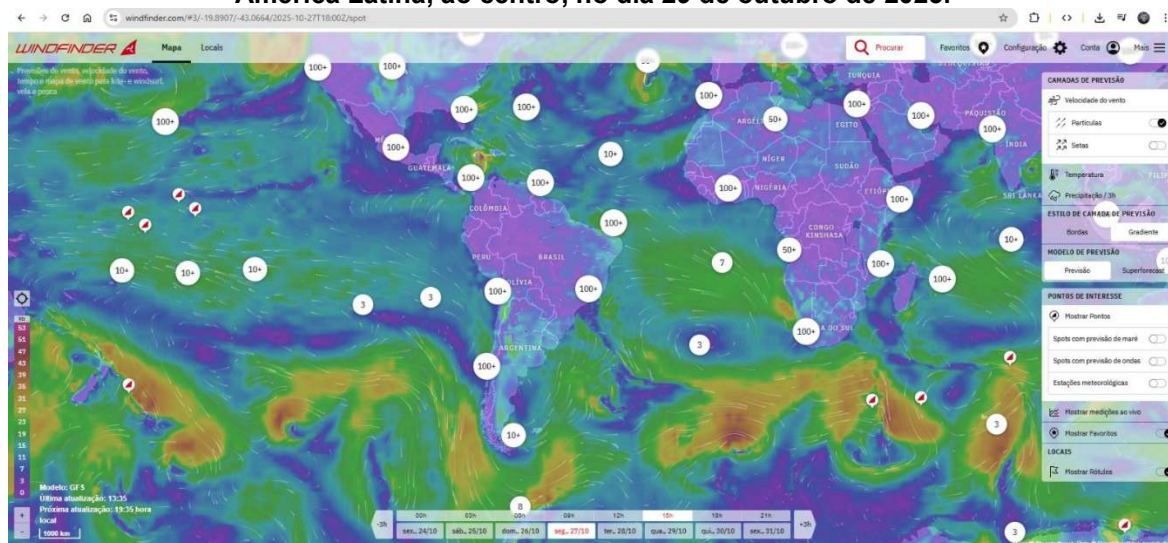
Fonte: Weather Spark (2025).

A porcentagem de horas em que o vento tem direção média de cada uma das quatro direções cardeais de vento, exceto nas horas em que a velocidade média do vento é inferior a 1,6 km/h. As áreas mais esmaecidas nas interseções indicam a porcentagem de horas passadas nas direções intermediárias implícitas (nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste).

De acordo com o portal eletrônico *Windfinder*, que é uma ferramenta especializada em previsão do tempo, ondas e marés, aplicativo que oferece previsões de vento e previsões meteorológicas referentes a mais de 160.000 locais ("Spots") em todo o mundo, a dinâmica do vento na região de Bonito é muito diversa e com porcentuais significativamente assemelhados. Este aplicativo também é muito utilizado sobretudo por praticantes de esportes que dependem diretamente do vento (kitesurfistas, windsurfistas, surfistas, velejadores e praticantes de parapente) por oferecer recursos extras sobre o vento (velocidade, direção, rajadas), temperatura, pressão atmosférica e precipitação, assim como mapas animados e alertas personalizados.

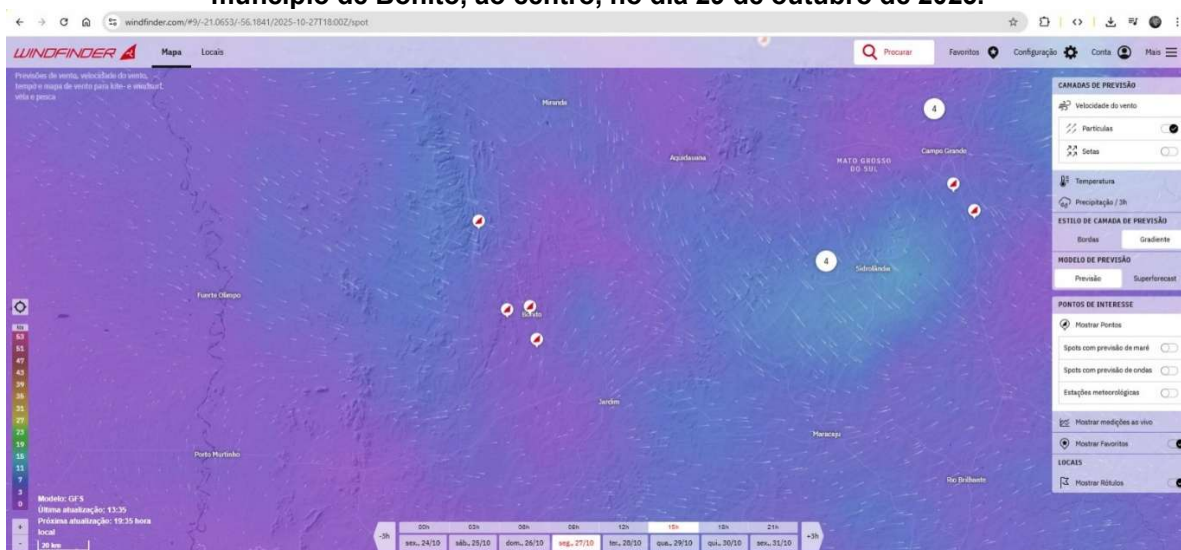
A seguir, estão apresentadas duas imagens, figuras 23 e 24, com mapas em visualização global das condições do vento na região abaixo da Linha do Equador. A primeira, Figura 23, com destaque para a América Latina e a segunda, Figura 24, para o município de Bonito no dia 27 de outubro de 2025, às 15:00 horas.

Figura 23 - Mapa com direção do vento em diversas regiões do mundo com destaque para a América Latina, ao centro, no dia 29 de outubro de 2025.



Fonte: Windfinder (2025).

Figura 24 - Mapa com direção do vento na região central do Brasil, com destaque para o município de Bonito, ao centro, no dia 29 de outubro de 2025.



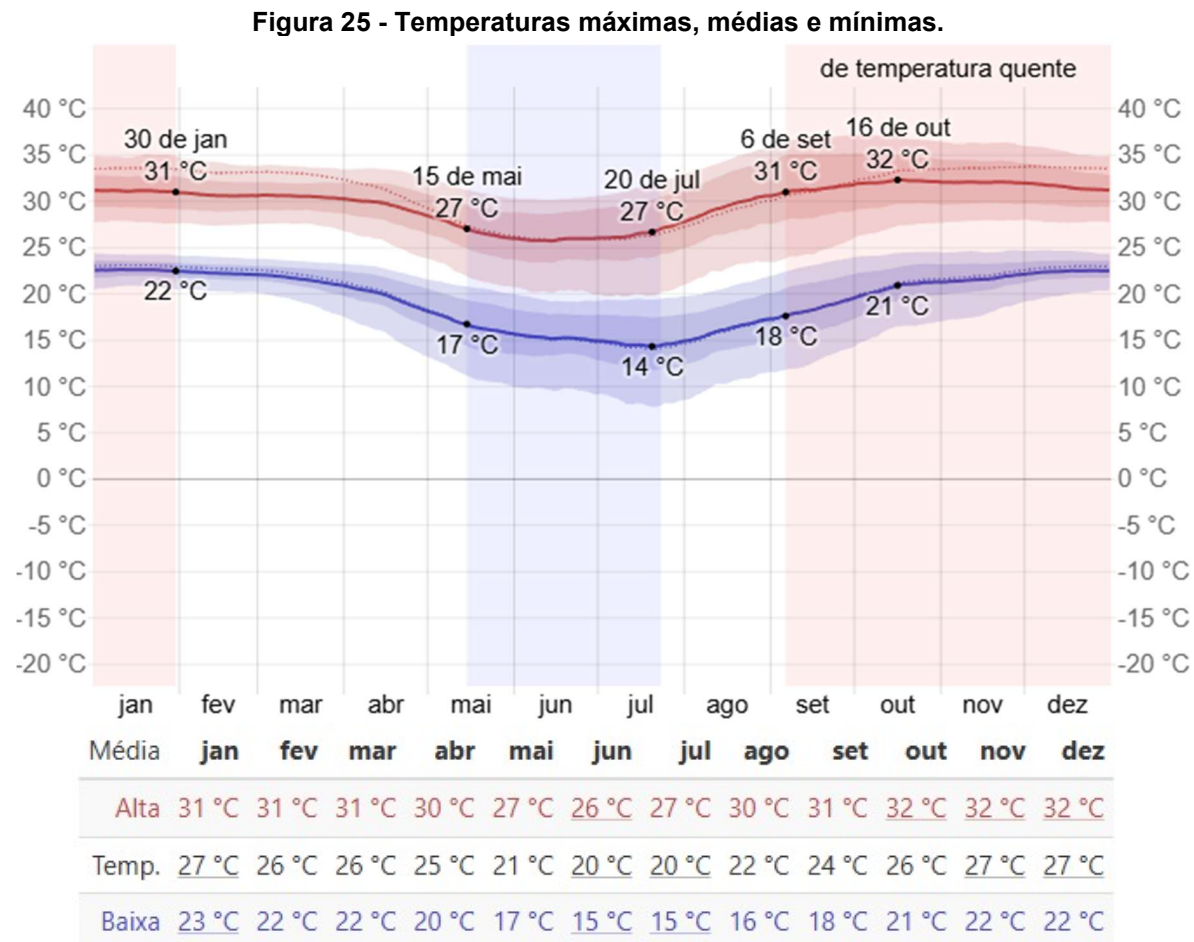
Fonte: Windfinder (2025).

2.14. TEMPERATURA

2.14.1. TEMPERATURAS DIÁRIAS E MENSAIS

A estação quente permanece por 4,8 meses, de 6 de setembro a 30 de janeiro, com temperatura máxima média diária acima de 31°C. O mês mais quente do ano em Bonito é dezembro, com a máxima de 32°C e mínima de 22°C, em média, vide Erro! Fonte de referência não encontrada..

A estação fresca permanece por 2,3 meses, de 15 de maio a 23 de julho, com temperatura máxima diária em média abaixo de 27°C. O mês mais frio do ano em Bonito é julho, com a mínima de 15°C e máxima de 27°C, em média.



Descrição:

Temperatura máxima (linha vermelha) e mínima (linha azul) médias, com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil. As linhas finas pontilhadas são as temperaturas médias percebidas correspondentes.

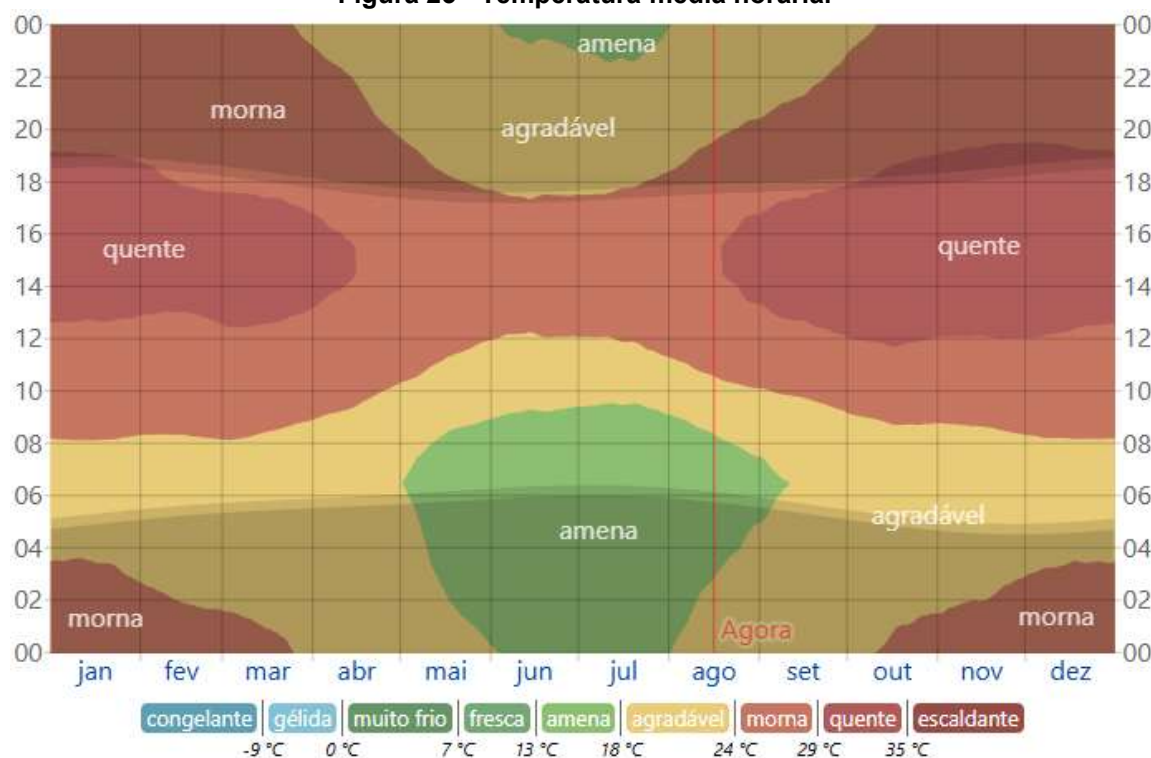
Fonte: Weather Spark (2025).

2.14.2. TEMPERATURA MÉDIA HORÁRIA

O **crepúsculo civil matutino** começa quando o centro do sol está a 6 graus abaixo do horizonte, antes do nascer do sol, segundo o *National Weather Service*. Visibilidade: Durante o crepúsculo civil, o horizonte está bem definido e estrelas e planetas mais brilhantes são visíveis. Luz artificial: Em muitos casos, a iluminação artificial ainda não é necessária durante o crepúsculo civil matutino. Término: O crepúsculo civil matutino termina com o nascer do sol. Outros nomes: Também pode ser chamado de alvorada ou amanhecer. O **crepúsculo civil vespertino** começa ao pôr do sol e termina quando o centro do sol atinge 6 graus abaixo do horizonte. Visibilidade: Nesse período, o céu ainda está iluminado, mas a luz natural começa a diminuir, permitindo a visualização de algumas estrelas e planetas mais brilhantes.

A Figura 25 apresenta a distribuição horária de temperatura média, codificada em faixas coloridas. O crepúsculo civil e a noite são indicados pelas áreas sombreadas.

Figura 23 - Temperatura média horária.



Fonte: Weather Spark (2025).

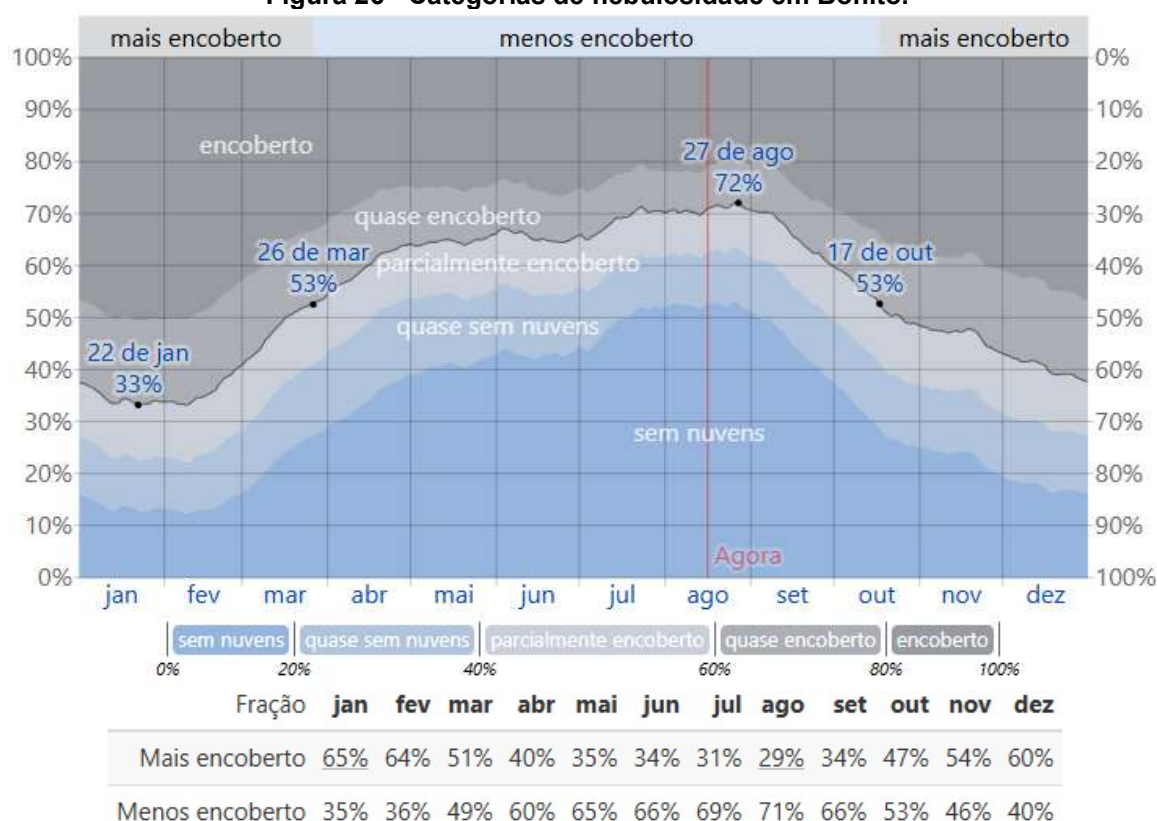
2.15. NEBULOSIDADE

A porcentagem média de céu encoberto por nuvens sofre significativa variação sazonal ao longo do ano.

A época menos encoberta do ano em Bonito começa por volta de 26 de março e dura 6,7 meses, terminando em torno de 17 de outubro. O mês menos encoberto do ano em Bonito é agosto, durante o qual, em média, o céu está sem nuvens, quase sem nuvens ou parcialmente encoberto 71% do tempo.

A época mais encoberta do ano começa por volta de 17 de outubro e dura 5,3 meses, terminando em torno de 26 de março. O mês mais encoberto do ano em Bonito é janeiro, durante o qual, em média, o céu está encoberto ou quase encoberto 65% do tempo, vide Figura 26

Figura 26 - Categorias de nebulosidade em Bonito.



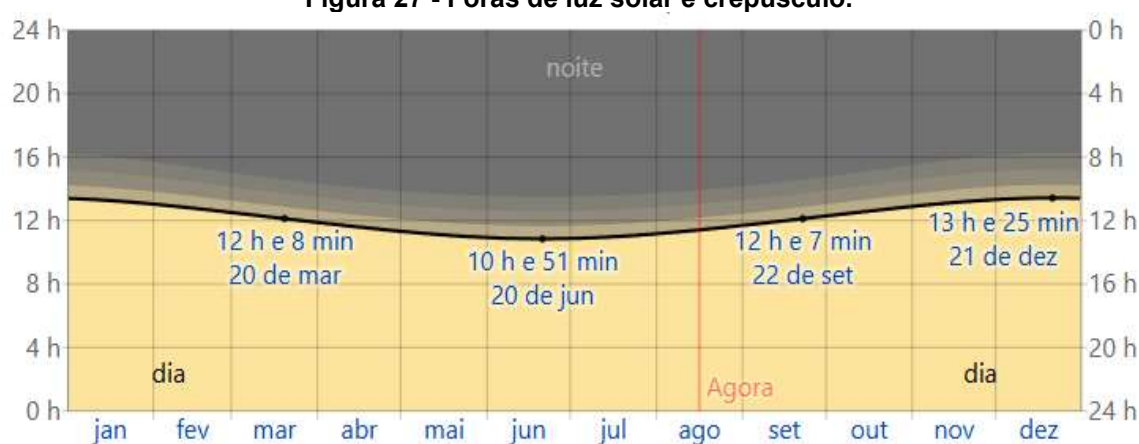
Fonte: Weather Spark (2025).

2.16. HORAS DE LUZ SOLAR E CREPÚSCULO

A duração do dia em Bonito varia ao longo do ano. Em 2025, o dia mais curto é 20 de junho, com 10 horas e 51 minutos de luz solar. O dia mais longo é 21 de dezembro, com 13 horas e 25 minutos de luz solar.

A mostra Número de horas em que o sol é visível (linha preta). De baixo (mais amarelo) para cima (mais cinza), as faixas coloridas indicam: luz solar total, crepúsculo (civil, náutico e astronômico) e noite total. Conforme visto na Figura 27

Figura 27 - Horas de luz solar e crepúsculo.



Descrição:

Número de horas em que o sol é visível (linha preta). De baixo (mais amarelo) para cima (mais cinza), as faixas coloridas indicam: luz solar total, crepúsculo (civil, náutico e astronômico) e noite total

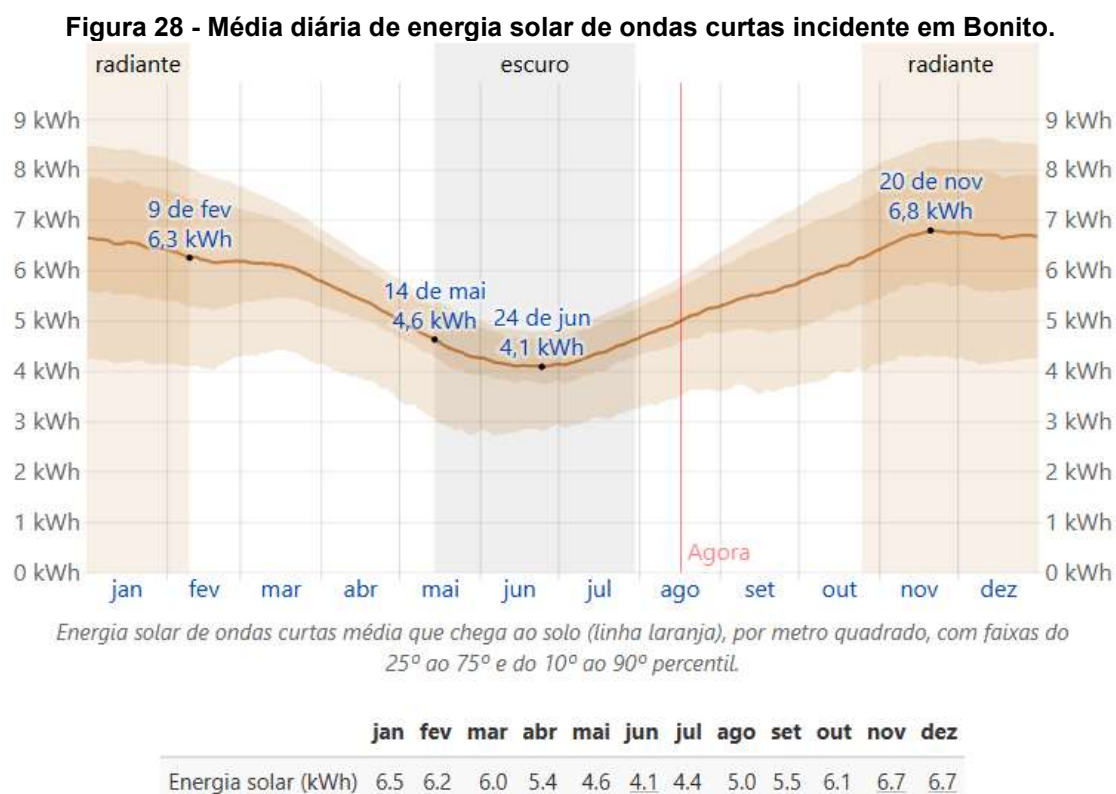
Fonte: Weather Spark (2025).

2.17. ENERGIA SOLAR DE ONDAS CURTAS

A energia solar de ondas curtas incidente diária média passa por variações sazonais *moderadas* ao longo do ano.

O período *mais radiante* do ano dura 3,5 meses, de 25 de outubro a 9 de fevereiro, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado acima de 6,3 kWh. O mês *mais radiante* do ano em Bonito é *dezembro*, com média de 6,7 kWh.

O período *mais escuro* do ano dura 2,5 meses, de 14 de maio a 30 de julho, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado abaixo de 4,6 kWh. O mês *mais escuro* do ano em Bonito é junho, com média de 4,1 kWh, vide Figura 28.



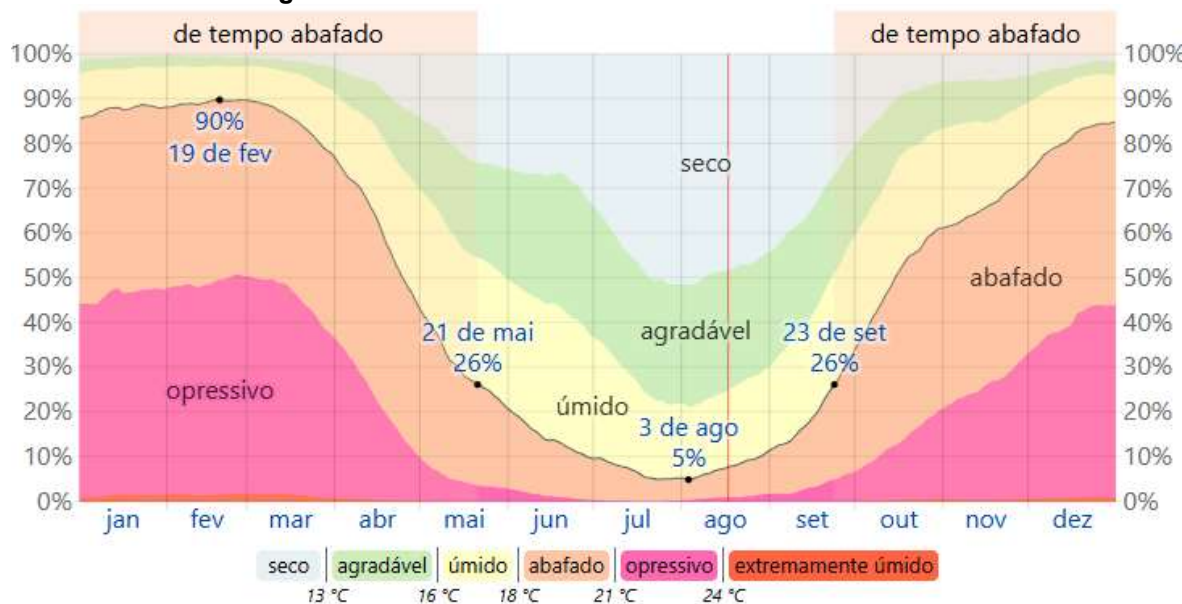
Fonte: Weather Spark (2025).

Esses diferentes bancos de dados e sistemas de observação são fundamentais para garantir uma análise ambiental precisa e atualizada, permitindo identificar padrões climáticos locais e globais, avaliar tendências e antecipar possíveis mudanças no clima. A compreensão da disponibilidade energética solar e de suas oscilações sazonais é essencial não apenas para estudos meteorológicos, mas também para o planejamento da agricultura, do uso do solo e da gestão hídrica regional. Em Bonito, como em grande parte do Brasil, as variações anuais de radiação e precipitação são influenciadas por múltiplos fatores atmosféricos que se entrelaçam à geografia e ao uso do solo, criando um mosaico climático dinâmico cuja análise se desdobra em diferentes escalas e aplicações.

2.18. UMIDADE

Baseou-se o nível de conforto de umidade no ponto de orvalho, pois ele determina se a transpiração vai evaporar da pele e, conseqüentemente, esfriar o corpo. Pontos de orvalho mais baixos provocam uma sensação de mais secura. Pontos de orvalho mais altos provocam uma sensação de maior umidade. Diferente da temperatura, que em geral varia significativamente do dia para a noite, o ponto de orvalho tende a mudar mais lentamente. Assim, enquanto a temperatura pode cair à noite, um dia abafado normalmente é seguido por uma noite abafada. Bonito tem variação sazonal extrema na sensação de umidade, vide Figura 29.

Figura 29 - Níveis de conforto em umidade em Bonito.



A porcentagem de tempo passado nos vários níveis de conforto de umidade, categorizada pelo ponto de orvalho.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Dias abafados	27,1 dias	25,0 dias	26,2 dias	18,1 dias	9,1 dias	4,1 dias	2,0 dias	2,4 dias	6,2 dias	15,7 dias	19,9 dias	25,2 dias

Fonte: Weather Spark (2025).

O período mais abafado do ano dura 7,9 meses, de 23 de setembro a 21 de maio, no qual o nível de conforto é abafado, opressivo ou extremamente úmido pelo menos em 26% do tempo. O mês com mais dias abafados em Bonito é janeiro, com 27,1 dias abafados ou pior. O mês com menos dias abafados em Bonito é julho, com 2,0 dias abafados ou pior.

2.19. FONTES DE DADOS

A utilização de dados do site *Weather Spark* (2025) neste relatório justifica-se pela sua abrangência temporal, consistência metodológica e base científica internacionalmente reconhecida, que o tornam uma fonte complementar adequada para a análise climática e meteorológica de Bonito (MS).

A página eletrônica *Weather Spark* reúne, integra e processa informações provenientes de sistemas oficiais e consolidados de monitoramento atmosférico, empregando métodos de alta precisão e validação científica. Todos os dados relativos à posição do sol (como horários de nascente e poente, duração do dia e trajetória solar) são calculados a partir das fórmulas astronômicas publicadas no livro *Astronomical Algorithms* (MEEUS, 1998), uma das principais referências mundiais em cálculos de efemérides e posicionamento solar.

Os dados meteorológicos, que incluem parâmetros de nebulosidade, precipitação, temperatura, velocidade e direção dos ventos e fluxo solar, derivam do conjunto de dados MERRA-2 (*Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2*), desenvolvido pela NASA. O MERRA-2 é uma reanálise global de longo prazo que fornece registros contínuos desde 1980, incorporando observações modernas de radiação hiperspectral⁴, micro-ondas⁵, *GPS-Radio Occultation*⁶ e perfis de ozônio⁷. A base utiliza o modelo GEOS e o sistema de assimilação GSI, ambos reconhecidos pela comunidade científica internacional. Essa metodologia

⁴ Radiância hiperspectral: conjunto de medições da energia eletromagnética emitida ou refletida pela superfície terrestre em centenas de faixas espectrais contínuas e muito estreitas, utilizadas em satélites de observação para identificar propriedades atmosféricas e características da superfície com alta precisão.

⁵ Micro-ondas: faixa do espectro eletromagnético utilizada em sensoriamento remoto para estimar variáveis atmosféricas e de superfície (como precipitação e umidade do solo), mesmo sob condições de nuvens ou ausência de luz solar.

⁶ *GPS-Radio Occultation*: trata-se de uma técnica de observação atmosférica por satélite, usada para medir temperatura, pressão e umidade da atmosfera da Terra.

⁷ Perfis de ozônio: medições verticais da concentração de ozônio na atmosfera, obtidas por sensores orbitais e essenciais para análises climáticas, modelagem da radiação solar e estudos sobre a camada de ozônio.

garante coerência espacial e temporal, com resolução aproximada de 50 km, o que permite análises confiáveis em escala regional.

Complementarmente, os dados de uso e cobertura do solo são obtidos do banco global SHARE⁸ (*System for Harmonized Land Use Classification*), desenvolvido pela FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), enquanto os dados altimétricos têm origem na Missão Topográfica do Radar Shuttle (SRTM), conduzida pelo Laboratório de Propulsão a Jato da NASA.

Os mapas de base utilizados na plataforma são provenientes do *OpenStreetMap*⁹, sob licença aberta, assegurando transparência e rastreabilidade das fontes cartográficas.

Dessa forma, a adoção do *Weather Spark* como fonte de apoio fundamenta-se na credibilidade dos bancos de dados integrados (NASA, FAO, *OpenStreetMap*) e no uso de modelos astronômicos e meteorológicos amplamente aceitos na literatura científica internacional. A plataforma foi utilizada apenas como fonte complementar, com finalidade de ilustração e comparação de padrões climáticos e de radiação solar, não substituindo as fontes oficiais brasileiras (INMET, ANA, IBGE, IMASUL e outras).

⁸ SHARE (*System for Harmonized Land Use Classification*): banco de dados global da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) que fornece informações padronizadas sobre uso e cobertura do solo em escala mundial.

⁹ *OpenStreetMap*: plataforma colaborativa internacional de mapeamento geográfico, que disponibiliza gratuitamente dados vetoriais e cartográficos sob licença aberta, amplamente utilizada como base para mapas digitais e análises territoriais.

3. RECURSOS HÍDRICOS

3.1. POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS

O Estado de Mato Grosso do Sul instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos mediante a Lei nº 2.406 de 29 de janeiro de 2002, seguindo os mesmos princípios e diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Dentre os aspectos mais relevantes desses princípios, ressalta-se o conceito de que a água é um recurso natural limitado dotado de valor econômico e se constitui um bem de domínio público que deve sempre proporcionar o seu uso múltiplo.

Neste contexto, a bacia hidrográfica passa a ser o objeto de unidade físico-territorial de implementação da Política Estadual dos Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. O Conselho Estadual de Recursos Hídricos é o órgão de instância superior desse Sistema, regulamentado pelo Decreto nº 11.621 de 1º de junho de 2004 e reorganizado pelo Decreto nº 12.366, de 5 de julho de 2007, de caráter normativo, deliberativo e consultivo. A composição deste Conselho assegura a participação paritária dentre membros do poder público, representantes de organizações civis e de usuários dos recursos hídricos.

Compete ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos a responsabilidade de aprovar o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul. Para tanto, foram criadas as Câmaras Técnicas Permanentes de Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos e de Assuntos Legais e Institucionais, com atribuição de apoiar a implementação dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul, PERH-MS, foi aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, por meio da Resolução CERH-MS nº 011 de 5 de novembro de 2009, publicado no Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul nº 7.598 de 7 de novembro de 2009. Este instrumento visa

orientar o planejamento e a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos.

3.2. BALANÇO HÍDRICO

Dentro do escopo do PERH-MS (2010) foi desenvolvido o balanço hídrico da totalidade das bacias hidrográficas do MS. Para tal utilizaram o banco de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas, a fim de obter as séries históricas de vazões medidas, formando um banco de dados para Mato Grosso do Sul. Foram obtidos apenas os dados consistidos. Foram selecionados os postos com mais de 15 anos de dados consistidos. Muitos destes postos apresentavam falhas, principalmente na década de 80, diminuindo assim a quantidade de anos em cada posto. Mesmo assim, foram determinadas as vazões médias, máximas e mínimas para os postos previamente selecionados.

As Tabela 3

UPG	Código	Período de dados	Q (mín)	Q (máx)	Q (méd)
Região Hidrográfica do Paraguai					
Miranda	66900000	10/1969 - 10/2004	18,40	650,00	79,40
	66910000	10/1965 - 03/2003	23,30	364,00	87,60
	66920000	10/1968 - 09/1988	25,40	125,00	74,00
	66941000	04/1965 - 10/2004	35,80	386,00	88,00
	66945000	01/1968 - 10/2004	43,10	482,00	116,00
	66950000	11/1968 - 04/2005	49,10	150,00	99,70

e

Tabela 4, apresentam os postos utilizados em cada UPG. No presente estudo, foram extraídos os dados da UGP Miranda, que apresentam apenas as vazões máximas apresentaram maiores variações nos meses de janeiro e dezembro, entre, aproximadamente, 100m³/s (posto 66920000) a 400m³/s (posto 66900000). As maiores vazões ocorrem em dezembro, janeiro e fevereiro, atingindo 650m³/s e os menores valores ocorrem entre setembro e outubro, chegando a 18,5m³/s.

Tabela 3 - Postos fluviométricos utilizados para o cálculo das vazões (m³/s) máximas, médias e mínimas na Região Hidrográfica do Paraná e do Paraguai em Mato Grosso do Sul.

UPG	Código	Período de dados	Q (mín)	Q (máx)	Q (méd)
Região Hidrográfica do Paraguai					
Miranda	66900000	10/1969 - 10/2004	18,40	650,00	79,40
	66910000	10/1965 - 03/2003	23,30	364,00	87,60
	66920000	10/1968 - 09/1988	25,40	125,00	74,00
	66941000	04/1965 - 10/2004	35,80	386,00	88,00
	66945000	01/1968 - 10/2004	43,10	482,00	116,00
	66950000	11/1968 - 04/2005	49,10	150,00	99,70

Fonte: ANA Hidroweb, baseado em PERH-MS (2010).

Descrição:

Q (mín.): média das vazões mínimas;

Q(máx.): média das vazões máximas;

Q(méd.): média das vazões médias ou vazão de longo período

Tabela 4 - Vazões de estiagem nos postos fluviométricos das Unidades de Planejamento e Gerenciamento de Mato Grosso do Sul. Fonte: PERH-MS (2010).

UPG	Código	A (km ²)	N	Q7,10 (m ³ /s)	Q95 (m ³ /s)	q7,10 (L/s/km ²)	q95 (L/s/km ²)
Miranda	66920000	19.150	12	17,140	24,300	0,895	1,269
	66950000	17.349	24	29,530	35,500	1,702	2,046
	66941000	11.200	27	20,758	21,900	1,853	1,955
	66900000	11.820	28	11,295	12,000	0,956	1,015
	66945000	15.200	28	26,140	28,800	1,720	1,895
	66910000	15.460	30	13,131	14,900	0,849	0,964

Fonte: ANA Hidroweb, baseado em PERH-MS (2010).

Descrição:A: Área de Drenagem (km²) do posto fluviométrico;

Q7,10: vazão com 7 dias de permanência e 10 anos de retorno;

q7,10: vazão específica com 7 dias de permanência e 10 anos de retorno;

Q95: Vazão com 95% de permanência;

q95: vazão específica com 95% de permanência;

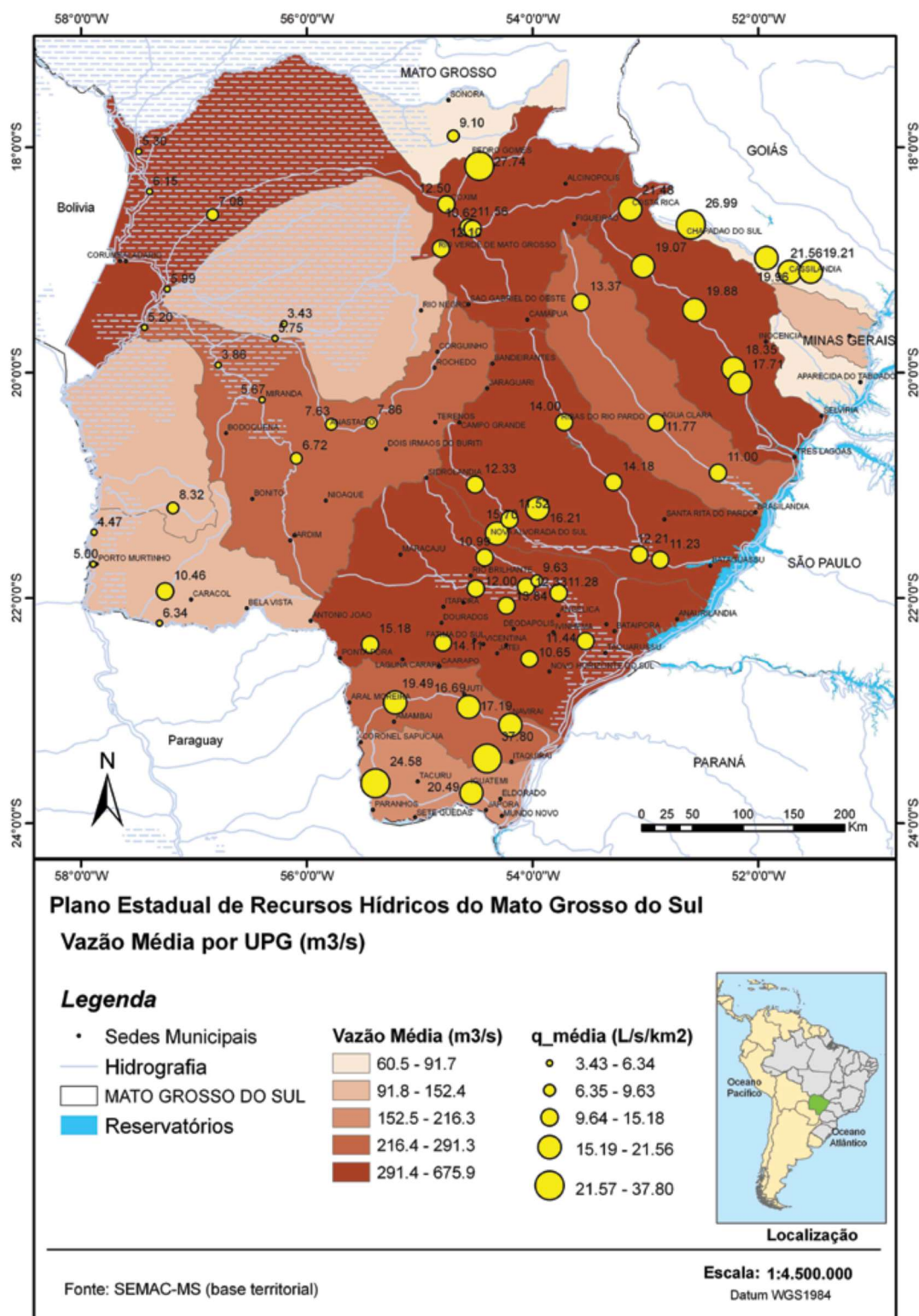
N: número de anos usados no cálculo das vazões

Para a determinação da vazão $Q_{7,10}$ foi ajustado um modelo probabilístico: Log-Normal. Para o cálculo da vazão com 95% de garantia determinou-se, para cada posto, a curva de permanência de vazões, obtendo assim a vazão correspondente à permanência de 95% do tempo. Foram determinadas as vazões de estiagem para cada unidade de planejamento considerando a média das vazões específicas $q_{7,10}$ e q_{95} dos postos fluviométricos existentes nestas unidades.

As ilustrações da Figura 30, Figura 31 e Figura 32 são apresentadas concomitantemente, demonstrando a distribuição das vazões médias, específicas (95% de garantia) e específicas $Q_{7,10}$ nas Unidades de Planejamento e Gerenciamento de Mato Grosso do Sul, com base em dados do PERH-MS (2010) e

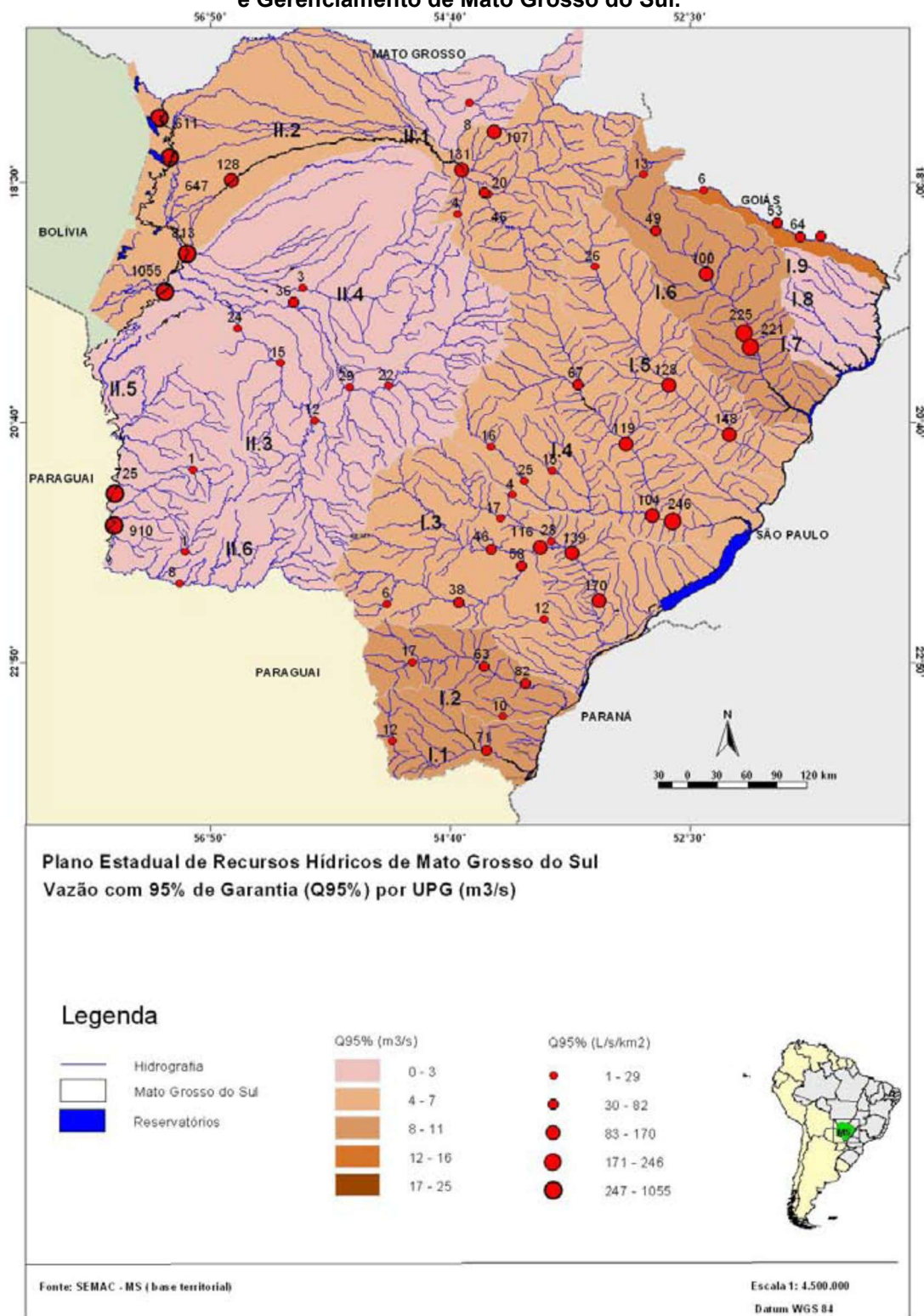
da SEMAC-MS. Juntas, evidenciam a disponibilidade e variabilidade hídrica no território estadual.

Figura 30 - Vazão média nas Unidades de Planejamento e Gerenciamento de MS.



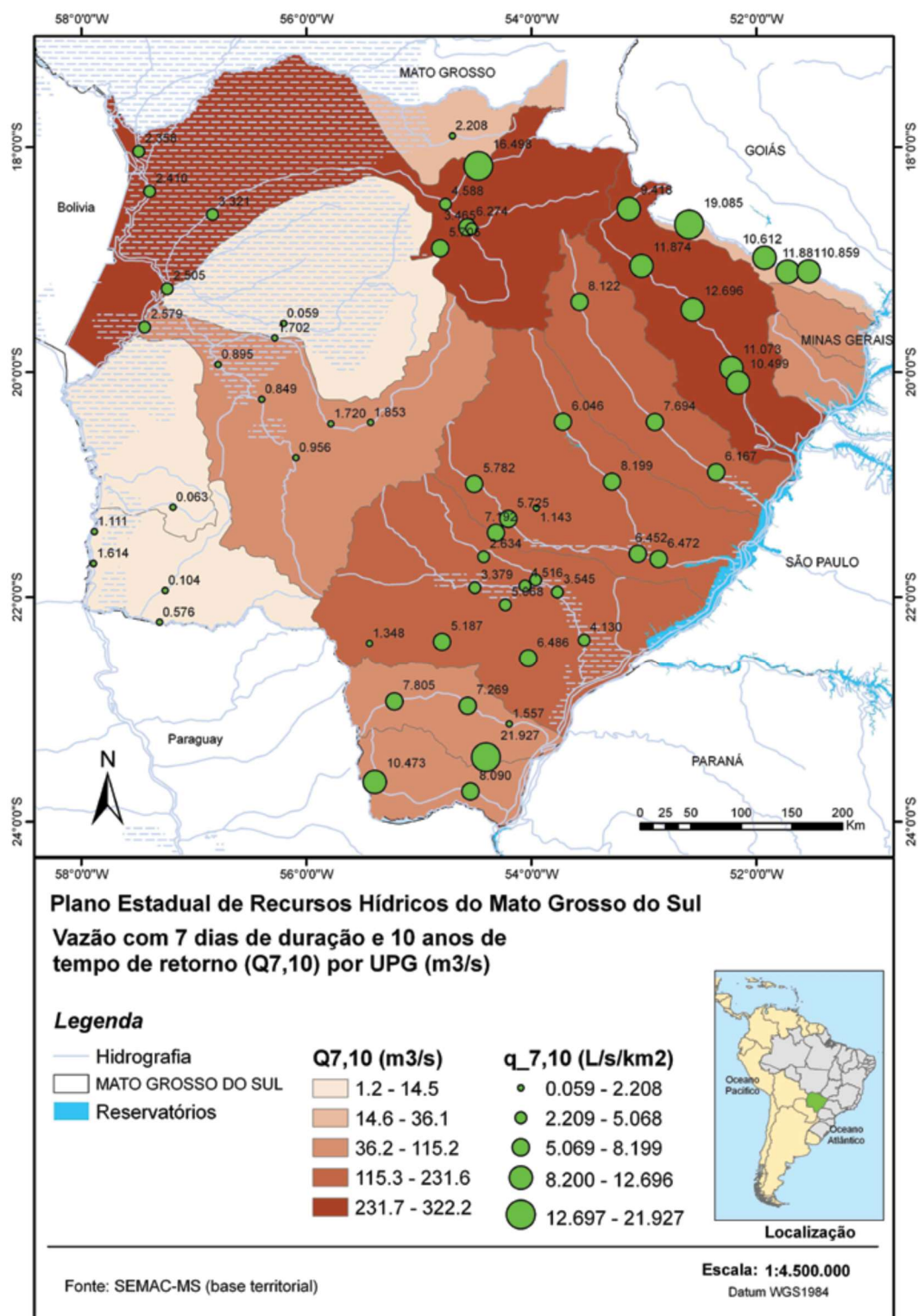
Fonte da base territorial: SEMAC-MS. Fonte: ANA Hidroweb, baseado em PERH-MS (2010).

Figura 31 - Vazões específicas (L/s/km²) com 95% de garantia nas Unidades de Planejamento e Gerenciamento de Mato Grosso do Sul.



Fonte da base territorial: SEMAC-MS. Fonte: ANA Hidroweb, baseado em PERH-MS (2010).

Figura 32 - Vazões específicas (L/s/km²) q_{7,10} nas Unidades de Planejamento e Gerenciamento de Mato Grosso do Sul.



Fonte da base territorial: SEMAC-MS. Fonte: ANA Hidroweb, baseado em PERH-MS (2010).

3.3. REGIME DE CHUVAS

A dinâmica das chuvas é fundamental para a agricultura, o abastecimento de água, a geração de energia hidrelétrica e a manutenção dos ecossistemas. Compreender os padrões de chuva e seus fatores influenciadores é essencial para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, a mitigação de desastres naturais e a adaptação às mudanças climáticas.

3.3.1. FATORES QUE INFLUENCIAM AS CHUVAS NO BRASIL:

- **Extensão continental:** O Brasil, por ser um país de dimensões continentais, apresenta uma grande diversidade climática, com variações significativas nas chuvas de norte a sul e de leste a oeste.
- **Massas de ar:** As massas de ar, como a Massa Equatorial Continental (mEC), Massa Tropical Atlântica (mTa) e Massa Polar Atlântica (mPa), exercem influência sobre as temperaturas e os níveis de precipitação.
- **Amazônia:** A floresta amazônica desempenha um papel importante na dinâmica das chuvas, atuando como um grande reservatório de umidade e influenciando os padrões de precipitação em outras regiões.
- **Relevo:** Regiões montanhosas costumam receber mais chuvas devido à sua topografia.
- **Correntes marinhas:** As correntes marinhas, como a Corrente do Brasil, podem influenciar a umidade e a temperatura do ar, afetando os padrões de chuva.

3.3.2. FATORES QUE CAUSAM IRREGULARIDADES NAS CHUVAS:

- **El Niño e La Niña:** Eventos climáticos como El Niño e La Niña podem causar alterações nos padrões de chuva em diversas regiões do Brasil, com impactos como secas prolongadas ou chuvas excessivas.

- **Dipolo do Atlântico Sul:** A fase positiva do Dipolo do Atlântico Sul pode aumentar as chances de secas no Nordeste e chuvas intensas no Sul do Brasil.
- **Mudanças climáticas:** As mudanças climáticas podem intensificar eventos extremos de chuva, como inundações e secas, afetando a dinâmica hídrica do país.

3.3.3. REGIÕES COM DIFERENTES DINÂMICAS DE CHUVA:

No norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. No Nordeste a estação chuvosa, com baixos índices pluviométricos, restringe-se a poucos meses, caracterizando um clima semiárido. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas. O sul do Brasil, devido à sua localização latitudinal, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante o ano.

A Figura 33 apresenta a climatologia anual da precipitação sobre o Brasil. A variação sazonal é mostrada na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Figura 33 - Climatologia de precipitação acumulada no ano (mm) realizada durante o período de 1961 a 1990.

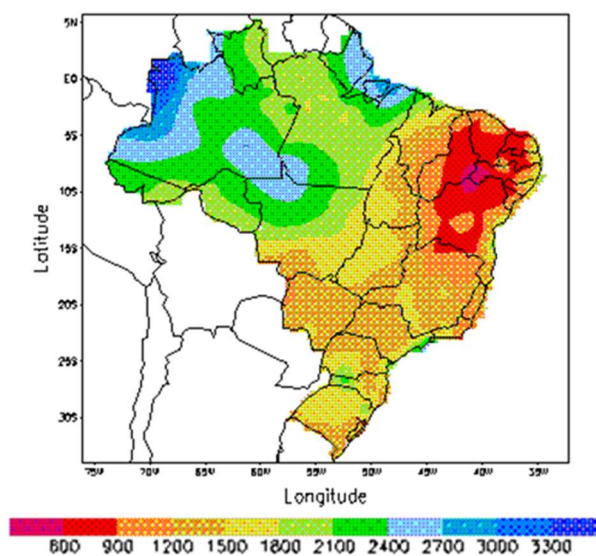
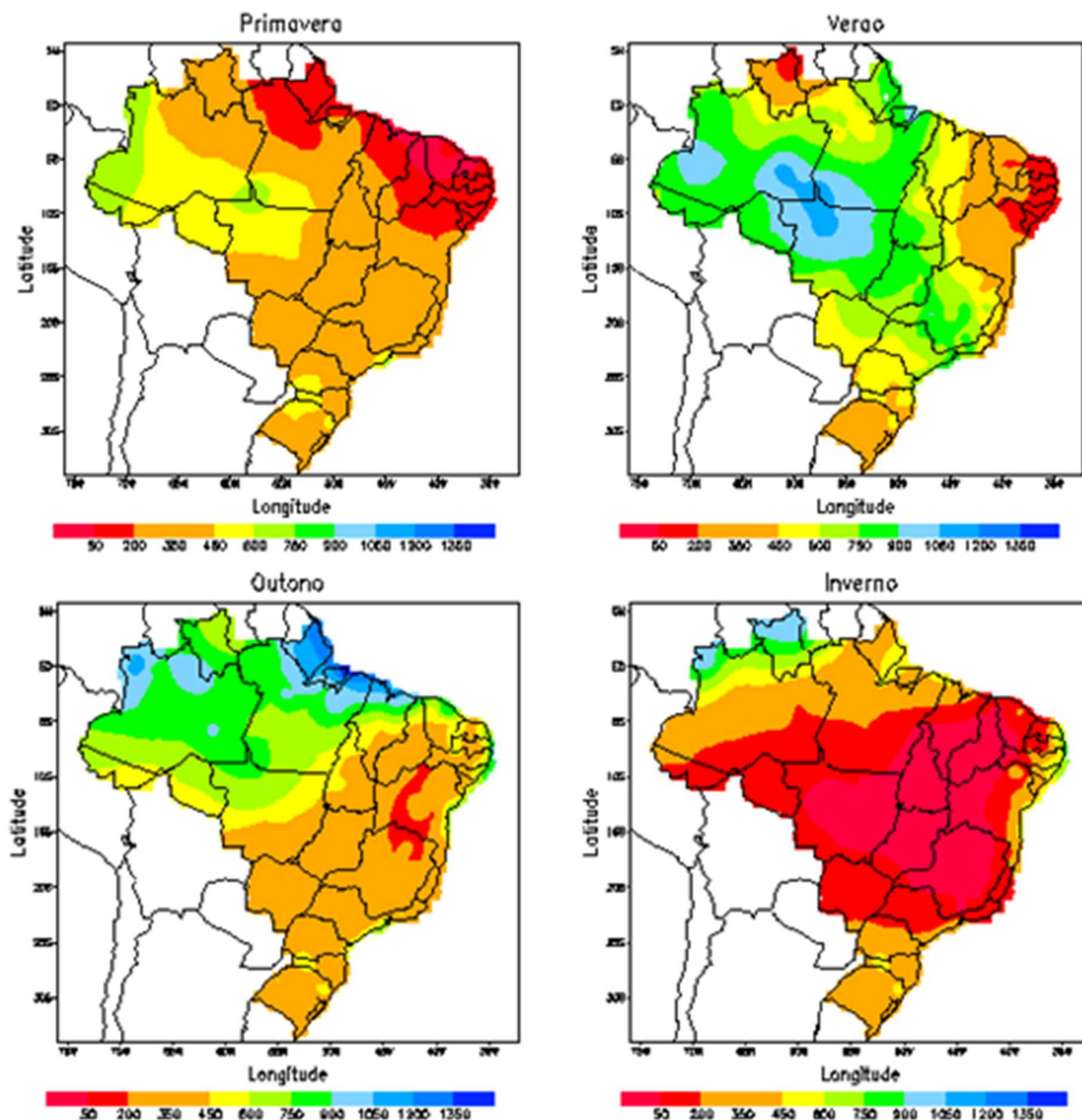


Figura 34 - Climatologia de precipitação acumulada no Brasil para as quatro estações do ano: verão; primavera; inverno; outono, realizada durante o período de 1961 a 1990.



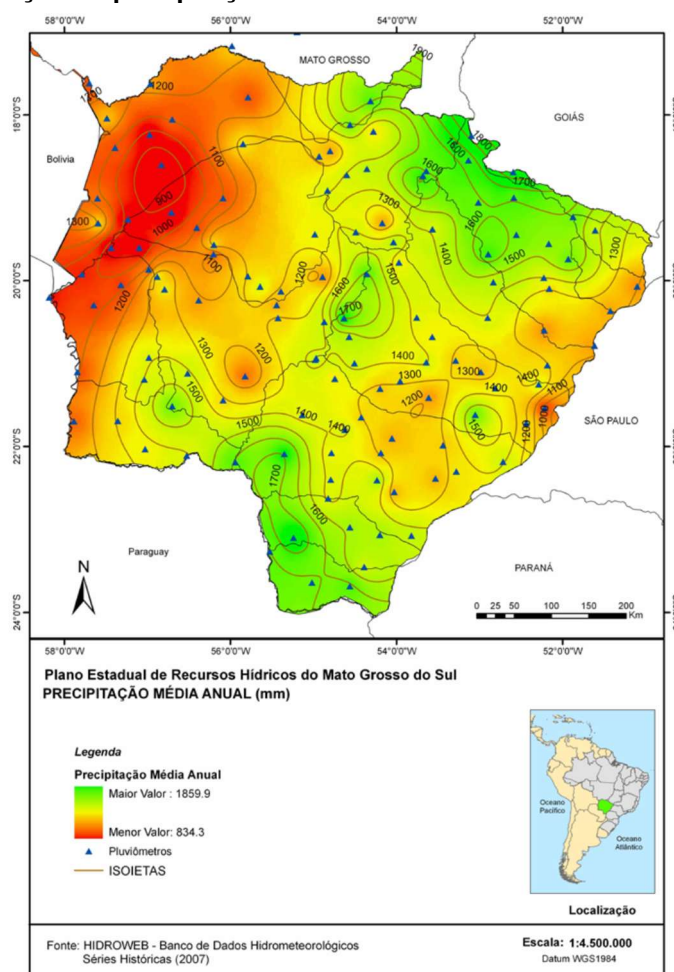
Fonte: ANA Hidroweb, baseado em PERH-MS (2010).

3.4. VARIABILIDADE DAS PRECIPITAÇÕES

As normais climatológicas são referências básicas para todas as atividades que envolvem variáveis atmosféricas e possuem inúmeras aplicações, pois são fundamentais para a descrição do clima e sua variabilidade. O Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) e o Serviço Geológico do Brasil (SGB) são órgãos que podem fornecer informações e mapas de isoietas do Brasil. O projeto Atlas Pluviométrico reuniu e organizou dados sobre chuvas na Rede Hidrometeorológica Nacional.

A apresenta a variação da precipitação anual média no Estado, PERH-MS (2010). Os maiores valores anuais ocorrem nas sub-bacias do Sucuriú, Amambai, Iguatemi e nas nascentes do rio Pardo e do rio

Figura 35 - Variação da precipitação anual média no Estado de Mato Grosso do Sul.

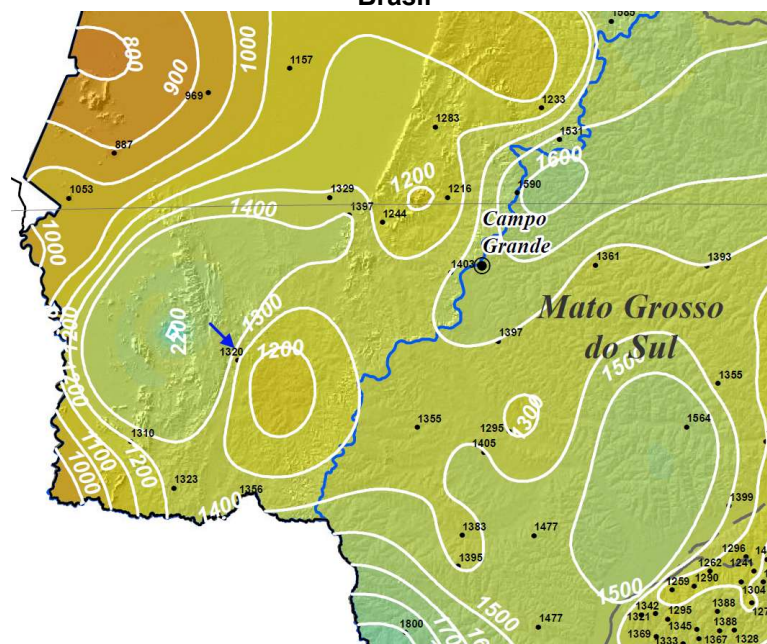


Fonte: ANA Hidroweb, baseado em PERH-MS (2010).

Ivinhema, enquanto os menores valores ocorrem na sub-bacia do Taquari, Miranda e Negro, região do Pantanal. Os períodos menos chuvosos ocorrem entre abril e setembro, variando entre 20 mm e 100 mm, enquanto o período mais chuvoso ocorre entre outubro e março, com precipitações variando de 100 mm a 300 mm.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** exibe uma captura parcial do mapa de isoietas anuais médias do Brasil, abrangendo parte do estado de Mato Grosso do Sul no período de 1977 a 2006. Elaborado pelo Ministério de Minas e Energia sob o escopo do Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil, o mapa apresenta as distintas zonas de precipitação anual observadas no referido estado. Está apontado em **azul** a localização aproximada da cidade de Bonito.

Figura 36 - Recorte do mapa de isoietas, produzido pelo projeto Atlas pluviométrico do Brasil



Fontes: CPRM, MME, PAC2 (2011).

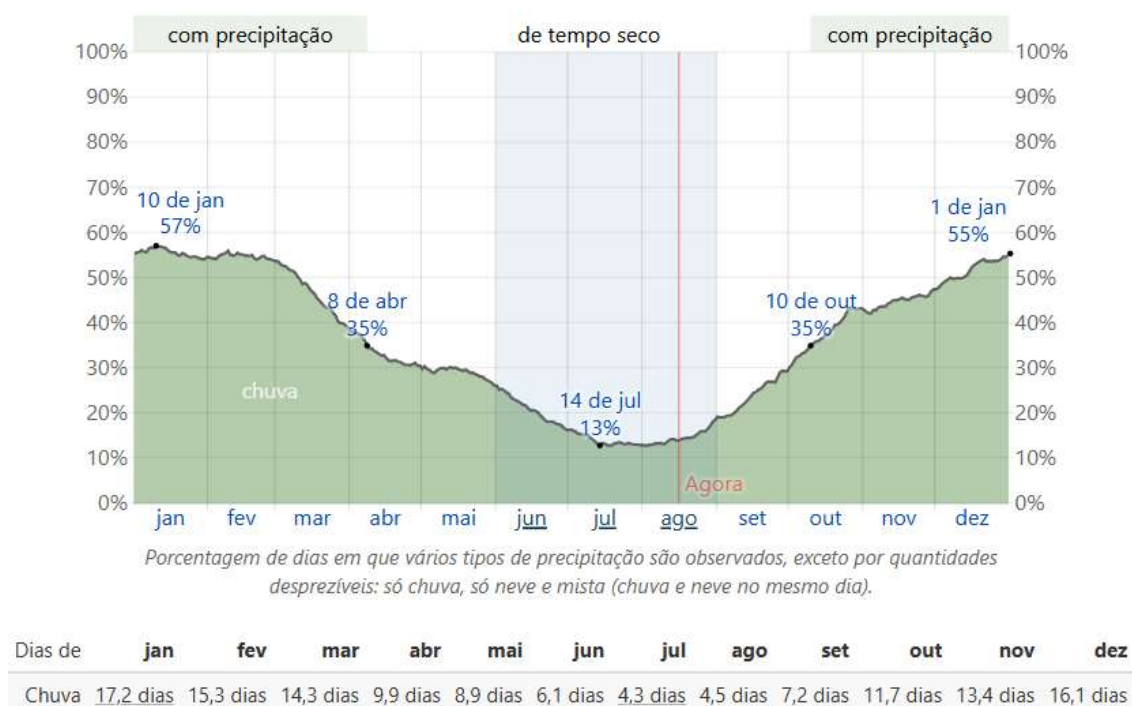
3.5. PROBABILIDADE DIÁRIA DE PRECIPITAÇÃO EM BONITO

De forma compacta são apresentados a seguir informações gerais sobre a probabilidade diária de precipitação e o padrão anual de precipitações.

A estação de maior precipitação dura 6,0 meses, de 10 de outubro a 8 de abril, com probabilidade acima de 35% de que um determinado dia tenha precipitação. O mês com maior número de dias com precipitação em Bonito é janeiro, com média de 17,2 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

A estação seca dura 6,0 meses, de 8 de abril a 10 de outubro. O mês com menor número de dias com precipitação em Bonito é julho, com média de 4,3 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação, vide.

Figura 37 - Probabilidade diária de precipitação.



Fonte: Weather Spark (2025).

3.6. CHUVA MENSAL MÉDIA EM BONITO

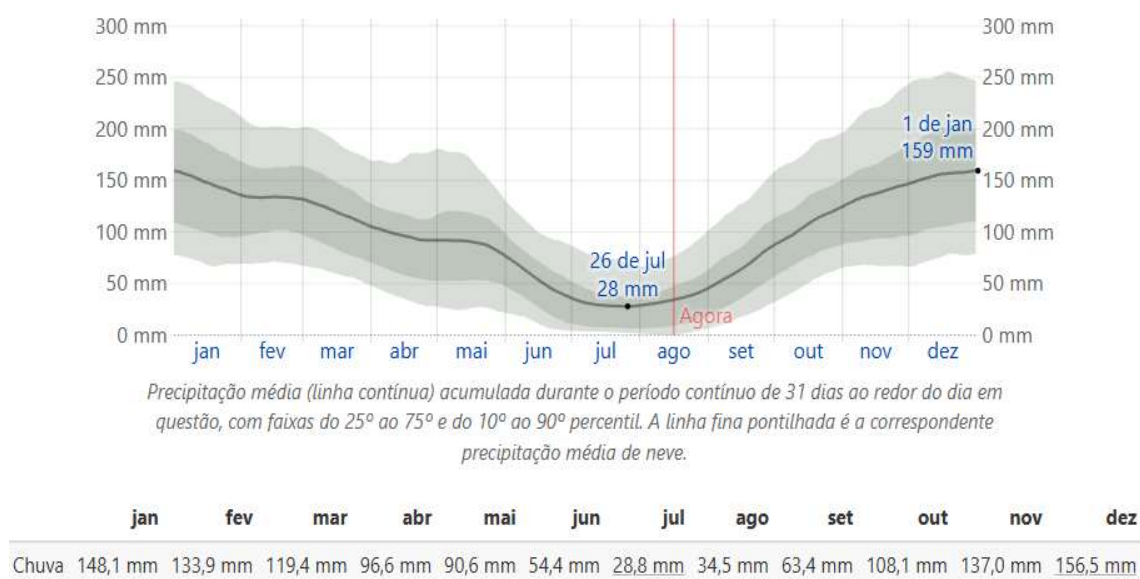
Em Bonito, janeiro apresenta a maior incidência de dias chuvosos, com uma média de 17,2 dias. A precipitação predominante ao longo do ano é a chuva, atingindo a máxima probabilidade de ocorrência, de 57%, em 10 de janeiro.

Para ilustrar a variação ao longo dos meses e não apenas os totais mensais, a precipitação acumulada de chuva é apresentada considerando períodos contínuos de 31 dias ao redor de cada dia do ano. Bonito apresenta grande variação sazonal na precipitação mensal de chuva.

Chove ao longo do ano inteiro em Bonito. O mês mais chuvoso em Bonito é dezembro, com média de 156 milímetros de precipitação de chuva.

O mês menos chuvoso em Bonito é julho, com média de 29 milímetros de precipitação de chuva, vide Erro! Fonte de referência não encontrada..

Figura 38 - Precipitação média mensal em Bonito



Fonte: Weather Spark (2025).

3.7. CHUVAS INTENSAS

Os dados de precipitação podem ser divididos em dois tipos principais: contínuos ou baseados em eventos. Os dados contínuos incluem períodos cronológicos de registros úmidos e secos de longo prazo, enquanto os dados baseados em eventos representam eventos individuais de tempestade. Uma única tempestade (dados baseados em eventos) pode ser dividida em tempestades derivadas sinteticamente ou eventos extraídos de dados históricos. Finalmente, um quarto tipo de dados de precipitação pode ser derivado de uma abordagem de modelagem probabilística, na qual os dados de precipitação são analisados para identificar relações entre um limite crítico de altura de chuva e a ocorrência de extravasamentos.

Em 2007 a Embrapa Agropecuária Oeste publicou o trabalho “Chuvas Intensas em Mato Grosso do Sul”¹⁰, cujo objetivo foi determinar as chuvas intensas para o Estado de Mato Grosso do Sul. Séries com os valores máximos anuais da precipitação de um dia de 106 postos pluviométricos, localizados em 54 municípios de Mato Grosso do Sul foram ajustadas à Distribuição de Gumbel. Os parâmetros da distribuição foram estimados pelo método de máxima verossimilhança. Houve ajuste de todas as séries de intensidade máxima anual à distribuição Gumbel, de acordo com o teste Kolmogorov-Smirnov. Através das distribuições ajustadas foram calculados os valores de precipitação máxima de um dia para períodos de retorno de 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 e 50 anos. Utilizando o método de desagregação de chuvas, estimou-se a precipitação máxima com duração de 5, 10, 15, 20, 25, 30 minutos e 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas. Foram confeccionados mapas de isolinhas com os dados de chuva intensa com duração de 5, 10, e 30 minutos e 1, 6 e 24 horas para períodos de retorno de 4, 10, 15 e 20 anos.

¹⁰ Fietz, Carlos Ricardo Chuvas intensas em Mato Grosso do Sul / Carlos Ricardo Fietz, Eder Comunello. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 86 p. ; 21 cm. (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X ; 90).

Nas Tabela 6 e Tabela 5 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão apresentados as medidas estatísticas e os valores de intensidade máxima anual de precipitação, para as diversas durações e períodos de retorno.

Tabela 5- Precipitação máxima em Água Clara (mm h), na estação Água Clara (2052002), para diferentes durações e períodos de retorno. Coordenadas Geográficas: 20°26'42" S, 52°54'05" W e 304 m de altitude.

N	Média (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	CV (%)	Alfa	Beta	D ⁽¹⁾	d ⁽²⁾
18	97,5	147,0	58,0	20,8	88,0011	18,1720	0,11	0,32
Duração	Período de retorno (anos)							
	2	3	4	5	10	15	20	50
5 min	136,8	150,9	159,9	166,6	186,3	197,5	205,2	229,7
10 min	108,7	119,9	127,0	132,3	148,0	156,8	163,0	182,4
15 min	93,9	103,6	109,8	114,3	127,9	135,5	140,9	157,6
20 min	81,5	89,9	95,3	99,2	111,0	117,6	122,2	136,8
25 min	73,3	80,8	85,6	89,2	99,7	105,7	109,9	123,0
30 min	67,1	74,0	78,4	81,7	91,3	96,8	100,6	112,6
1 h	45,3	50,0	53,0	55,2	61,7	65,4	68,0	76,1
6 h	12,9	14,3	15,1	15,8	17,6	18,7	19,4	21,7
8 h	10,5	11,6	12,3	12,8	14,3	15,2	15,8	17,7
10 h	8,8	9,8	10,3	10,8	12,0	12,8	13,3	14,9
12 h	7,6	8,4	8,9	9,3	10,4	11,0	11,5	12,8
24 h	4,5	5,0	5,3	5,5	6,1	6,5	6,7	7,5

⁽¹⁾ Valores de máxima divergência do Teste Kolmogorov-Smirnov.

⁽²⁾ Nível crítico em 5% de significância.

Fonte. EMBRAPA - Chuvas Intensas em Mato Grosso do Sul (2007). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/254989/chuvas-intensas-em-mato-grosso-do-sul>. Acesso em: 10 de set. 2025, 28 de abril de 2025.

Tabela 6 Precipitação máxima em Água Clara (mm h), na estação Fazenda Rio Verde (2052003), para diferentes durações e períodos de retorno. Coordenadas Geográficas: 20°01'00" S e 52°49'60" W.

N	Média (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	CV (%)	Alfa	Beta	D ⁽¹⁾	d ⁽²⁾
21	94,6	142,0	55,4	28,2	82,1343	21,6417	0,08	0,30
Duração	Período de retorno (anos)							
	2	3	4	5	10	15	20	50
5 min	130,2	147,0	157,7	165,7	189,1	202,4	211,7	240,8
10 min	103,4	116,7	125,2	131,6	150,2	160,7	168,1	191,2
15 min	89,4	100,9	108,2	113,7	129,8	138,9	145,3	165,3
20 min	77,5	87,5	93,9	98,7	112,6	120,5	126,1	143,4
25 min	69,7	78,7	84,4	88,7	101,2	108,3	113,3	128,9
30 min	63,8	72,0	77,3	81,2	92,7	99,2	103,8	118,0
1 h	43,1	48,7	52,2	54,9	62,6	67,0	70,1	79,8
6 h	12,3	13,9	14,9	15,7	17,9	19,2	20,0	22,8
8 h	10,0	11,3	12,1	12,7	14,5	15,6	16,3	18,5
10 h	8,4	9,5	10,2	10,7	12,2	13,1	13,7	15,6
12 h	7,3	8,2	8,8	9,3	10,6	11,3	11,8	13,5
24 h	4,3	4,8	5,2	5,4	6,2	6,6	7,0	7,9

⁽¹⁾ Valores de máxima divergência do Teste Kolmogorov-Smirnov.

⁽²⁾ Nível crítico em 5% de significância.

Fonte. EMBRAPA - Chuvas Intensas em Mato Grosso do Sul (2007). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/254989/chuvas-intensas-em-mato-grosso-do-sul>. Acesso em: 10 de set. 2025.

4. SÍNTESE

A caracterização do meio físico de um município envolve o estudo e a descrição de suas condições naturais, como relevo, clima, solo, hidrografia (rios e nascentes), vegetação e fauna, além de recursos como minerais. Essa análise é fundamental para o planejamento urbano, o uso sustentável dos recursos naturais e para entender a dinâmica do município, considerando a relação entre a área urbana e rural e as transformações causadas pela ação humana sobre o ambiente.

4.1. LOCALIZAÇÃO

Bonito está situada na região sudoeste do Mato Grosso do Sul, integrando a mesorregião de Corumbá, a região imediata de Jardim e a microrregião de Bodoquena. Historicamente, a pecuária foi a atividade econômica principal, enquanto o turismo se consolidou na década de 1990, impulsionado pelos recursos naturais e culturais únicos. O município possui área total de 5.373,016 km², densidade demográfica de 4,40 hab./km² e população de 23.659 habitantes. Fica a aproximadamente 297 km da capital Campo Grande e pertence à Bacia Hidrográfica do rio Paraguai, sub-bacia do rio Miranda, limitando-se com os municípios vizinhos e apresentando variações altimétricas relevantes.

4.2. TOPOGRAFIA

Bonito apresenta altitudes médias de 314 metros, com variações de até 184 metros nos arredores. As áreas próximas à cidade são cobertas principalmente por árvores, arbustos, pastagens e terra fértil, variando conforme a distância do centro.

4.3. REDE HIDROGRÁFICA

O município de Bonito – MS está inserido na porção sudoeste da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai, sub-bacia do Miranda e Aquidauana, sendo os principais cursos d'água o Rio Miranda, Rio Formoso e Rio da Prata. Os rios que nascem no município são Rio do Peixe, Formoso, Perdido e Sucuri.

A bacia do rio Formoso, situada entre a serra da Bodoquena e a serra de Maracaju, faz parte da sub-bacia do rio Miranda, abrangendo 1.324,67 km². Seus principais cursos d'água incluem rios e córregos que drenam o município, com destaque para o rio Formoso e suas nascentes localizadas na Serra da Bodoquena. O sistema de drenagem é detalhado em mapas elaborados pelo IBGE e outros órgãos.

4.4. GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

A área é composta por diversos grupos geológicos, incluindo as formações do Pré-cambriano Superior, Quaternário, Carbonífero e unidades locais como o Complexo Rio Apa, Formação Xaraiés, Formação Aquidauana, Formação Bocaina e Grupo Cuiabá. Cada formação ocupa porcentagens específicas do território, com diferentes tipos de rochas, relevos e características estruturais.

Destaca-se a exploração de rochas carbonáticas para a produção de cimento e utilização como corretivo de solo, incluindo o emprego de calcário pulverizado para essa finalidade. Além disso, observa-se a extração de metadolomitos de granulometria fina (mármore) e argilas destinadas à construção civil. O local apresenta potencialidades adicionais para a exploração de outros recursos minerais, como rochas fosfáticas, rochas ornamentais e quartzos.

4.5. GEOMORFOLOGIA

O município de Bonito abriga seis unidades geomorfológicas distintas, que incluem serras, depressões, planaltos e patamares. A paisagem é resultado da atuação de fatores estruturais, litológicos e climáticos, com relevos que vão de áreas planas a regiões montanhosas. A Serra da Bodoquena se destaca com relevos dissecados e formas cársticas associadas às rochas calcárias.

A serra da Bodoquena pode ser entendida como um conjunto de planícies, a leste, que drenam para bacia do Rio Miranda (Rios Salobra, Formoso e Prata), e um planalto (chamado de Planalto da Bodoquena), a oeste, drenado ao norte pelo rio Salobra e, ao sul, pelo Rio Perdido (Bacia do Rio Apa).

4.6. PEDOLOGIA

Bonito apresenta sete classes principais de solo: Argissolo, Chernossolo, Gleissolo, Latossolo, Neossolo, Nitossolo e Plintossolo. Cada classe possui composição, drenagem e distribuição específicas, influenciando o uso do solo e as atividades agrícolas.

4.7. HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE

A altimetria do município varia de 117 a 751 metros, com áreas mais baixas nas margens do rio Miranda e altitudes elevadas na Serra da Bodoquena. Os mapas hipsométricos e de declividade mostram as variações de relevo e ajudam na compreensão dos processos erosivos e pedogenéticos.

4.8. USO E COBERTURA DO SOLO

A análise da evolução do uso e cobertura da terra aponta redução da vegetação nativa e avanço da agricultura, especialmente em áreas de relevo plano e nitossolos. O mapeamento é realizado com técnicas modernas de inteligência artificial, dividindo a paisagem em classes temáticas como floresta, savana, área úmida, pastagem, áreas urbanas, culturas agrícolas e benfeitorias.

4.9. CLIMA

O clima de Bonito é tropical com inverno seco, predominando chuvas no verão e estação seca de maio a outubro. As temperaturas variam ao longo do ano, com máximas médias acima de 31°C no verão e mínimas de 15°C no inverno.

4.10. EVAPORAÇÃO TOTAL

Bonito apresenta evaporação anual entre 1800 e 2000 mm. Os valores mensais de evaporação são monitorados por estações meteorológicas e utilizados em modelos hidrológicos para previsão de comportamento climático e disponibilidade hídrica.

4.11. BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

O balanço hídrico anual revela deficiência de 15 mm e excedente de 300 mm, com períodos de reposição de água no solo entre setembro e outubro e excedente hídrico entre outubro e março.

4.12. VENTOS

A velocidade média do vento varia sazonalmente, sendo mais intensa de maio a novembro e mais calma de novembro a maio. As direções predominantes mudam conforme a época do ano, com ventos frequentes do leste e do norte.

4.13. TEMPERATURA

A cidade apresenta estação quente de setembro a janeiro e estação fresca de maio a julho, com temperaturas máximas e mínimas bem definidas ao longo do ano.

4.14. NEBULOSIDADE

O céu de Bonito varia de pouco encoberto no inverno a mais encoberto no verão, com agosto apresentando maior período de céu limpo e janeiro com maior nebulosidade.

4.15. HORAS DE LUZ SOLAR E CREPÚSCULO

A duração do dia varia entre 10 horas e 51 minutos em junho e 13 horas e 25 minutos em dezembro. O crepúsculo civil marca o início e o fim da luz natural diária.

4.16. ENERGIA SOLAR DE ONDAS CURTAS

A energia solar incidente apresenta variação sazonal, com maior incidência entre outubro e fevereiro e menor entre maio e julho. Essa informação é importante para o planejamento agrícola e gestão hídrica.

4.17. BALANÇO HÍDRICO

Dentro do escopo do PERH-MS (2010) foi desenvolvido o balanço hídrico da totalidade das bacias hidrográficas do MS. Para tal utilizaram o banco de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas, a fim de obter as séries históricas de vazões medidas, formando um banco de dados para Mato Grosso do Sul.

4.18. VARIABILIDADE DAS PRECIPITAÇÃO

Bonito possui regime de precipitação marcado por estação chuvosa de outubro a abril e estação seca de abril a outubro. Janeiro é o mês mais chuvoso, enquanto julho apresenta menor número de dias com precipitação. A média de precipitação mensal e anual é detalhada em tabelas e mapas, essenciais para estudos hidrológicos e planejamento ambiental.

4.19. SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO

Os registros pluviométricos históricos são apresentados em tabelas, indicando variações anuais e mensais, e destacando períodos de chuvas intensas e anomalias observadas ao longo dos anos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste relatório integra a Etapa 2 – Leituras do processo de Revisão e Atualização do Plano Diretor de Bonito (MS), dedicada à análise e interpretação das dinâmicas naturais e ambientais que estruturam o território municipal. A caracterização do meio físico e dos recursos hídricos constitui um instrumento de diagnóstico essencial para a compreensão das potencialidades, fragilidades e condicionantes ambientais que devem orientar o planejamento urbano e o ordenamento territorial.

A análise integrada dos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e hidrológicos revelou um território de alta complexidade e sensibilidade ambiental, marcado por expressiva diversidade de formas de relevo e pela presença de sistemas cársticos que abrigam importantes aquíferos e redes subterrâneas de drenagem. Essa estrutura natural sustenta a base ecológica e econômica de Bonito, especialmente nas atividades de turismo sustentável e conservação ambiental, mas também impõe limites à expansão urbana e ao uso intensivo do solo.

Os estudos climáticos e hidrológicos confirmam a predominância de um regime tropical com inverno seco, caracterizado por variações sazonais significativas de precipitação e temperatura. Essa dinâmica influencia diretamente a disponibilidade hídrica e reforça a necessidade de estratégias de manejo que considerem o balanço entre recarga e consumo dos mananciais. O balanço hídrico, a evaporação total e a distribuição das chuvas apontam a importância de ações de conservação do solo, controle de erosão, recomposição de matas ciliares e proteção das nascentes, sobretudo nas bacias do Rio Formoso, Rio da Prata e Rio do Peixe.

A caracterização dos solos e das unidades geomorfológicas indica áreas com diferentes níveis de aptidão e vulnerabilidade ambiental, destacando a necessidade de compatibilizar o uso produtivo com práticas sustentáveis de manejo. A Serra da Bodoquena, as depressões fluviais e os planaltos adjacentes configuram paisagens singulares que devem ser tratadas como zonas prioritárias de conservação, tanto pela importância ecológica quanto pelo papel que desempenham na regulação hídrica e na estabilidade dos ecossistemas locais.

Os resultados obtidos nesta etapa consolidam uma leitura técnica aprofundada do território, servindo de subsídio para a construção coletiva de diretrizes de ordenamento e proteção ambiental nas próximas fases do Plano Diretor. O conhecimento gerado por meio das leituras físicas e hidrológicas reforça o compromisso com a sustentabilidade, a segurança hídrica e o equilíbrio entre o desenvolvimento urbano, as atividades econômicas e a preservação dos recursos naturais.

Assim, o presente relatório cumpre seu papel na Etapa 2 ao reunir, sistematizar e interpretar dados técnicos que subsidiam o diagnóstico territorial e ambiental de Bonito (MS). As informações aqui apresentadas formam a base para o delineamento de políticas públicas e diretrizes de planejamento urbano e ambiental mais integradas, participativas e compatíveis com os princípios do desenvolvimento sustentável e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas.

6. REFERÊNCIAS

6.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, (1997). Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 14 ago. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Hidroweb: sistema de informações hidrológicas. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/>. Acesso em: 30 mar. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Atlas de abastecimento urbano de água do Estado de Mato Grosso do Sul. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2024.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil, Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2013.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. Aplicações de estatística à climatologia. Pelotas: Editora Universitária, Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161 p.

BOGGIANI, P.C.; COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C.; GESICKI, A.L.D. 1998. Recursos Minerais Não-Metálicos do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Rev. IG São Paulo, 19(1/2), 31-41.

BOGGIANI, P.C. Por que Bonito é Bonito? In: SCREMIN-DIAS, E., POTT, V.J., HORA, R.C. da, SOUZA, P.R. de.(Eds) Nos Jardins Submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de bonito e região. Ed. UFMS, Campo Grande. 160p. 1999.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 14 ago. 2025.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2004.

BRASIL. Estatuto da Cidade. Lei nº 10.257, de 10 de Julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm Acesso: 14 ago. 2025.

BRASIL, Ministério das Cidades. Guia para Elaboração do Plano Diretor Participativo: metodologia de participação. Brasília: BRASIL, 2007.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores. Brasília: BRASIL, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/desenvolvimento-urbano-e-metropolitano/projeto-andus/GuiaparaElaboraoeRevisodePlanosDiretores_compressed.pdf. Acesso: 20 jun. 2025.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Volume 28: Folha SF.21 Corumbá e parte da Folha SE.21. Rio de Janeiro, 1982. Disponível em : <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281409>. Acesso: 20 jun. 2025

BRASIL. Plano Regional de Desenvolvimento do Centro-Oeste (PRDCO) 2020-2023. BRASÍLIA, 2019.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil (CPRM); MME, Ministério de Minas e Energia (MME); PAC2, Programa de Aceleração do Crescimento (PAC2). Mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Brasília: CPRM/MME, 2011. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/> . Acesso em: 20 jul. 2025.

DAVIS, M. L.; CORNWELL, D. A. Introduction to Environmental Engineering 4th ed Dubuque, IA: McGraw-Hill Companies, c2008. xvi, 1008 p. ISBN 0072424117.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Espécies Arbóreas Brasileiras: Clima. 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Mapa de solos do Estado de Mato Grosso do Sul*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2023.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E. Probabilidade de ocorrência de chuva em Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 184 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 84).

FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 192 p. ISBN: 978-85-7975-046-6

FONTES, Ana Flávia. Caracterização do meio físico do município de Bonito (MS): condicionantes naturais e implicações para o planejamento urbano e ambiental. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

GONÇAVES, Alexandre Ortega. Caracterização climática e aptidão das culturas anuais e perenes no zoneamento pedoclimático do Estado do Mato Grosso do Sul - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 99). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/855927/1/bpd99caracterizacaoculturas.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.

HOLDRIDGE, L. R. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science, v. 105, n. 2727, p. 367–368, 1947.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base cartográfica contínua do Brasil ao milionésimo – BCIM. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de biomas do Brasil. 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: Acesso em: 30 abr. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas topográficos do Estado de Mato Grosso do Sul. Escala 1:100.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INMET. Instituto Nacional De Meteorologia. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP). Brasília, 2023. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2025

IEMA. Instituto de energia e meio ambiente. 1º diagnostico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil. 2014.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - Fonte Nacional

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normas e Procedimentos de Estações Meteorológicas. Brasília: INMET, 2020. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br>
Acesso em: 20 jun. 2025

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. SPRING: Curso de Geoprocessamento. [S.l.], 2008. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/curso/index.html>. Acesso em: 30 jul. 2025.

IVASKO JÚNIOR, S.; MASTELLA, A. D. F.; TRES, A.; TETTO, A. F.; WENDLING, W. T.; SOARES, R. V. Classificação do Estado de Mato Grosso do Sul Segundo Sistema de Zonas de Vida de Holdridge. Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 26, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v26i0.61843. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14234>. Acesso em: 17 ago. 2025.

KÖPPEN, Wladimir. *Das geographische System der Klimate*. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds.). *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. v. 1, p. 1–44.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1954.

LI, Z.; SHEN, L.; ZHANG, L.; YUAN, C. *Review on pollutant dispersion in urban areas – Part A: Theories, parameterizations, and recent advances*. *Building and Environment*, v. 202, p. 107985, 2021.

MATO GROSSO DO SUL. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul - PERH/MS. Campo Grande: IMAP, 2010. Disponível em: <http://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/PERH-MS-2010-Volume-I.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2025.

MEEUS, Jean. *Astronomical Algorithms*. 2. ed. Richmond: Willmann-Bell, Richmond, Virginia, USA, 1998. 488 p. Disponível em: <https://auass.com/wp-content/uploads/2021/01/Astronomical-Algorithms.pdf>. Acesso em: Set 2025.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Guia para elaboração e revisão de planos diretores participativos. Brasília: Ministério das Cidades, 2022.

OKE, T. R. *The urban energy balance*. *Progress in Physical Geography*, v. 12, n. 4, p. 471–508, 1988.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BONITO, MS. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Bonito – Lei Complementar nº 179, de 11 de janeiro de 2024. Bonito: Prefeitura Municipal, 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BONITO, MS. Documentos técnicos e mapas temáticos para revisão do Plano Diretor. Bonito: Prefeitura Municipal, 2024.

RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais: Folha SE.21 Campo Grande. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1982.

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

SANTOS, H. G. dos et al. (ed.). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 08 jun. 2025.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The Water Balance*. *Publications in Climatology*, v. 8, n. 1, p. 1–104. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955.

WEATHERSPARK. *WeatherSpark: climate and average weather in Bonito (MS), Brazil*. 2025. Disponível em: <https://weatherspark.com/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

YANG, J.; REN, C.; SHI, Y.; LAU, K. K. L. *Contribution of urban ventilation to the thermal environment and urban heat island mitigation: A review. Building and Environment*, v. 206, p. 108329, 2021.

ZAVATTINI, J. A. As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 212 p. ISBN 978-85-7983-002-0.

6.2. PÁGINAS ELETRÔNICAS INSTITUCIONAIS

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso: 05/02/2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BONITO. Disponível em: <https://www.bonito.ms.gov.br/>. Acesso: 20/02/2025.

SEMADESC. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação de Mato Grosso do Sul. Disponível em: <https://www.semadesc.ms.gov.br/>. Acesso: 05/08/2025.

UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://ufrj.br/>. Acesso: 05/08/2025.

IVIG. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais. Disponível em: <https://ivig.coppe.ufrj.br/>. Acesso: 05/08/2025.



REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE BONITO – MS



PLAN DIRETOR

Bonito - MS