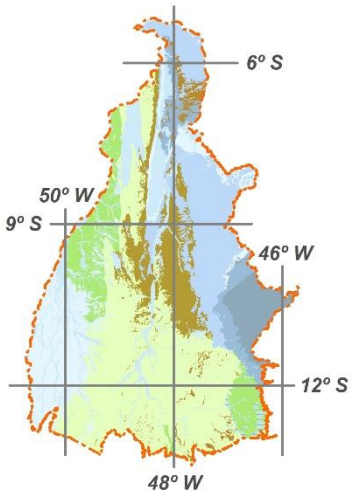
VERSÃO PRELIMINAR



MAPA HIDROGEOLÓGICO DO ESTADO DO TOCANTINS

ESCALA: 1:500.000

NOTA TÉCNICA

PROJETO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL

PROGRAMA DE PESQUISA, ESTUDO E CARTOGRAFIA HIDROGEOLÓGICA

Marcio Costa Abreu

Thiago Luiz Feijó de Paula

Tamiris Araújo Duarte Castro

Nayhara De Lima Oliveira

Eliel Martins Senhorinho

Katarina Rempel

Priscila Sousa Silva

Aymara Gracielly Nogueira Colen

Silvana Faria Guedes Coelho

Regina Lúcia Ianes Martins

2025

VERSÃO PRELIMINAR

Ministério das Minas e Energia

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Serviço Geológico do Brasil

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Departamento de Hidrologia

Divisão de Hidrogeologia e Exploração

Superintendência Regional de Goiânia

Núcleo de Apoio Palmas

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Alexandre Silveira de Oliveira

Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

Secretária

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Vilmar Medeiros Simões

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Alice Silva de Castilho (interina)

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Vilmar Medeiros Simões (interino)

Diretor de Administração e Finanças

Andrea de Oliveira Germano

Chefe do Departamento de Hidrologia

Valmor José Freddo Filho

Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração

Marcelo Henrique da Silva Rosa

Superintendente Regional de Goiânia

Vivian Athaydes Canello Fernandes

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Marcelo Ferreira da Silva

Chefe do Núcleo de Apoio de Palmas

VERSÃO PRELIMINAR

Thiago Luiz Feijó de Paula
Coordenador do Programa de Pesquisa, Estudo e Cartografia Hidrogeológica
Valdemiro Costa Silva
Coordenação de Geoprocessamento, Base de Dados, Cartografia Digital e Layout
Adson Brito *Monteiro*
Coordenação de Hidrogeologia e SIG
Deyna Pinho
Apoio Técnico
Marcelo Ferreira da Silva
Apoio Técnico
Eliel Martins Senhorinho
Revisão

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS

Wanderlei Barbosa Castro
Governador

AGÊNCIA TOCANTINENSE DE SANEAMENTO

Pedro Henrique Cardoso Beckman
Presidente
Eraldo de Sousa Oliveira
Vice-Presidente
Fernando Fabrízio Lemes Ferreira
Diretor de Produção
Gabriel Bernardes Isidoro Aguiar Sandim
Diretor de Projetos e Obras

VERSÃO PRELIMINAR

SGB - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE GOIÂNIA

Rua 148, 485 - Setor Marista

Goiânia - GO - Brasil - CEP: 74170-110

Tel.: (62) 3240-1401 | 3240-1402

https://sgb.gov.br/

https://rigeo.sgb.gov.br/

Produto realizado no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica (processo SEI nº 48093.001092/2023-84) celebrado entre o Serviço Geológico do Brasil e a Agência Tocantinense de Saneamento

Direitos desta edição: SGB – Serviço Geológico do Brasil

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

Sumário

APRESENTAÇÃO 8

LOCALIZAÇÃO 8

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, TERRAS INDÍGENAS E DOMÍNIOS HIDROLITOLÓGICOS 9

HIPSOMETRIA 13

CLASSES DE RELEVO 14

COMPARTIMENTAÇÃO DE RELEVO 16

PLUVIOMETRIA E ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E FLUVIOMÉTRICAS 18

BACIAS HIDROGRÁFICAS 19

CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DOS SOLOS E ESTAÇÕES DA RIMAS 21

SITUAÇÃO DOS POÇOS CADASTRADOS 24

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA NOS POÇOS CADASTRADOS 26

DENSIDADE DE POÇOS CADASTRADOS 27

ESTIMATIVA DE VOLUMES ANUAIS EXPLOTADOS DOS POÇOS CADASTRADOS 28

VULNERABILIDADE NATURAL DE CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS 30

MAPA HIDROGEOLÓGICO DE PRODUTIVIDADE 32

METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO MAPA 32

UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS 34

1. Granular (Gr) 34

Depósitos Aluvionares (Qa) 34

Araguaia (Qag) 35

Rio das Barreiras (Nrb) 36

Urucuia (K2u) 37

Itapecuru (K12it) 38

Codó (K1c) 39

Corda (J3K1c) 40

Sambaíba (Ts) 41

Motuca (P3m) 41
Pedra de Fogo (P12pf) 42
Piauí (C2pi) 43
Poti (C1po) 44
Longá (D3C1l) 45
Cabeças (D23c) 45
Pimenteiras (D23p) 46
Água Bonita (SDab) 47
Serra Grande (Ssg) 48
2. Cárstico 49
Bambuí – Lagoa do Jacaré (NP3blj) e Sete Lagoas (NP3bsl) 49
3. Fraturado 50
Mosquito (T3J1βm) 50
Couto Magalhães (NP23ct) 50
Bambuí – Serra de Santa Helena (NP3bsh) 51
Paranoá (MPpa) 52
Serra da Mesa (MP1sm) 53
Fraturado Indiferenciado (Fr) 54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 56

Índice de Figuras

Figura 1 - Mapa de Localização do Estado do Tocantins. 8
Figura 2 - Mapa de Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Domínios Hidrolitológicos. 9
Figura 3 - Mapa Hipsométrico. 13
Figura 4 - Mapa de Classes de Relevo. 15
Figura 5 - Mapa de Compartimentação do Relevo..... 17
Figura 6 - Mapa Pluviométrico e localização das Estações de Monitoramento Pluviométrico Fluviométrico. 18
Figura 7 - Mapa de Bacia Hidrográfica (unidades estaduais de Gestão de Recursos Hídricos). 20
Figura 8 - Mapa de Capacidade de Infiltração dos Solos e de Localização das Estações da RIMAS. 22
Figura 9 - Mapa de Situação dos Poços Cadastrados. 25
Figura 10 - Mapa de Condutividade Elétrica da Água nos Poços Cadastrados. 26
Figura 11 - Mapa de Densidade de Poços Cadastrados..... 28
Figura 12 - Mapa de Estimativa de Volumes Anuais Explotados dos Poços Cadastrados. 29
Figura 13 - Mapa de Vulnerabilidade Natural de Contaminação dos Aquíferos. 31

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Relação de Unidades de Conservação Federal situadas no Estado do Tocantins. 10
Tabela 2 - Relação de Unidades de Conservação Estadual do Tocantins. 11
Tabela 3 - Relação das Terras Indígenas situadas no Estado do Tocantins. 12
Tabela 4 - Relação das Agências Estaduais de Gestão do Tocantins. 19
Tabela 5 - Capacidade de Infiltração do Solo no Estado do Tocantins. 22
Tabela 6 - Dados Hidroquímicos das estações da RIMAS no Estado do Tocantins. 23

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Gráfico de monitoramento do nível de água subterrânea no Estado do Tocantins. 23
Gráfico 2 - Gráfico com o quantitativo e percentual de poços conforme sua situação cadastrada. . 24
Gráfico 3 - Gráfico com o quantitativo e percentual de poços conforme o valor de condutividade elétrica cadastrado. 27

APRESENTAÇÃO

O “PROJETO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL” tem por objetivo desenvolver sistemas de informações geográficas na temática de recursos hídricos, a partir do conhecimento geológico existente, em conformidade com a missão institucional do Serviço Geológico do Brasil de *“Gerar e disseminar conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo para melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sustentável do Brasil.”*

Produtos de cartografia hidrogeológica vêm sendo elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil com a finalidade de apresentar informações que permitam um maior conhecimento sobre a ocorrência, movimento, quantidade e qualidade das águas subterrâneas. A sistemática de trabalho utilizada é baseada na utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o Princípio de Taxonomia Hidrogeológica.

O ***Mapa Hidrogeológico do Estado do Tocantins, com escala 1:500.000***, tem o objetivo de servir como importante ferramenta nas definições de políticas de planejamento e gestão das águas subterrâneas, além de apresentar importância relativa local, produtividades, características físicas e hidroquímicas dos aquíferos.

LOCALIZAÇÃO

O Estado do Tocantins está localizado na Região Norte do Brasil. Criado em 1988 a partir do norte de Goiás, é o estado mais novo do país. Sua capital é Palmas e faz divisa com os Estados do Maranhão, Piauí, Bahia, Goiás, Mato Grosso e Pará (Figura 1). É considerado o 10º maior estado brasileiro, com uma extensão territorial de aproximadamente 277.466,76 km², e o 24º estado mais populoso, com aproximadamente 1.500.000 habitantes.

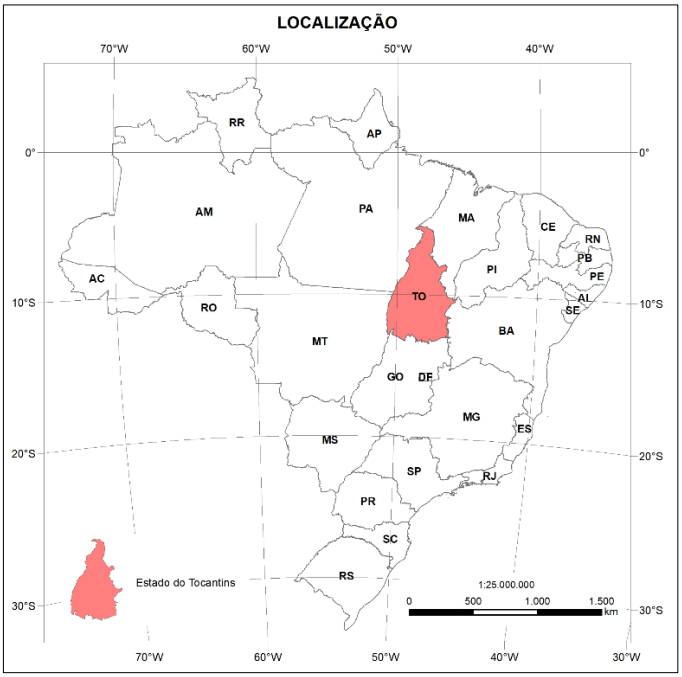


Figura 1 - Mapa de Localização do Estado do Tocantins.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, TERRAS INDÍGENAS E DOMÍNIOS HIDROLITOLÓGICOS

O mapa com a identificação de áreas de unidades de conservação federal, unidades de conservação estadual e Terras Indígenas (Figura 2, Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3) é importante para a proteção da qualidade da água e para a gestão dos recursos hídricos. A sobreposição espacial destas áreas com outros planos de informação sobre avaliação hidrogeológica pode contribuir para a identificação de zonas de atenção quanto ao uso de águas subterrâneas em áreas de proteção ambiental e importantes áreas de recargas e descargas dos aquíferos.

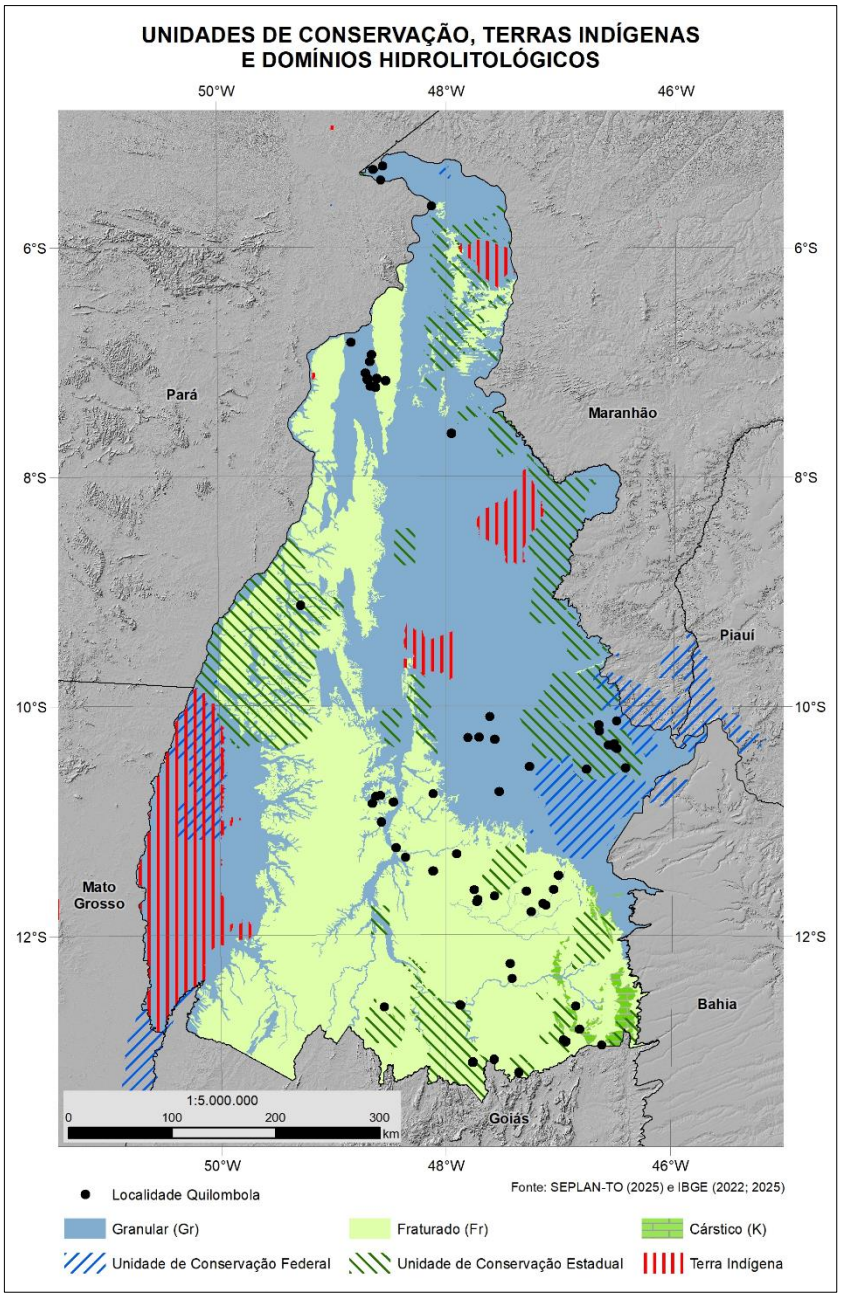


Figura 2 - Mapa de Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Domínios Hidrolitológicos.

Tabela 1 - Relação de Unidades de Conservação Federal situadas no Estado do Tocantins.

Nome	Classe
Araguaia	Parque Nacional
Nascentes do Rio Parnaiba	Parque Nacional
Serra da Tabatinga	Área de Proteção Ambiental
Meandros do Rio Araguaia	Área de Proteção Ambiental
Serra Geral do Tocantins	Estação Ecológica
Extremo Norte do Estado do Tocantins	Reserva Extrativista
Água Bonita	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Maria Batista	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Fazenda Minnehaha	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Integra o Parque	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Reserva Ecológica Serra Dourada	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Fazenda Campo Alegre	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Vita Parque	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Ponte da Pedra	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Varanda da Serra	Reserva Particular do Patrimônio Natural
São Bartolomeu	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Escarpas do Paraíso	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Reserva Sítio Ecológico Monte Santo	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Pontal do Jaburu	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Vale dos Sonhos	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Cachoeira das Pedras Bonitas	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Sonhada	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Fazenda Pioneira	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Canguçu	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Centro de Pesquisa Espeliológico - Aurora Natura	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Soluar	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Bela Vista	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Catedral do Jalapão	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Fazenda Calixto	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Santuário das Pedras	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Guaíra	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Terra do Segredo	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Rio Almas	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Biorregional	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Murundu	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Bico do Javaés	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Morro do Segredo	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Nascentes do Rio Tocantins	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Fazenda Chapadões	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Flor das Águas do Cerrado	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Campos Úmidos Vochysias	Reserva Particular do Patrimônio Natural

Sol e Luz	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Vale das Araras	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Recanto do Arco-Íris (Novo)	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Bacupari	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Avá-Canoeiro	Reserva Particular do Patrimônio Natural
Canto do Obrieni	Reserva Particular do Patrimônio Natural

Tabela 2 - Relação de Unidades de Conservação Estadual do Tocantins.

Nome	Classe
Nascentes de Araguaína	APA instalada
Foz do Rio Santa Tereza	APA instalada
Ilha do Bananal / Cantão	APA instalada
Jalapão	APA instalada
Lago de Palmas	APA instalada
Lago de Peixe / Angical	APA instalada
Lago de São Salvador do Tocantins, Paranã e Palmeirópolis	APA instalada
Serra do Lajeado	APA instalada
Sapucaia / Barra do Lajes e Corda	APA instalada / Avaliação Ecológica
Sapucaia / Corredor Ecológico Tocantins-Araguaia	APA instalada / Corredor Ecológico
Jau	APA potencial
Ribeirão Tranqueira	APA potencial
Serra da Mombuca	APA potencial
Serra de Arraias	APA potencial
Serra do Bom Despacho	APA potencial
Parque Estadual do Encontro das Águas	APA potencial
Corredor Ecológico Tocantins-Araguaia	Corredor Ecológico
Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins	Monumento Natural
Cantão	Parque Estadual
Jalapão	Parque Estadual
Lajeado	Parque Estadual
Aurora	Avaliação Ecológica
Baixo Manoel Alves	Avaliação Ecológica
Barra do Lajes e Corda	Avaliação Ecológica
Carrasco do Água Branca	Avaliação Ecológica
Chapadas do Curicaca	Avaliação Ecológica
Interflúvio Tocantins-Paranã	Avaliação Ecológica
Kraho-Serra Geral do Tocantins	Avaliação Ecológica
Lizarda	Avaliação Ecológica
São Félix	Avaliação Ecológica
Serra da Cangalha	Avaliação Ecológica
Serra Quebrada	Avaliação Ecológica
Vale do Rio Palmeiras	Avaliação Ecológica

Tabela 3 - Relação das Terras Indígenas situadas no Estado do Tocantins.

Nome (Etnia)	Classe
Apinayé (Apinayé)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Funil (Xerente)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Inawebohona (Javae, Karajá)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Karajá / Santana do Araguaia (Karajá)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Kraolandia (Krahl)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Maraiwatsede (Xavante)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Maranduba (Karajá)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Morro Branco (Tenetehara)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Parque do Araguaia (Tapirapé, Java, Karava, Ava-Canoeiro)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Xambioá (Guaraní, Karajá)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Krahô-Kanela (Krahô-Kanela)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Nova Jacundá (Guarani Mbyá)	Dominial Indígena (regularizada)
Taego (Ava-Canoeiro)	Tradicionalmente ocupada (declarada)
Utaria Wyhyna / Iròdu Iràna (Javaé, Karaja)	Tradicionalmente ocupada (declarada)
Xerente (Xerente)	Tradicionalmente ocupada (regularizada)
Fazenda Mabel - Gavião / Akrãtikaejê (Gavião Kykatejê)	Reserva Indígena (em regularização)
Guajajara (Guajajara)	Reserva Indígena (em regularização)

Estas áreas devem ser imprescindivelmente consideradas para a realização da gestão sustentável de águas de superfície e subterrânea, garantindo a proteção de nascentes e matas ciliares associadas a zonas de descarga subterrânea. É objetivo desta gestão integrada garantir que quaisquer sistemas de bombeamento de água não comprometam a vazão de base dos rios e ecossistemas superficiais. Sendo assim, o cuidado com aquíferos importantes deve garantir a proteção de suas áreas, principalmente onde eles ocorrem de forma livre, para garantir as recargas naturais e que suas áreas aflorantes não sejam impermeabilizadas e/ou contaminadas por ações antrópicas como urbanização, atividades industriais e atividades agropecuárias.

A identificação das áreas onde ocorrem os domínios hidrolitológicos é essencial para avaliação de águas subterrâneas, servindo para agrupar unidades aquíferas com características semelhantes quanto a porosidade e forma de fluxo. Os dados apresentados no mapa de domínios hidrolitológicos definem onde estão localizados agrupamentos de rochas com afinidades hidrogeológicas semelhantes para armazenamento e circulação de água, facilitando a previsão de comportamento da água subterrânea.

No mapa de domínios hidrolitológicos (Figura 2) foram definidos três grandes grupos: Granular, Fraturado e Cárstico. É importante destacar que as informações apresentadas no mapa dizem respeito apenas às áreas aflorantes das unidades. Estas informações são relevantes e devem ser prioritariamente consideradas para a tomada de decisão sobre a conservação, uso sustentável e a gestão da água subterrânea, antes mesmo de outras avaliações hidrogeológicas mais avançadas.

HIPSOMETRIA

Os dados apresentados pelo mapa hipsométrico (Figura 3) são considerados importantes na avaliação hidrogeológica porque representam visualmente a topografia da superfície do terreno. Além de permitir identificar características do relevo, este mapa contribui para a compreensão do comportamento da água subterrânea.

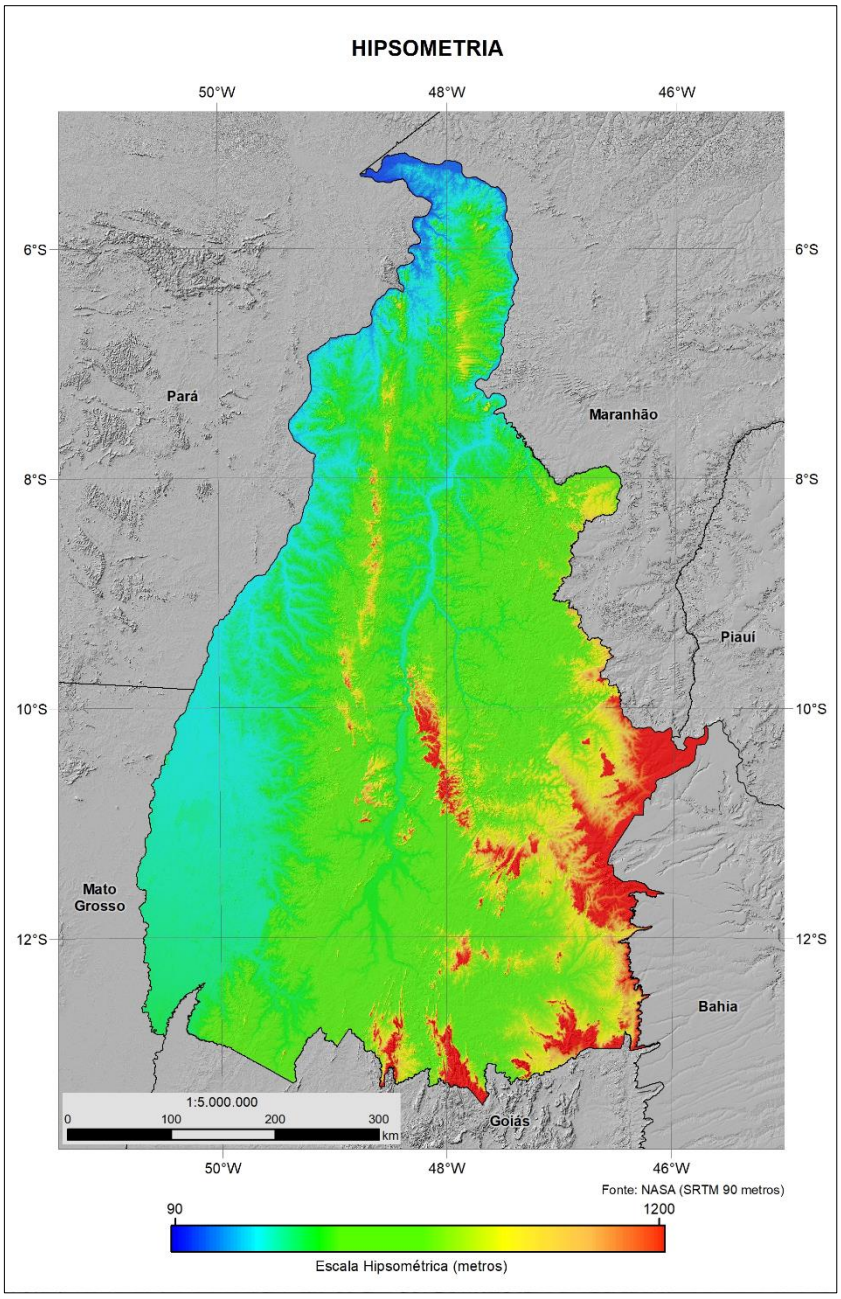


Figura 3 - Mapa Hipsométrico.

A fonte de dados digital usada para criar o mapa hipsométrico foi a imagem de satélite com o Modelo Digital de Terreno (MDT) da NASA, SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission* - Missão Topográfica Radar Shuttle), com resolução de 90 metros. A variação de cores é utilizada para descrever a amplitude da altitude da superfície do relevo, sendo as mais quentes, como amarelo e

vermelho, utilizadas para representar regiões com maior altitude, e as mais frias, como verde e azul, utilizadas para representar regiões de menor altitude.

O mapa hipsométrico do Estado do Tocantins caracteriza-se pela predominância de superfícies aplainadas e tabulares (chapadas e planaltos) em altitudes modestas. A maior parte do território está situado entre 200 e 500 metros acima do nível do mar, formando um relevo de transição entre o Planalto Central Brasileiro e a Planície Amazônica.

No geral o relevo é de baixas a médias altitudes, com predominância da depressão do Médio Vale do Araguaia-Tocantins, destacando-se também as chapadas (especialmente no sudeste e leste, como o Jalapão) e patamares dissecados. As maiores altitudes ocorrem nas áreas de serra, particularmente na Serra das Traíras, no sudeste do estado (divisa com Goiás), que atinge valores acima de 1.200 metros, a porção central é rebaixada e suavemente inclinada e associada a processos de pediplanação, e as menores altitudes estão situadas na região do extremo norte do estado, próximo a região conhecida como Bico do Papagaio e com valores abaixo dos 100 metros.

Os dados de hipsometria podem contribuir para a compreensão de como a topografia pode influenciar e controlar o armazenamento e o movimento da água subterrânea, sendo importantes para identificação de áreas de recarga e descarga. Zonas de maior altitude (cores quentes, como amarelo/vermelho) funcionam geralmente como áreas de recarga, onde a água da chuva infiltra no solo e alimenta os aquíferos. Zonas de menor altitude (cores frias, como verde/azul) indicam locais onde a água subterrânea tende a sair, como rios, lagos, nascentes e áreas alagáveis.

Os dados sobre topografia podem contribuir para prever o fluxo subterrâneo, tendo em vista que a água subterrânea geralmente flui das áreas mais altas para as mais baixas, possibilitando estimar a direção geral desse fluxo. E sendo assim, são muito importantes para o planejamento de perfuração de poços, auxiliando na seleção de locais com maior potencial para ocorrência de aquíferos e na estimativa da profundidade do lençol freático.

CLASSES DE RELEVO

A classe de relevo tem fundamental importância para o entendimento de fatores condicionantes da circulação, recarga e armazenamento de águas subterrâneas. Conforme os dados observados no Mapa de Classe de Relevo (Figura 4) é possível identificar regiões onde ocorrem áreas com predominância de padrões de declividades, formas de vertentes e altitudes, que determinam se a água da chuva tem facilidade para infiltrar nos solos e aquíferos ou escoar superficialmente.

O território do Estado do Tocantins é caracterizado por uma transição entre áreas de planície, depressão e planaltos, com predominância de formas aplainadas a suave-onduladas, com serras mais acidentadas a leste e sul. No geral, é predominantemente deprimido (plano e suave-ondulado) nos vales dos Rios Tocantins e Araguaia, e nas bordas leste e sul está marcado pela presença de relevo com classe forte-ondulado e montanho.

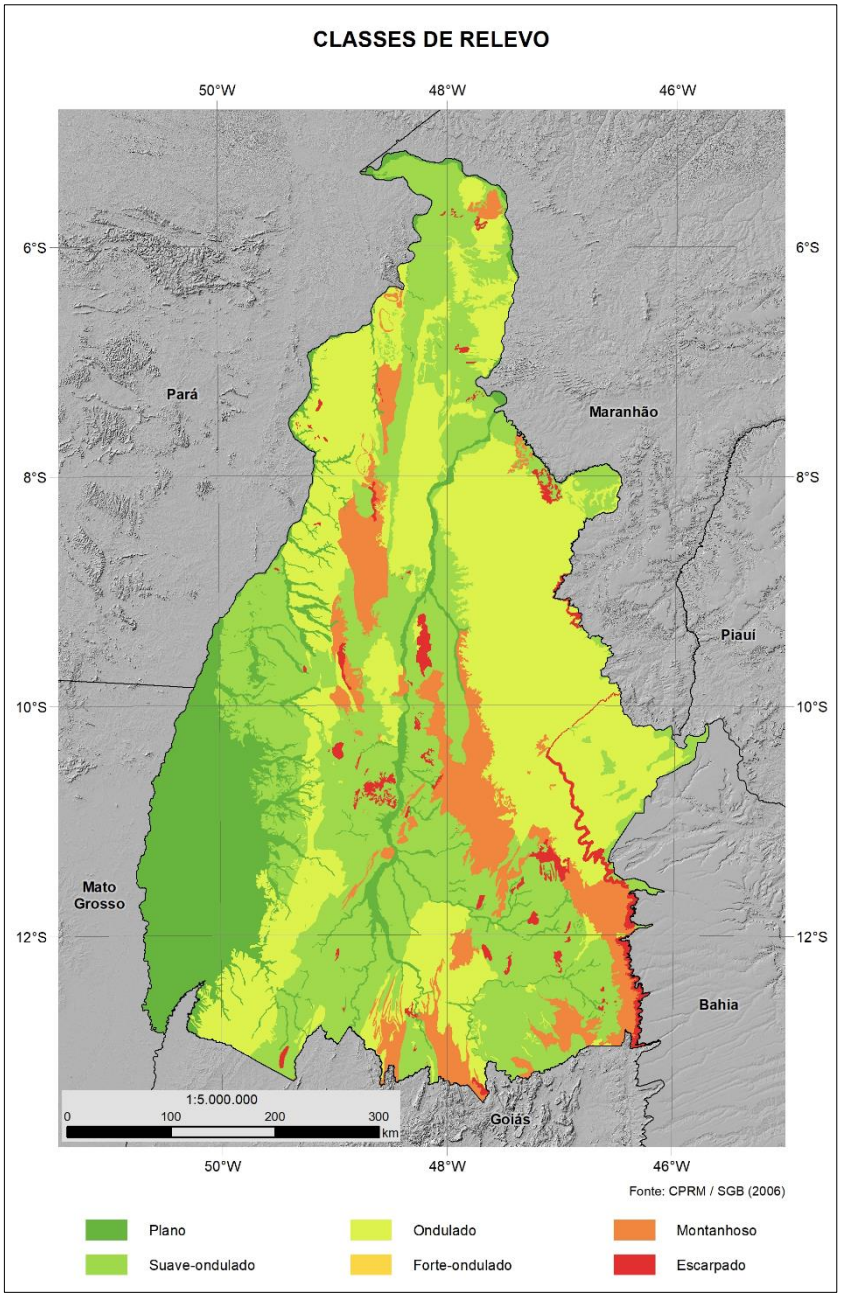


Figura 4 - Mapa de Classes de Relevo.

As áreas com relevo plano, são caracterizadas pela predominância de chapadões, planaltos sedimentares e planícies aluviais próximas aos Rios Tocantins e Araguaia. As áreas com classe suave-ondulado são mais comuns nas bordas de platôs e colinas de relevo aplainado antigo, e as áreas com classe ondulado geralmente ocorrem em zonas de transição entre os chapadões e as planícies, marcadas por dissecação suave a moderada.

As áreas com classe de relevo forte-ondulado não muito extensas e estão presentes de forma localizada nas encostas íngremes das Serras do Estrondo, Lajeado, Carmo, Serra Geral e em morrotes e bordas de platôs de arenitos. As áreas montanhosas estão localizadas nas partes mais elevadas e dissecadas das serras a leste e sudeste, região de Natividade e sudeste do estado, e as formas escarpadas se dão de forma mais localizadas associadas às paredes íngremes e verticais das serras e chapadas.

A avaliação do comportamento da declividade predominante do relevo em uma determinada região permite estimar a velocidade com que a água superficial escoa e/ou se infiltra. As regiões com classes de relevo plano, suave ondulado e ondulado têm padrões de baixa declividade e geralmente favorecem a retenção de água e a infiltração, sendo áreas cruciais para a ocorrência de recargas de aquíferos. Já as regiões com classes forte-ondulado, montanhoso e escarpado têm padrões de elevada declividade e frequentemente favorecem ao escoamento superficial.

Áreas com menor declividade, em geral, possuem maior potencial para infiltração das águas de chuva no solo, e consequentemente, permite a recarga dos aquíferos. Apesar disso, também é importante destacar que as áreas de baixa altitude e com relevo plano (como vales) também podem funcionar como zonas de descarga, onde o lençol freático está mais próximo da superfície.

Sendo assim, os dados de classe de relevo podem contribuir para a identificação de zonas de atenção e apoiar o planejamento do monitoramento, fiscalização e gestão das áreas de descarga dos aquíferos.

COMPARTIMENTAÇÃO DE RELEVO

O mapa de compartimentação de relevo (Figura 5) permite individualizar a paisagem em unidades com características morfológicas, geológicas e processos morfodinâmicos semelhantes, o que controla diretamente o comportamento das águas subterrâneas.

O território do Estado do Tocantins está inserido no Planalto Central Brasileiro, apresentando uma transição entre formas aplanadas (chapadas e planaltos) e áreas dissecadas (depressões).

As chapadas e planaltos são caracterizadas por ocorrerem com superfícies tabulares resultantes de pediplanação, destacando-se a Chapada da Bahia do Meio-Norte e a Chapada das Mangabeiras. As depressões correspondem à áreas mais baixas que interligam os planaltos, com destaque para a Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins e a Depressão do Baixo-Médio Vale do Araguaia.

As planícies fluviais são caracterizadas pelas áreas planas ao longo dos rios Tocantins e Araguaia. Por fm, as serras correspondem a formações de borda e interflúvios, como a Serra Geral, Serra do Carmo e Serra do Estrondo.

Assim como as demais abordagens a respeito do relevo, os dados de compartimentação do relevo também servem como ferramenta importante para entender como a superfície do relevo influencia a recarga, o fluxo e a descarga dos aquíferos. As informações contribuem para identificação de áreas de recarga e descarga. Compartimentos de planaltos, chapadas ou áreas de relevo plano e dissecado, no geral, favorecem a infiltração de água (recarga), enquanto baixadas e fundos de vale agem como zonas de descarga, onde o lençol freático se aproxima da superfície. Áreas de cabeceira (com relevo mais ondulado) podem favorecer o escoamento superficial com menor infiltração, e as áreas com menor declividade tendem a facilitar a percolação da água no solo, favorecendo a recarga dos aquíferos.

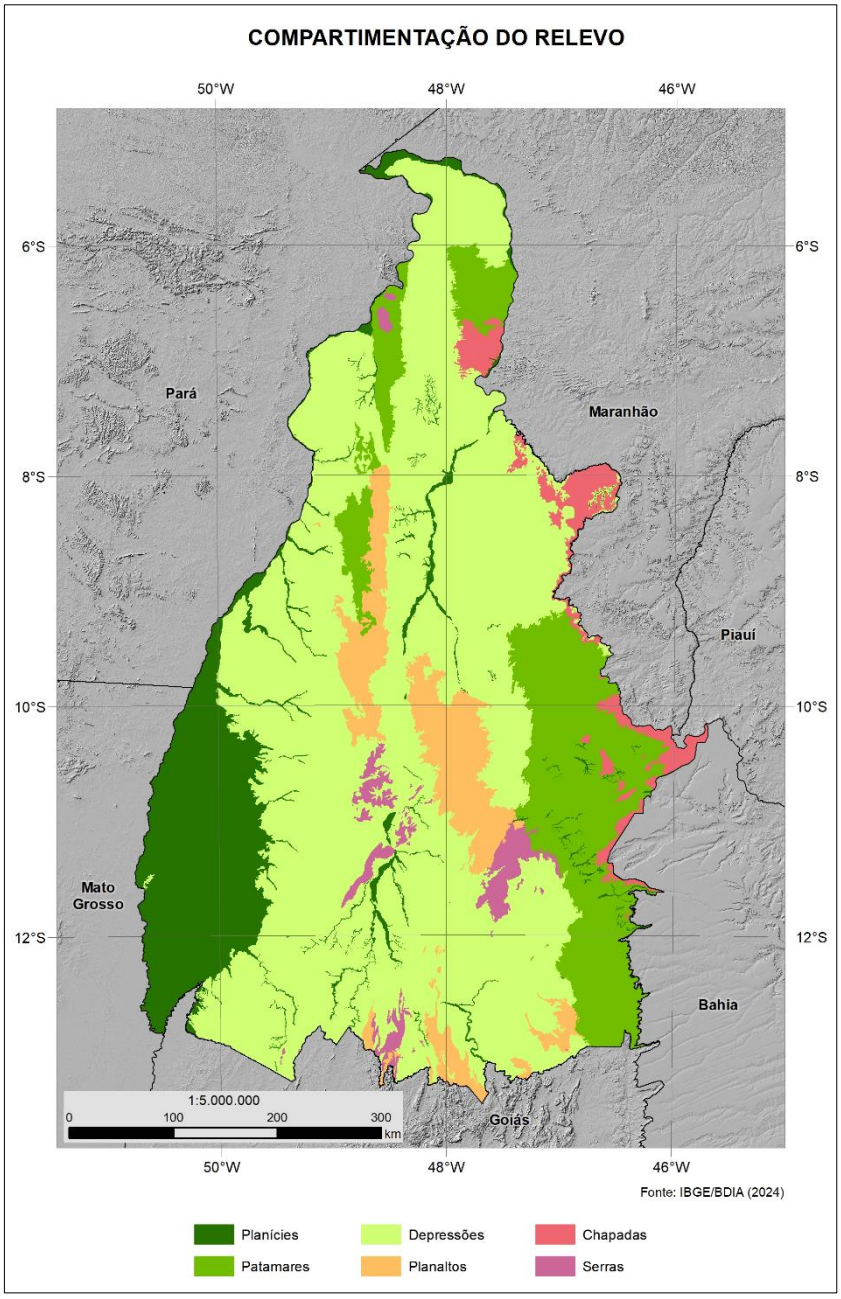


Figura 5 - Mapa de Compartimentação do Relevo.

Os dados sobre compartimentação geomorfológica podem contribuir para delimitação geológico-estrutural, permite associar formas de relevo a diferentes tipos de rocha e por consequência inferir o tipo de aquífero (poroso, fraturado ou cárstico); e para o entendimento da dissecação e drenagem, contribuindo para a identificação de vales, estimativas de profundidades dos níveis freático e entendimento da interação entre as águas superficiais e subterrâneas.

PLUVIOMETRIA E ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E FLUVIOMÉTRICAS

Os dados apresentados pelo mapa pluviométrico (Figura 6) são importantes para compreensão de como ocorrem as principais recargas nos aquíferos. As informações apresentam a distribuição espacial das precipitações médias anuais para uma série histórica de registros, conforme os dados disponíveis entre 1977 e 2006.

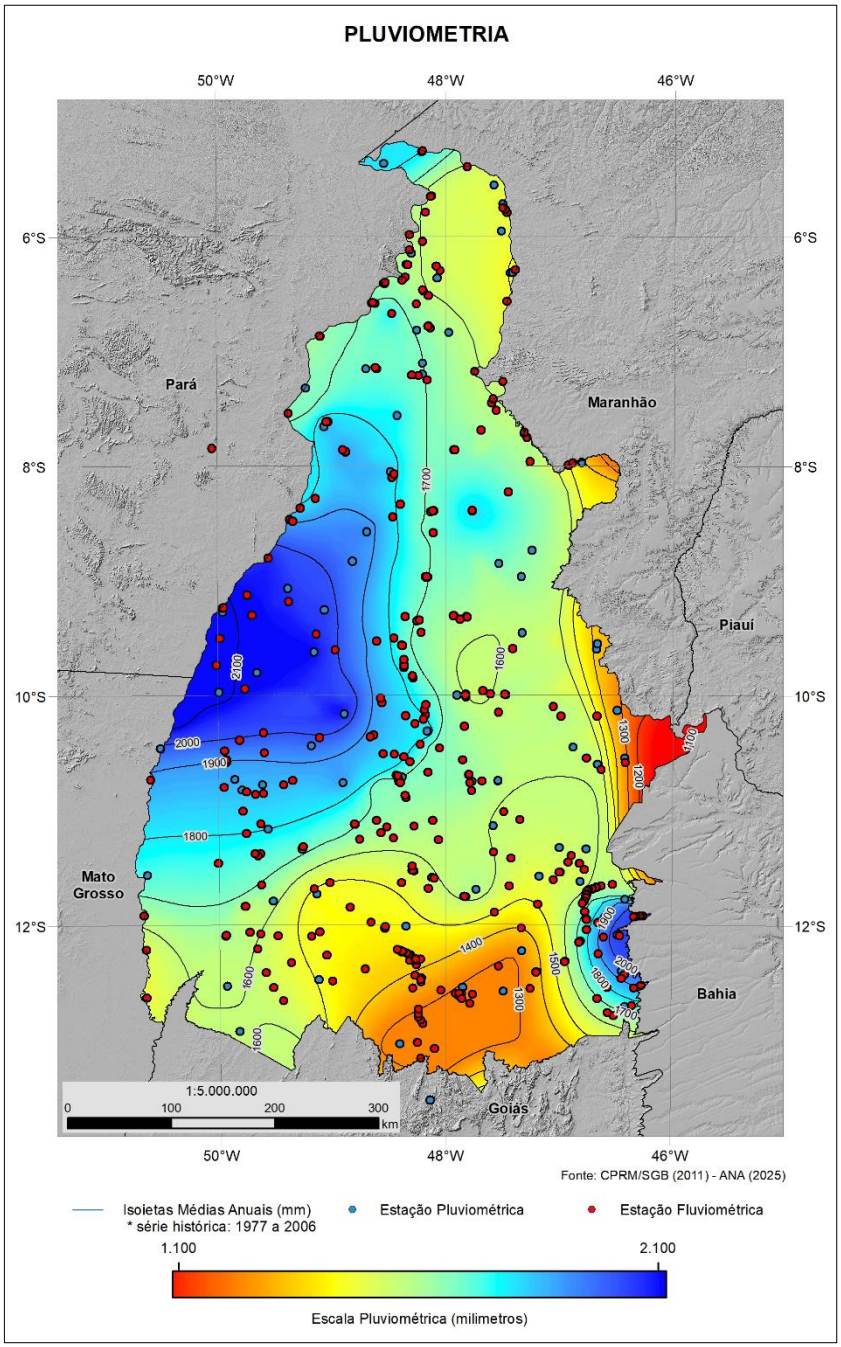


Figura 6 - Mapa Pluviométrico e localização das Estações de Monitoramento Pluviométrico Fluviométrico.

Estes dados podem ser utilizados para identificar áreas com maior potencialidade para ocorrência de recargas mais ou menos volumosas e realizar cálculos de estimativas de reservas de água subterrânea renováveis.

Segundo os dados da série histórica, na área do Estado de Tocantins, as isoietas médias anuais apresentadas ocorrem entre a mínima de 1.100 mm ao ano e a máxima de 2.100 mm ao ano, sendo as regiões mais chuvosas situadas nas porções oeste e sudeste e as regiões com menores ocorrências de chuvas situadas nas porções leste e sul. Na região central do estado, se estendendo até o limite norte e o limite sudoeste, os valores médios de precipitações ocorrem entre aproximadamente 1.400 mm e 1.800 mm.

Além dos dados de precipitações o mapa também traz informações sobre a localização de estações de monitoramento pluviométrico e fluviométrico existentes na área do Estado do Tocantins, conforme o atual inventário da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Do total de 608 estações, 381 delas correspondem à estações de monitoramento do tipo fluviométrica e 227 delas correspondem a estações do tipo pluviométrica.

BACIAS HIDROGRÁFICAS

A identificação das bacias hidrográficas é importante para a definição espacial das Unidades Estaduais de Gestão de Recursos Hídricos. Cada unidade representada no Mapa de Bacias Hidrográficas representa uma Agência Estadual de Gestão (Tabela 4 e Figura 7).

Tabela 4 - Relação das Agências Estaduais de Gestão do Tocantins.

Agência Estadual de Gestão	Descrição
AEG 01	Rio Formoso do Araguaia
AEG 02	Parque Nacional do Araguaia e Cantão
AEG 03	Noroeste
AEG 04	Rios Lontra e Corda
AEG 05	Apinayé
AEG 06	Bico do Papagaio
AEG 07	Lago do Peixe
AEG 08	Rio Palma
AEG 09	Rios Santo Antônio e Santa Tereza
AEG 10	Rio Mannoel Alves da Natividade
AEG 11	Entorno do Lago da UHE Luís Eduardo Magalhães - Lajeado
AEG 12	Jalapão
AEG 13	Rio Perdidas
AEG 14	Colinas do Tocantins
AEG 15	Campos Limpos
AEG 16	Kharalândia
AEG 17	Monumento Natural das Árvores

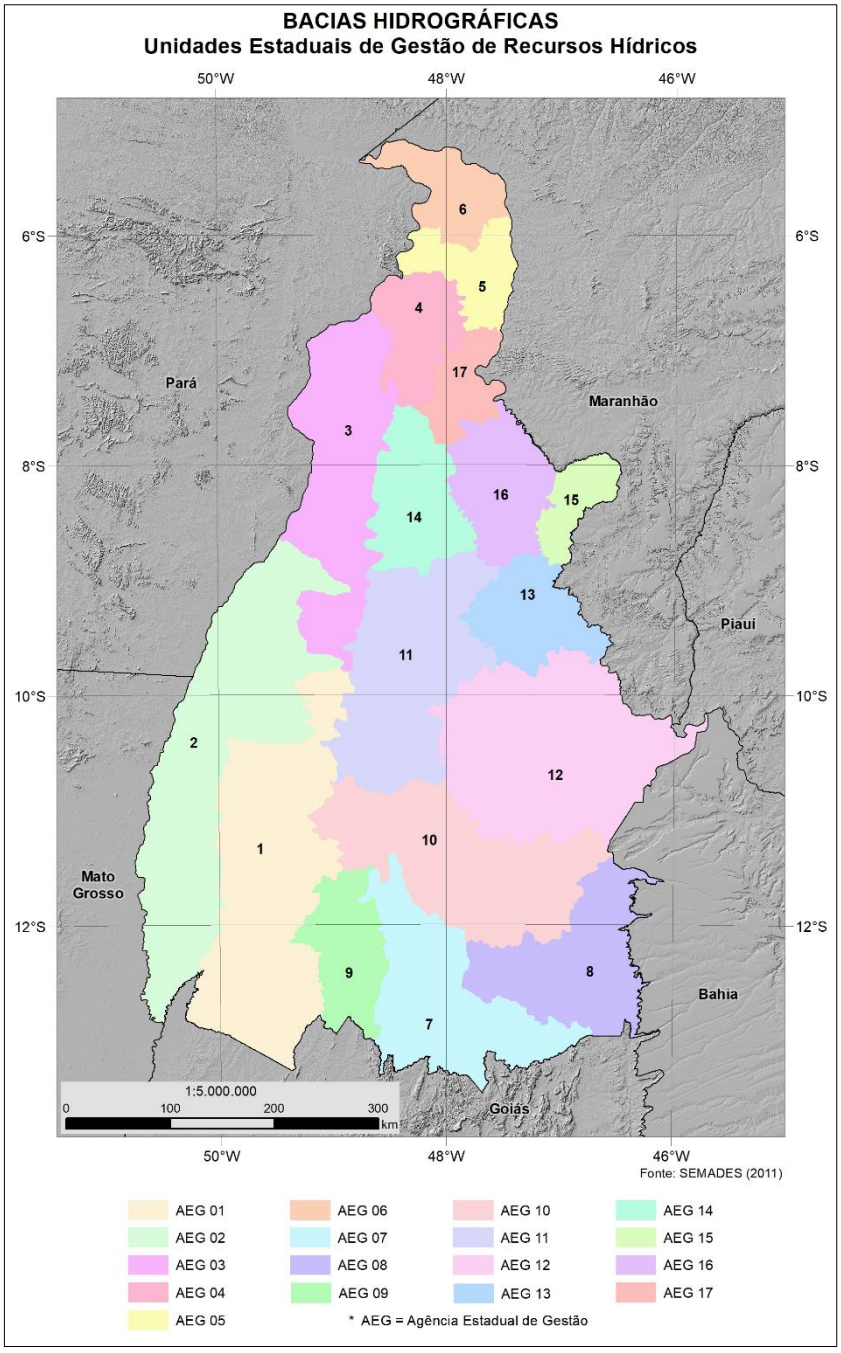


Figura 7 - Mapa de Bacia Hidrográfica (unidades estaduais de Gestão de Recursos Hídricos).

As unidades de gestão relacionadas aos limites de bacias hidrográficas são importantes para a realização de balanços hídricos para cada ciclo anual da água, com o objetivo de fornecer um diagnóstico da disponibilidade e do uso da água.

Os cálculos de estimativa para o balanço hídrico devem considerar a contabilização técnica das entradas (naturais por infiltração da precipitação e ação antrópica) e saídas (evapotranspiração, vazão por escoamento superficial ou por captação superficial e subterrânea) para saber se uma determinada área apresenta equilíbrio, está em superávit ou déficit hídrico, seja por fatores naturais ou naturais e antrópicos. O balanço hídrico realizado a partir de dados de monitoramento pode

oferecer informações estratégicas para a gestão de recursos hídricos, garantindo que o planejamento de bacias hidrográficas seja baseada em evidências, sustentável e capaz de equilibrar as necessidades sociais, econômicas e ambientais.

As agências estaduais são fundamentais para o funcionamento do sistema hídrico e devem desempenhar atividades técnicas e administrativas de gerenciamento como: a implementação e execução de políticas estaduais de recursos hídricos; gestão de outorgas de águas superficiais e subterrâneas; fiscalização do cumprimento das normas ambientais; monitoramento da qualidade e quantidade das águas; e oferecer apoio técnico aos comitês de bacias hidrográficas.

CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DOS SOLOS E ESTAÇÕES DA RIMAS

O mapa de capacidade de infiltração dos solos (Figura 8) permite identificar espacialmente as áreas onde a água da chuva tem mais facilidade ou dificuldade de infiltrar e percolar nos solos para viabilizar as recargas dos aquíferos. As regiões mais favoráveis tendem a permitir as recargas com maior facilidade e as regiões em que os solos dificultam a infiltração geralmente são associadas à áreas com maior escoamento superficial.

No Estado do Tocantins predominam as classes Latossolos (vermelhos e amarelos), que são profundos e drenados, seguidos por Plintossolos (frequentemente pétricos, com presença de cascalho/concreções) e Neossolos Quartzarênicos (solos muito arenosos). Os Plintossolos Pétricos Concrecionários tendem a ocorrer em áreas de relevo mais alto, enquanto os Latossolos predominam nas áreas planas a suave onduladas. Em áreas de várzea e solos com alta erodibilidade são comuns a presença de solos hidromórficos (Gleissolos).

A definição da hierarquização das classes de infiltração (Tabela 5) se baseam na avaliação das características do solo como composição, porosidade, estrutura e espessura. Por exemplo, solos argilosos com espessura considerável geralmente infiltram menos, enquanto solos arenosos ou ricos em matéria orgânica têm mais facilidade para infiltração. Considerando as classes predominante de solos Latossolos (vermelhos e amarelos), Plintossolos Pétricos Concrecionários e Neossolos Quartzarênicos, a maior parte da área do estado tem Capacidade de Infiltração de águas de chuva moderada, boa e muito boa.

Também são apresentados em conjunto com os dados capacidade de infiltração dos solos, a localização de três estações de monitoramento da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – RIMAS (Figura 8 e Gráfico 1). As estações correspondem a poços do tipo piezômetro situados na área de ocorrência do Aquífero Urucuia, que coincide com áreas de ocorrência de solos com boa favorabilidade à infiltração de águas de chuva.

No geral, os dados de variação de nível mostram oscilações entre aproximadamente 1 metro e 4 metros durante o período de 2017 e 2024. Durante os anos de 2020 e 2023 não foram registrados de forma contínua.

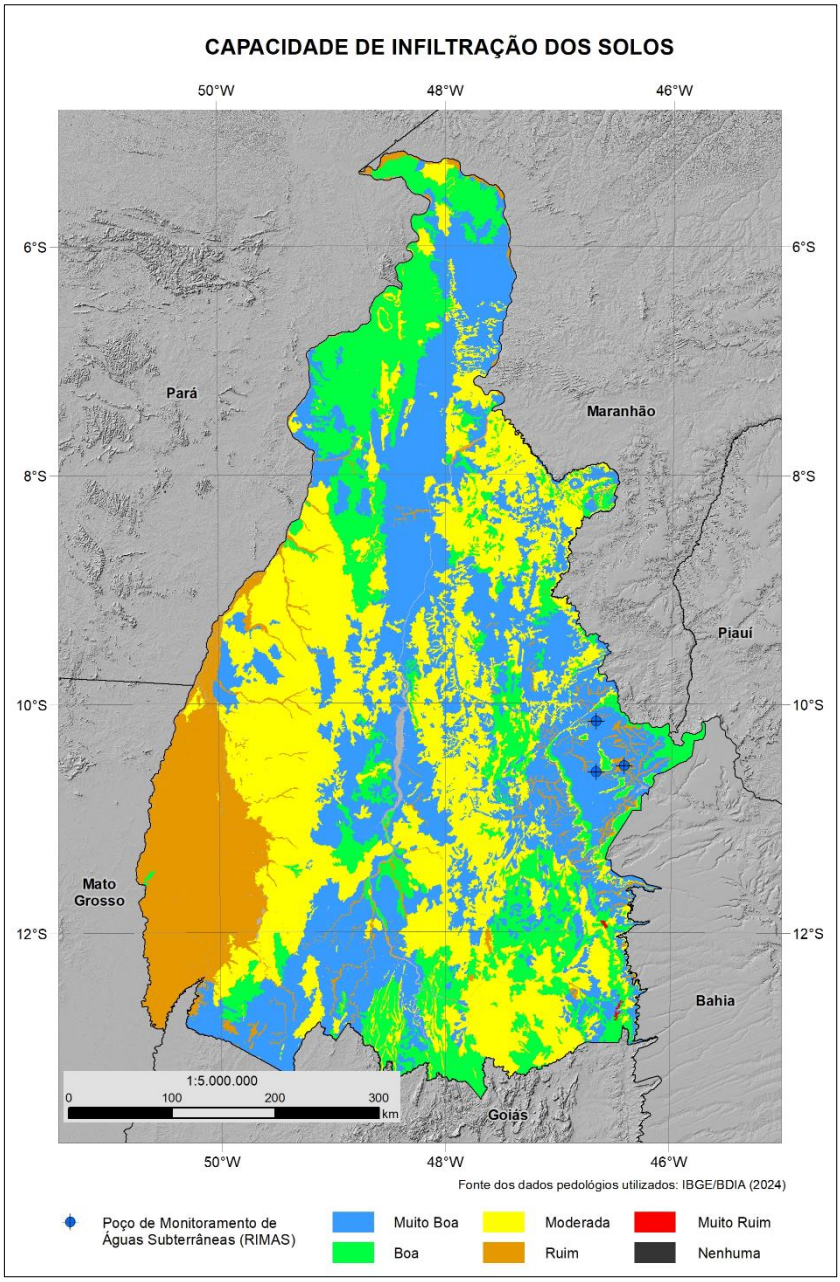


Figura 8 - Mapa de Capacidade de Infiltração dos Solos e de Localização das Estações da RIMAS.

Tabela 5 - Capacidade de Infiltração do Solo no Estado do Tocantins.

Capacidade de Infiltração	Solo
Muito boa	Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Quartzarênico e Nitossolo Vermelho
Boa	Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico, Chernossolo Argilúvico, Latossolo Amarelo e Luvissolo Háplico
Moderada	Neossolo Litólico, Plintossolo Háplico, Plintossolo Pétrico, Dunas
Ruim	Gleissolo Háplico, Neossolo Flúvico, Planossolo Háplico, Plintossolo Argilúvico
Muito ruim	Afloramento de Rocha

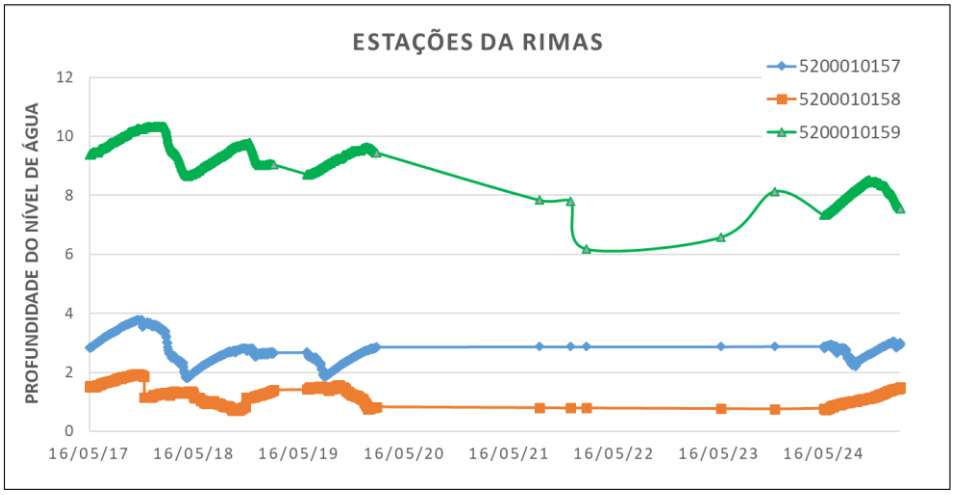


Gráfico 1 - Gráfico de monitoramento do nível de água subterrânea no Estado do Tocantins.

As estações de monitoramento são: código 5200010157, situada na área do município de Mateiros, na localidade da Fazenda Crista, Sítio de Dona Abenita - TO 255, Km 306; código 5200010158, também situada na área do município de Mateiros, sendo na localidade próxima da Creche Municipal na Rua Vinte e Três; e código 5200010159, situada na área do município de São Félix do Tocantins, ao lado das torres de telefonia na Rua Santos Garcez.

Em relação aos dados de monitoramento hidroquímico (Tabela 6), os resultados de análises apresentados pelas três estações indicam que as águas são muito pouco mineralizadas, com baixa salinidade e valores de condutividade elétrica variando entre 4 e 27 µS/cm. No entanto, os valores de pH são considerados ácidos a pouco ácidos, variando entre 4,06 e 6,02. Embora geralmente as águas do Aquífero Urucuia sejam consideradas adequadas para consumo humano, é importante destacar que águas com pH próximo a 4 são capazes de causar corrosão em tubulações e liberar metais pesados, proporcionando sabor metálico, causar irritação na pele e não ser considerada ideal para potabilidade.

Tabela 6 - Dados Hidroquímicos das estações da RIMAS no Estado do Tocantins.

	5200010157	**5200010158**	**5200010159**
Análises Químicas			
Amostra	5210157	5210158	5210159
Data da Coleta	11/02/20	12/02/2020	10/02/2020
Condutividade Elétrica (µS/cm)	27,0	4,0	17,0
Qualidade da Água (PT/CO)	0,2	0,4	5.1
Temperatura (°C)	29,4	27,8	29.5
Sólidos Suspensos (mg/l)	0,0	0,0	0,0
Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	0,0	0,0	0,0
Ph	5,37	4,06	6,02
Resultados Analíticos da Última Coleta			
Oxigênio dissolvido (mg/L ou ppm)	4,65	4,39	4,44

SITUAÇÃO DOS POÇOS CADASTRADOS

Segundo os registros de poços cadastrados da base de dados do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – SIAGAS e os registros da Base de Dados da Naturatins e CNAR40, existem 6.086 registros de poços ou fontes naturais de água subterrânea na área do Estado do Tocantins.

As informações sobre a situação dos poços cadastrados (Figura 9) mostram que existem 5.824 registros que encontram-se em condições de uso, 141 registros estão sem condições de uso, 109 registros não têm informação a respeito sobre as condições de uso, e, 12 registros são identificados como poços secos (Gráfico 2).

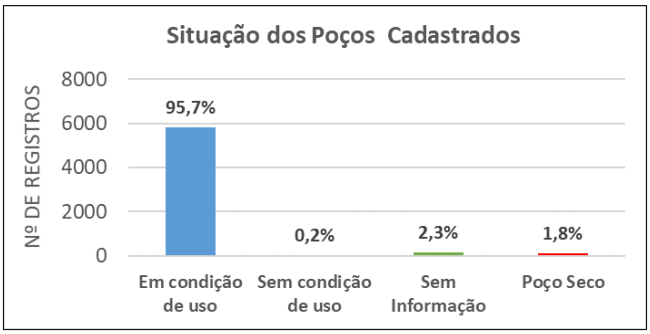


Gráfico 2 - Gráfico com o quantitativo e percentual de poços conforme sua situação cadastrada.

As informações apresentadas no Mapa de Situação dos poços Cadastrados são importantes para saber onde estão localizados geograficamente os poços existentes e obter uma estimativa sobre as suas condições de uso. São importantes para subsidiar as tomadas de decisão para novas perfurações e avaliar a situação de áreas com interesses estratégicos quanto ao uso da água subterrânea e preservação ambiental.

Além de permitir identificar áreas com alta concentração de poços cadastrados em condições de uso, contribui para a identificação de locais onde existem registros de poços que não estejam sendo utilizados por estarem sem equipamento de bombeamento instalado, abandonado, obstruído ou mesmo seco. Essas informações são essenciais para identificar áreas onde possam ser avaliadas e realizadas obras de revitalização de sistemas de bombeamento, e também, monitorar áreas onde possam ocorrer contaminação dos aquíferos.

A grande maioria dos poços cadastrados na área do Estado do Tocantins, cerca de 95,7%, encontram-se em condições de uso para bombeamento de água. A maior parte dos registros está relacionada a poços regularizados (por outorga ou uso insignificante). Os demais registros de poços, que não apresentam condições de uso, se referem a um percentual muito pequeno e inferior a 5%, e que entre eles os poços secos se destacam por estarem situados em diversas áreas, seja com tentativas de captação no embasamento indiferenciado ou em áreas de bacias sedimentares com ocorrência de unidades não produtivas.

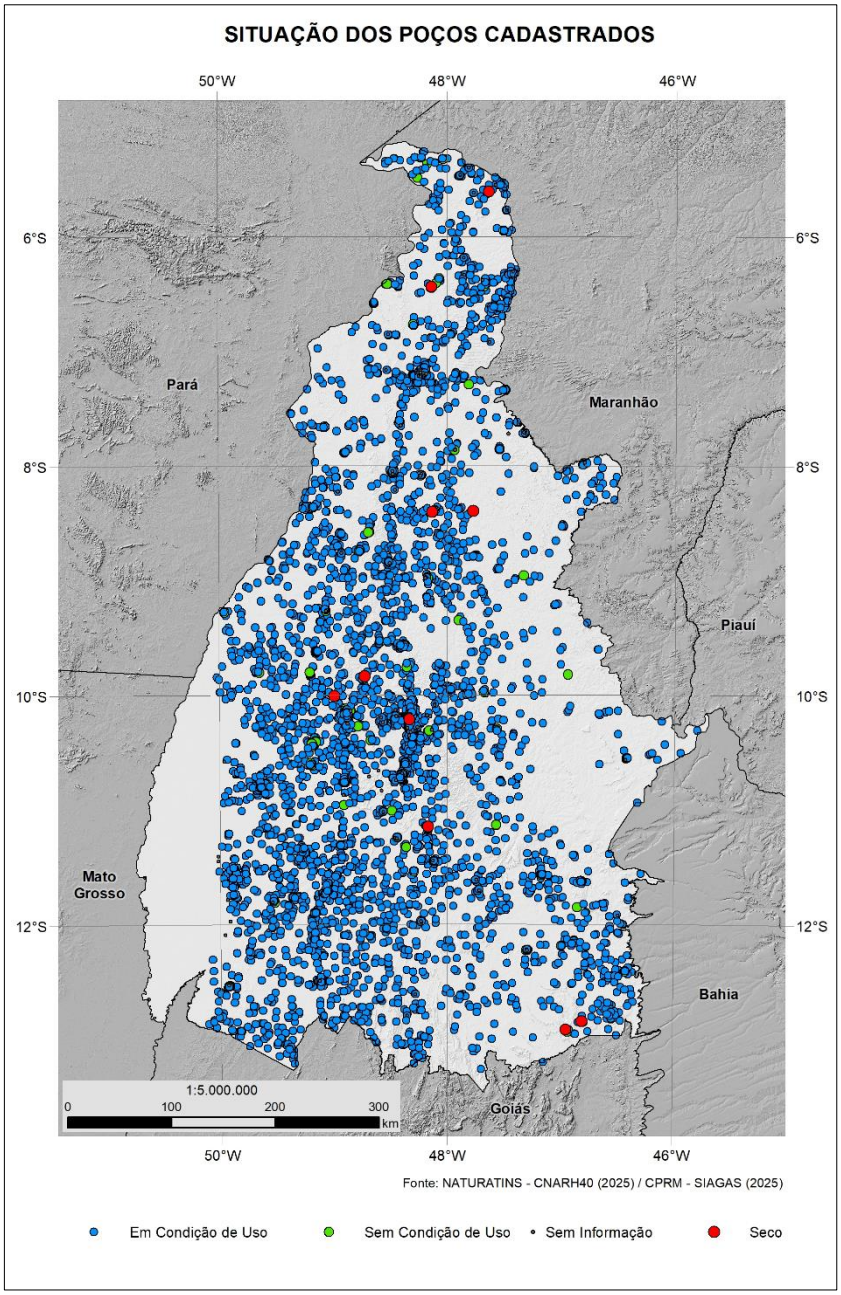


Figura 9 - Mapa de Situação dos Poços Cadastrados.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA NOS POÇOS CADASTRADOS

Segundo os registros apresentados no mapa de condutividade elétrica nos poços cadastrados, existem informações sobre este parâmetro. De um universo de 6.086 registros, apenas 441 poços apresentam informações sobre medição da condutividade elétrica realizada em amostras de águas. Existem 328 registros de poços que apresentam valores inferior a 150 µS/cm, 104 registros com valores entre 150 e 500 µS/cm, 9 registros com valores entre 500 e 1.000 µS/cm e nenhum registro com valor acima 1.000 µS/cm (Gráfico 3).

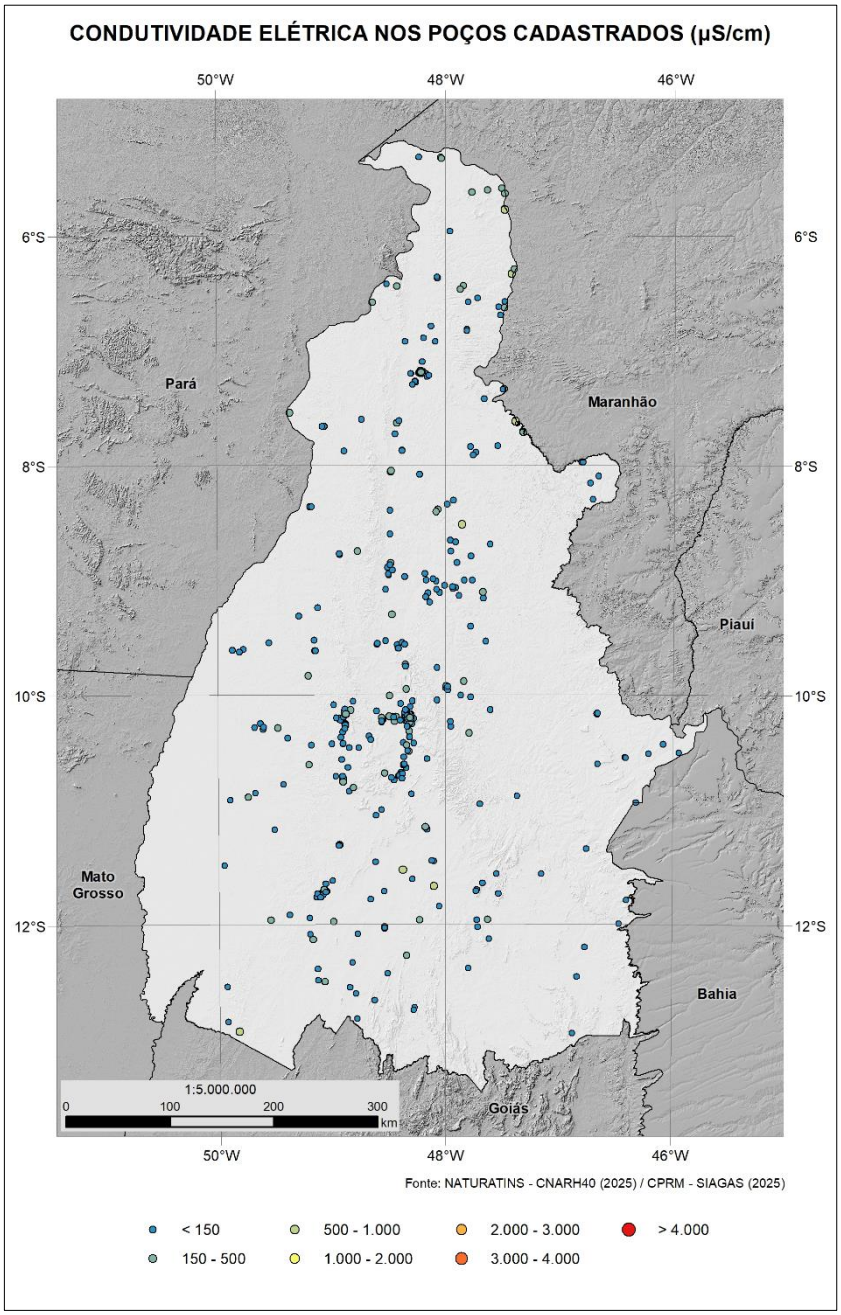


Figura 10 - Mapa de Condutividade Elétrica da Água nos Poços Cadastrados.

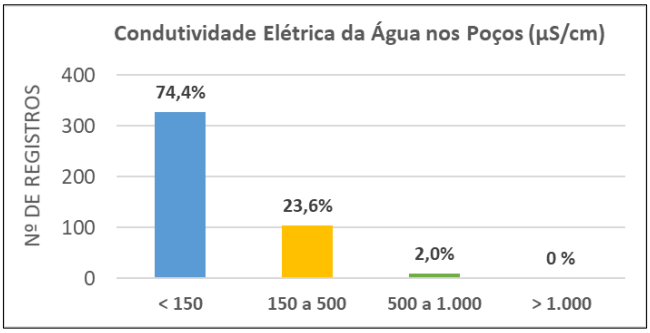


Gráfico 3 - Gráfico com o quantitativo e percentual de poços conforme o valor de condutividade elétrica cadastrado.

As informações apresentadas no Mapa de Condutividade Elétrica nos Poços Cadastrados servem para se obter uma estimativa sobre a quantidade de sólidos totais dissolvidos na água, e por associação, também ter uma noção sobre as condições de salinidade e potabilidade das águas subterrâneas. O fato de não existir dados com valores acima de 1.000 µS/cm mostra que não há registros de poços cadastrados com água subterrânea que apresente elevada salinidade na área do Estado do Tocantins.

DENSIDADE DE POÇOS CADASTRADOS

Para definir a densidade de poços cadastrados na área do Estado do Tocantins foram utilizadas informações do cadastro de poços da base do SIAGAS e os dados de outorgas e usos insignificantes obtidos junto a Naturatins e o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH40.

O objetivo foi identificar áreas específicas no Estado do Tocantins com maior densidade de poços de captação de água subterrânea (Figura 11), foram reunidos todos os registros de poços cadastrados e calculado o somatório de poços existentes conforme a distribuição de quadrículas com área de aproximadamente 117 km^2. Cada quadrícula reflete o somatório de registros de poços existentes compreendidos em seu perímetro.

As principais áreas com maior densidade de poços cadastrados são representadas pelas quadrículas com cores laranja e vermelha e estão associadas a captações em regiões importantes como a Capital Palmas e os municípios Araguaína, Gurupi, Porto Nacional, Paraíso do Tocantins e Alvorada. As áreas com menores densidades de poços cadastrados correspondem às quadrículas com cores verde escuro, verde claro e amarelo. Por fim, áreas onde não existem registros de poços são representadas pela cor cinza.

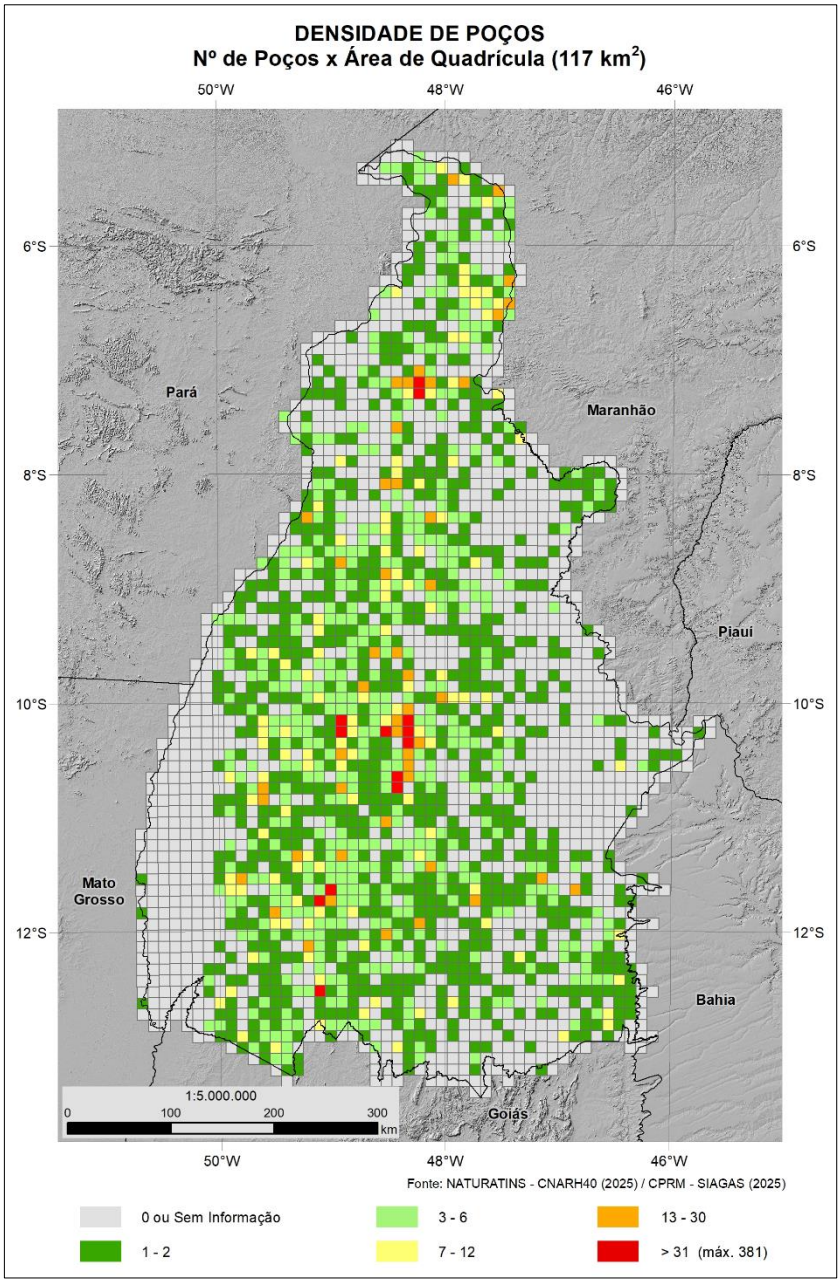


Figura 11 - Mapa de Densidade de Poços Cadastrados.

ESTIMATIVA DE VOLUMES ANUAIS EXPLOTADOS DOS POÇOS CADASTRADOS

Para estimar os volumes anuais de água subterrânea explotados no Estado do Tocantins foram utilizadas as informações do cadastro de poços da base de dados do SIAGAS e os dados de outorgas e usos insignificantes obtidos junto a Naturatins e o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH40. Com base nesses dados, foi possível organizar o conjunto de informações em dois grandes grupos: poços regularizados e poços não regularizados.

Os poços regularizados apresentam informações de vazão outorgada e de uso insignificante, que foram diretamente utilizadas como referência para a vazão explotada nesta avaliação. Para os poços não regularizados, identificados exclusivamente pela base do SIAGAS, foram estimadas vazões anuais conforme a condição de uso do poço, finalidade de uso da água e a localização da captação.

Com o objetivo de identificar áreas específicas no Estado do Tocantins com maior produção de água subterrânea, foram reunidos todos os registros de poços cadastrados e estimados os volumes totais produzidos conforme a distribuição de quadrículas com área de aproximadamente 117 km^2 (Figura 12). Cada quadrícula reflete o somatório das vazões estimadas para todos os registros compreendidos em seu perímetro.

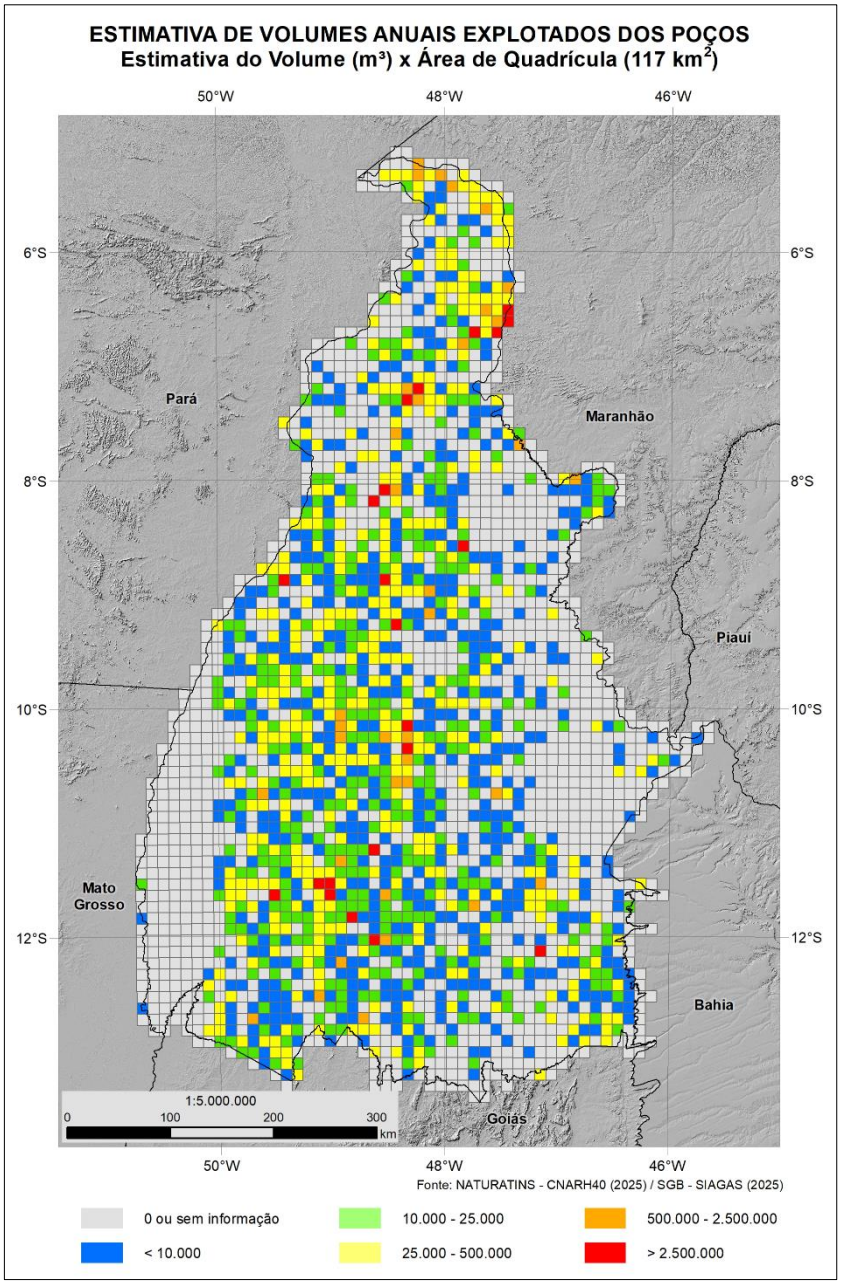


Figura 12 - Mapa de Estimativa de Volumes Anuais Explotados dos Poços Cadastrados.

As principais áreas de explotação de águas subterrâneas são representadas pelas quadrículas com cores laranja e vermelha e estão associadas a captações em diversos aquíferos que ocorrem na área da Bacia Sedimentar do Parnaíba e na área do Aquífero Embasamento Indiferenciado. A capital Palmas e os municípios Araguaína, Gurupi, Porto Nacional, Paraíso do Tocantins, Colinas do Tocantins, Guaraí e Tocantinópolis se destacam por apresentarem consideráveis demandas de volumes anuais explotados. As áreas com estimativa de volumes anuais explotados menores a intermediários correspondem às quadrículas com cores azul, verde e amarelo, e as área onde não existem registros de explotação são representadas pela cor cinza.

VULNERABILIDADE NATURAL DE CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS

O mapa de Vulnerabilidade Natural à Contaminação dos Aquíferos (Figura 13) é uma ferramenta importante para a gestão hídrica subterrânea e ambiental. Os dados apresentam uma hierarquização de classes de vulnerabilidade de um aquífero ser contaminado por atividades humanas, baseando-se exclusivamente em suas características geológicas e hidrogeológicas intrínsecas.

É importante destacar que os dados apresentados não indicam onde existe contaminação ocorrendo, mas sim onde a água subterrânea está mais propensa a ser afetada por uma fonte com potencial poluidor caso uma carga contaminante atinja a zona vadosa (não saturada) ou superficial do aquífero.

Na área do Estado do Tocantins, aproximadamente 45% da área corresponde a classe baixa, indicando que a contaminação por poluentes pode ocorrer de uma forma mais difícil devido à litologias pouco permeáveis e/ou níveis freáticos profundos. Cerca de 25% da área corresponde a classe média, indicando que as condições de proteção oferecidas pelas ocorrências litológicas e profundidades freáticas dos aquíferos são equilibradas e/ou intermediárias.

Uma parcela referente a 10% da área do estado corresponde a classe de vulnerabilidade alta, o que corresponde a aquíferos com características litológicas sensíveis a permeabilidade e níveis de águas subterrâneas relativamente próximos à superfície. Em torno de 5% da área corresponde a classe extrema, implicando que os aquíferos correspondentes apresentam as máximas condições de sensibilidade, frequentemente associados a litologias com as mais elevadas permeabilidades e/ou a ocorrência de lençóis freáticos muito rasos. Por fim, 15% da área está identificada como área onde não ocorre aquíferos, ou seja, na área aflorante ocorrem unidades não aquíferas que podem ser aquitardo, aquiclude ou aquifugo.

A avaliação sobre a vulnerabilidade natural de contaminação dos aquíferos é importante para a gestão dos recursos hídricos e meio ambiente. As informações apresentadas são importantes para apoiar as atividades de planejamento territorial e uso do solo, permitindo que gestores municipais e estaduais definam onde atividades potencialmente poluidoras (como aterros sanitários, indústrias, cemitérios, agricultura intensiva, etc.) podem ou não ser instaladas evitando as áreas de vulnerabilidade alta ou extrema.

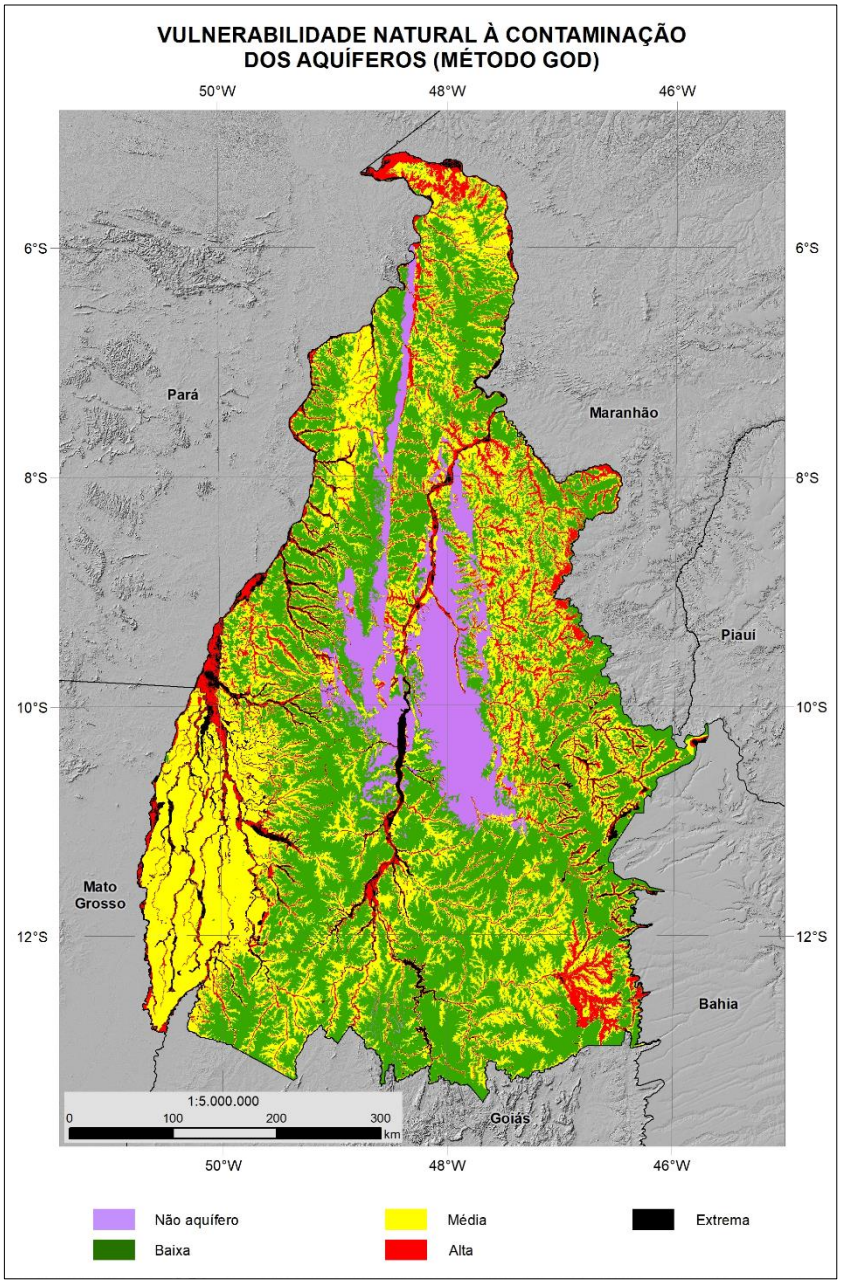


Figura 13 - Mapa de Vulnerabilidade Natural de Contaminação dos Aquíferos.

Os dados de classificação de vulnerabilidade natural podem ser utilizados para cruzar (relacionar) com informações existentes sobre fontes pontuais e/ou difusas com carga potencial poluidora relacionadas a atividades antrópicas. A análise permite a identificação de áreas com perigo de contaminação, que também é importante para a gestão dos recursos hídricos e proteção ambiental, permitindo direcionar ações de monitoramento e fiscalização em zonas críticas ou de atenção ao uso de águas subterrâneas.

O mapa de vulnerabilidade natural de contaminação e os dados sobre fontes com potencial poluidor são imprescindíveis para a implementação de diretrizes para a proteção de recursos hídricos, podendo contribuir para a criação de zonas de proteção de poços e nascentes, e, garantir a segurança

hídrica e a qualidade da água subterrânea. Além disso, pode servir como base técnica para a criação de leis de zoneamento ambiental e campanhas educativas sobre a importância da proteção de aquíferos importantes.

MAPA HIDROGEOLÓGICO DE PRODUTIVIDADE

A elaboração do Mapa Hidrogeológico do Estado do Tocantins tem como objetivo principal promover a geração de dados sobre os aquíferos e fornecer maior conhecimento sobre a forma de ocorrência, o movimento, a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas. Além disso, o produto elaborado (mapa, sig e nota explicativa) deve servir como instrumento fomentador da gestão dos recursos hídricos (planejamento, desenvolvimento e proteção ambiental entre outros), principalmente aqueles de natureza subterrânea, e subsidiar tomadas de decisões dos órgãos responsáveis (federais, estaduais e municipais).

METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO MAPA

Visando a padronização, os procedimentos metodológicos adotados foram aqueles internacionalmente reconhecidos, como as publicações *"Hydrogeological Maps, A Guide and a Standard Legend",* de Wilhelm Struckmeier e Jean Margat, publicado em 1995, o documento da UNESCO intitulado *"UNESCO, International Legend for Hydrogeological Maps",* versão revisada, publicada em 1983, e as publicações "*Princípio de Taxonomia Hidrogeológica*" (Diniz *et al*, 2012; 2014 e Monteiro *et al*. 2016).

Considerando a premissa básica de uniformidade dos produtos, os mapas hidrogeológicos são constituídos por pelo menos quatro bases temáticas principais: planimetria, geologia, poços e hidrologia. As bases passaram por processos de ajustes e simplificações para se adaptar à metodologia aplicada e à escala de trabalho. Como exemplo, na base geológica, algumas unidades inexpressivas do ponto de vista hidrogeológico, como coberturas recentes de pequena espessura ou com área de ocorrência muito restrita foram eliminadas devido a incapacidade de acumular água por um período de tempo significativo. O objetivo foi exibir em mapa, de forma mais destacada, os aquíferos mais importantes subjacentes a essas unidades, ressaltando suas características de transmissão e armazenamento de águas subterrâneas, partindo dos seguintes pressupostos (Struckmeier & Margat, 1995, op.cit):

- Individualização de corpos contínuos ou descontínuos, conforme suas características geométricas e formas de ocorrências das águas subterrâneas;
- Classificação de diferentes tipos litológicos, de acordo com as características de fluxo dominantes.

Assim, foram definidas cinco classes taxonônomicas para o agrupamento das unidades, classificadas hierarquicamente da mais ampla (a mais abrangente) à menor (a fundamental): ***Domínios Hidrolitológicos*** (Granulares, Cársticos e Fraturados), onde se considera apenas a forma de acúmulo e condução de águas subterrâneas; ***Sistemas Aquíferos*** (união de dois ou mais aquíferos, para criar um novo conjunto de unidades aquíferas); ***Aquíferos*** (unidades geológicas que individualmente tem capacidade de armazenar e transmitir água); ***Não Aquíferos*** (unidades

geológicas que não armazenam água ou que armazenam água porém não a transmitem) e ***Unidades Hidroestratigráficas***, que agregam formações geológicas ou parte delas, que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante e com produtividades da mesma ordem de grandeza. Essas Unidades Hidroestratigráficas constituem os elementos indivisíveis básicos do mapeamento.

A identificação e classificação das unidades hidroestratigráficas foi essencialmente realizada utilizando os dados de poços disponíveis e levou em consideração as seguintes observações:

- Alguns poços não são corretamente construídos, podendo inclusive também não serem totalmente penetrantes nos intervalos de espessuras mais promissores à produção de água;
- Os testes de bombeamento têm duração variáveis, nem sempre são realizados com vazão constante e podem não atingir a tendência de estabilização do nível dinâmico;
- As vazões registradas nos testes de bombeamento podem não ser as máximas possíveis, mas sim aquela que é possível com o equipamento disponível. Poços com diâmetro pequeno não são compatíveis em tamanho com equipamentos de bombeamento capaz de produzir vazões muito elevadas;
- O comportamento médio da produtividade estimada para um aquífero não pode ser definido exclusivamente por médias aritméticas, medianas, modas ou qualquer método puramente estatístico. E o conhecimento técnico sobre as unidades hidroestratigráficas deve sempre prevalecer.

Para grandes áreas de unidades sem informação de poços cadastrados e sem dados de teste de bombeamento a classificação de produtividade foi estimada da seguinte forma:

- Utilizando informações sobre produtividade da unidade em artigos de pesquisa, relatórios técnicos, mapas hidrogeológicos de escala menor ou outros trabalhos relacionados;
- Verificando os dados de poços em áreas vizinhas para a mesma unidade ou unidades semelhantes, que tenham composição litológica, forma de ocorrência e regimes de chuvas similares. Uma unidade pode ter produtividade elevada em uma área, baseando-se na ocorrência de uma litologia predominante de arenitos eólicos no centro da bacia sedimentar, mas pode ser muito baixa ou nula em outra área, conforme a sua forma de ocorrência escarpada em regiões elevadas ou reduzidas espessuras;
- Avaliando capacidade de infiltração dos solos, hipsometria, geomorfologia, classe de relevo e padrão de drenagem superficial, identificando áreas de convergência de águas superficiais, áreas com maior ou menor adensamento de drenagens e analisando áreas onde ocorre mais facilmente a infiltração de águas de precipitação ou onde ocorre maior escoamento superficial;
- Identificando áreas com comportamento hidrogeológico diferentes conforme a variação morfológica do relevo, como variação de gradiente hidráulico, áreas de recargas, descargas, áreas que se comportam como aquífugo (ex. escarpas, inselbergs ou serras isoladas circundadas por áreas mais baixas);

- Avaliando as espessuras estimadas obtidas por levantamentos geofísicos e/ou modelagens, identificando áreas com maiores capacidades de armazenamento e mais vantajosa para a produção de água subterrânea.

Para a hierarquização dessas Unidades Hidroestratigráficas em termos de produtividade hídrica, foi elaborada uma tabela (Diniz *et al*, 2012) de *"Caracterização Hidráulica das Classes dos Aquíferos"*, baseada no trabalho de Struckmeier & Margat (1995, *op.cit*). Para a comparação das produtividades de cada poço analisado, foram definidos intervalos de bombeamento de 0 a 12 horas contínuas e rebaixamento de coluna de água fixado em 25 metros.

A representação das unidades em mapa baseada na obedece a convenção internacional de cores para mapas hidrogeológicos estabelecido pela UNESCO (1983). A cor azul representa aquíferos granulares, a cor verde representa aquíferos fraturados (e cársticos, sendo com padrão de hachura de tijolo) e cor marrom as unidades não aquíferas. As unidades mais produtivas, com porosidade intergranular, fraturadas ou cárstica, são representadas em tons mais escuros e as unidades menos produtivas são representadas em tonalidades mais claras.

UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS

1. Granular (Gr)

Depósitos Aluvionares (Qa)

Localização

Ocorre principalmente associado aos depósitos aluvionares ao longo dos vales dos rios Tocantins e Araguaia, com maior expressão no entorno da Ilha do Bananal e no extremo norte do estado, na região conhecida como Bico do Papagaio; contudo, apresenta distribuição espacial descontínua. Registra-se também sua presença associada aos cursos d'água das principais bacias hidrográficas regionais, como as dos rios Formoso, do Sono e Javaés, bem como de seus afluentes. A área total de ocorrência dessa unidade no estado é estimada em 18.647 km².

Características Litológicas

A unidade hidroestratigráfica é constituída por depósitos sedimentares inconsolidados, compostos predominantemente por areia, silte e argila, com intercalações de níveis cascalhosos e presença frequente de matéria orgânica. A espessura dos depósitos é bastante variável, em geral reduzida, condicionada a dinâmica deposicional fluvial.

Características Hidrogeológicas

Trata-se de um aquífero do tipo livre, de extensão limitada e ocorrência descontínua, caracterizado por elevada porosidade e boa permeabilidade. Destaca-se que, especialmente ao longo do rio Tocantins, a largura dos corpos aquíferos pode atingir até 10 km. Apesar de suas propriedades, a produtividade é baixa a moderada, condicionada pela reduzida espessura saturada dos pacotes sedimentares, com espessura média em torno de 20 m. Desenvolve-se em áreas de topografia predominantemente plana e apresenta um nível freático raso, favorecendo a explotação por meio de captações de baixo custo, destinadas ao atendimento de demandas hídricas pontuais, geralmente através de poços escavados, comuns para esse tipo de aquífero. O aquífero mantém provável conexão hidráulica com as drenagens superficiais, funcionando ora como aquífero efluente, ora como

influente, em função das oscilações sazonais do nível d'água ao longo do ano hidrológico. A recarga ocorre predominantemente por infiltração direta das águas de chuva e, durante os períodos de cheia, por aporte das águas dos rios influentes. Na região da Bacia do Bananal, em função das características geológicas e de contato, o aquífero possivelmente apresenta conexão hidráulica com o Aquífero Araguaia. Nas demais áreas, estabelece comunicação hidráulica com os aquíferos subjacentes. Poços apresentam vazões variando entre 10 e 25 m³/h, quando associados a maiores espessuras sedimentares. Em áreas onde a espessura é muito reduzida, observa-se diminuição significativa da produtividade.

Produtividade

Geralmente baixa, porém localmente moderada (Classe 4).

Sigla

(4) Qa.

Qualidade

A qualidade natural das águas subterrâneas em geral é boa, com pH variando de levemente ácido a ácido.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta, predominantemente, vulnerabilidade natural extrema à contaminação, em razão de sua condição livre, do nível freático raso e da elevada permeabilidade dos sedimentos. Em áreas urbanizadas, recomenda-se evitar a captação por meio de poços escavados ou cacimbas, devido à ausência de proteção sanitária adequada. Recomenda-se, ainda, que as captações não sejam construídas próximas ou a jusante de fossas sépticas ou de outras fontes potenciais de contaminação.

Araguaia (Qag)

Localização

Ocorre na porção sudoeste do estado, com expressão na região da Ilha do Bananal, abrangendo áreas das bacias hidrográficas dos rios Araguaia, Javaés, Riozinho e Formoso. Ocupa uma área aproximada de 26.049 km².

Características Litológicas

Corresponde a uma cobertura sedimentar superficial constituída por depósitos inconsolidados, predominantemente arenosos e síltico-argilosos e níveis conglomeráticos subordinados. Os sedimentos apresentam espessura expressiva, superior a 100 metros.

Características Hidrogeológicas

Trata-se de um aquífero livre, contínuo e de grande extensão, caracterizado por porosidade e permeabilidade geralmente reduzidas, em função da presença significativa de sedimentos finos, como silte e argila, o que resulta em baixa produtividade. Assim como o Aquífero Aluvionar, apresenta nível freático raso, o que favorece o acesso à água subterrânea por meio de captações de baixo custo, geralmente destinadas ao atendimento de demandas hídricas pequenas e pontuais.

O aquífero contribui para a sustentação de importantes sistemas de drenagem superficial, como o rio Araguaia e a rede de drenagens associada à região da Ilha do Bananal. Em função das características geológicas e das relações de contato, apresenta provável conexão hidráulica com o

Aquífero Aluvionar. A recarga ocorre predominantemente por infiltração direta das águas de precipitação, desempenhando função estratégica de acumulação, retenção e transferência das águas pluviais para os aquíferos subjacentes.

Considerando que a área de ocorrência do aquífero está inserida em uma região que vem apresentando episódios recorrentes de escassez hídrica, o conhecimento de suas reservas e interações com as águas superficiais é fundamental para subsidiar a gestão dos recursos hídricos, reduzir conflitos de uso e garantir o atendimento às demandas dos diversos usuários, bem como a manutenção de suas funções ambientais e ecológicas.

Produtividade

Geralmente muito baixa, porém localmente baixa (Classe 5).

Sigla

(5) Qag.

Qualidade

De modo geral, as águas subterrâneas apresentam boa qualidade natural, sendo adequadas ao atendimento de usos múltiplos, desde que observadas as condições locais de proteção sanitária.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta vulnerabilidade natural média à contaminação. Em áreas urbanas, recomenda-se evitar captações por meio de poços escavados ou cacimbas, em razão da ausência de proteção sanitária adequada. As captações também não devem ser implantadas próximas ou a jusante de fossas sépticas ou de outras fontes potenciais de contaminação. Ressalta-se que parte significativa de sua área de ocorrência é utilizada para atividades agrícolas, o que a torna suscetível à contaminação difusa associada ao uso de insumos agroquímicos.

Rio das Barreiras (Nrb)

Localização

Ocorre na porção noroeste do estado, ocupando uma área aproximada de 5.210 km².

Características Litológicas

É constituído predominantemente por arenitos de granulação fina a média, com intercalações de argilitos e siltitos. Na base ocorrem conglomerados de matriz argilosa, associados a níveis subordinados de arenitos, argilitos e siltitos.

Características Hidrogeológicas

Trata-se de um aquífero livre, de extensão regional, com espessura média em torno de 80 m. Apresenta porosidade primária e permeabilidade geralmente reduzidas nas porções com maior participação de sedimentos finos, o que condiciona seu comportamento hidráulico e sua produtividade.

As vazões explotadas variam entre 10 e 25 m³/h e apresentam valor médio da ordem de 15 m³/h, podendo atingir valores máximos em torno de 34 m³/h em condições hidrogeológicas mais favoráveis. Os níveis estáticos são, em geral, rasos, situando-se a profundidades inferiores a 20 m. A recarga ocorre predominantemente por infiltração direta das águas de chuva.

Produtividade

Geralmente baixa, porém localmente moderada (Classe 4).

Sigla

(4) Nrb.

Qualidade

As águas subterrâneas apresentam, em geral, boa qualidade natural, caracterizando-se por baixos valores de condutividade elétrica, inferiores a 100 µS/cm, e pH predominantemente ácido a levemente ácido, variando entre 5 e 6.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta vulnerabilidade natural média à contaminação, em função da ocorrência de níveis estáticos rasos e da predominância de litologias com baixa capacidade de retenção de contaminantes. Recomenda-se a adoção de medidas de proteção sanitária adequadas nas áreas de captação.

Urucuia (K2u)

Localização

Ocorre no limite leste do estado, ao longo da divisa com os estados da Bahia, Maranhão e Piauí, onde apresenta continuidade regional. No território do Estado do Tocantins, ocupa uma área aproximada de 19.245 km².

Características Litológicas

O sistema é constituído, na base, pela Formação Posse, composta por arenitos de granulação fina a média, bem selecionados, com frequentes intercalações de sílex e ágata. No topo ocorre a Formação Serra das Araras, formada por arenitos laminados de granulação média a grossa, paraconglomerados e níveis subordinados siltosos e silto-argilosos.

Características Hidrogeológicas

Predomina o comportamento de aquífero livre, de grande extensão e continuidade lateral, podendo apresentar, localmente, condições de semiconfinamento/confinamento associadas à presença de horizontes silicificados. O sistema apresenta espessura variável, geralmente superior a 100 m, elevada porosidade primária e alta permeabilidade. O aquífero é recoberto por solos bem drenados e por um manto de alteração poroso, o que favorece elevadas taxas de infiltração e recarga, que ocorrem predominantemente por infiltração direta das águas de precipitação.

Exerce papel fundamental na manutenção das vazões de base e na alimentação de nascentes de tributários da margem direita do rio Tocantins. Destacam-se numerosas surgências sob pressão, amplamente exploradas para fins turísticos na região do Parque Estadual do Jalapão, onde formam os denominados fervedouros, constituindo importantes atrativos naturais e fonte de renda para a população local. Os níveis estáticos são, em geral, rasos, com profundidade média em torno de 11 m, ocorrendo registros de poços jorrantes. No estado encontram-se instalados três poços da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas - RIMAS, destinados ao acompanhamento das variações dos níveis d'água e das características hidroquímicas. Nesses poços, os níveis estáticos são inferiores a 10 m.

Apresenta, em geral, ótimos valores de vazões em poços de explotação, com vazões da ordem de 200 m³/h. Para fins de contextualização, no estado da Bahia há registros de poços de explotação apresentando vazões de até 600 m³/h. Em áreas onde a espessura saturada é reduzida, observa-se diminuição significativa dos parâmetros hidrodinâmicos.

Produtividade

Muito alta (Classe 1), *alta* (Classe 2), *moderada* (Classe 3) e *Geralmente muito baixa, porém localmente baixa* (Classe 4).

Sigla

(1) K2u; (2) K2u; (3) K2u; (4) K2u.

Qualidade

As águas subterrâneas apresentam, em geral, boa qualidade natural, sendo pouco mineralizadas, com condutividade elétrica inferior a 100 µS/cm, baixos teores de sólidos totais dissolvidos e pH ácido, variando entre 4,0 e 6,5. São adequadas para usos múltiplos, podendo, entretanto, apresentar concentrações elevadas de ferro e uma maior acidez em determinadas áreas.

Vulnerabilidade Natural

A vulnerabilidade natural à contaminação apresenta ampla variação espacial, desde baixa até extrema, em função principalmente da profundidade do nível estático. Contudo, em razão da elevada permeabilidade e da baixa capacidade de retenção e depuração de contaminantes dos sedimentos arenosos, recomenda-se especial atenção à implantação e ao controle de atividades potencialmente poluidoras nas áreas de recarga e de explotação do aquífero.

Itapecuru (K12it)

Localização

Ocorre de forma contínua na porção norte do estado, estendendo-se aproximadamente desde o município de Sítio Novo do Tocantins até Esperantina, ocupando uma área estimada em 3.211 km² e apresenta continuidade regional para os estados vizinhos.

Características Litológicas

É constituído predominantemente por arenitos friáveis de granulação média a fina, de composição quartzosa a arcoseana, com coloração variando de cinza a rosa-avermelhada. Ocorrem ainda ortoconglomerados e paraconglomerados, bem como intercalações de argilitos maciços, siltitos e folhelhos escuros, frequentemente preservando estruturas sedimentares primárias.

Características Hidrogeológicas

Trata-se de um aquífero predominantemente livre, com ocorrência contínua, extensão regional e espessura média da ordem de 200 m, apresentando localmente condições de semiconfinamento. Os pacotes arenosos apresentam porosidade primária e permeabilidade moderadas a elevadas, enquanto as intercalações de sedimentos finos promovem significativa redução desses parâmetros hidráulicos.

A recarga ocorre principalmente por infiltração direta da precipitação. As vazões típicas variam entre 25 e 50 m³/h. Registros de poços tubulares indicam vazões médias em torno de 22 m³/h, com valores máximos superiores a 50 m³/h em áreas onde predominam litofácies mais arenosas e maior espessura saturada.

Produtividade

Moderada (Classe 3).

Sigla

(3) K12it.

Qualidade

As águas subterrâneas apresentam, em geral, boa qualidade natural, com pH neutro: levemente ácido, entre 6 e 7, sendo adequadas para usos diversos, inclusive para consumo humano.

Vulnerabilidade Natural

A vulnerabilidade natural à contaminação varia de média a alta, em função principalmente da profundidade do nível estático e da distribuição espacial das litologias mais permeáveis.

Codó (K1c)

Localização

Ocorre de forma bastante restrita na porção norte–nordeste do estado, ao longo da divisa com o estado do Maranhão, sob a forma de corpos isolados e descontínuos, com uma área total de ocorrência no Tocantins estimada em aproximadamente 138 km².

Características Litológicas

A unidade Codó é constituída predominantemente por folhelhos negros betuminosos, associados a calcários e a evaporitos, destacando-se gipsita e anidrita. A porção intermediária da sucessão estratigráfica é composta por arenitos de coloração vermelho-amarronzada a esverdeada, fossilíferos, com intercalações de siltitos. O conjunto é sobreposto por calcários esbranquiçados a acinzentados, recobertos por folhelhos negros.

Características Hidrogeológicas

Trata-se de um aquífero do tipo livre, de ocorrência descontínua e espessura média em torno de 70 m, apresentando pouca capacidade para explotação de água subterrânea. As melhores camadas produtoras de água são aquelas relacionadas principalmente aos níveis arenosos da formação.

As vazões são predominantemente inferiores a 10 m³/h. As informações hidrogeológicas disponíveis para esta unidade no Estado do Tocantins são limitadas, havendo registro de apenas dois poços cadastrados nas bases de dados existentes.

Produtividade

Geralmente muito baixa, porém localmente baixa (Classe 5).

Sigla

(5) K1c.

Qualidade

De modo geral, as águas subterrâneas apresentam baixos valores de condutividade elétrica e de sólidos totais dissolvidos. Contudo, em função da associação com rochas carbonáticas e evaporíticas, podem ocorrer teores elevados de cálcio e magnésio, resultando em águas de elevada dureza.

Vulnerabilidade Natural

A unidade apresenta vulnerabilidade natural à contaminação variando de média a baixa.

Corda (J3K1c)

Localização

Ocorre na porção norte do estado, apresentando expressão regional. A área de ocorrência em superfície é estimada em aproximadamente 4.156 km², com desenvolvimento equivalente em subsuperfície, totalizando área semelhante.

Características Litológicas

É constituído predominantemente por arenitos de coloração cinza-esbranquiçada a avermelhada, de granulação fina a grossa, por vezes com distribuição granulométrica bimodal, apresentando raros níveis de sílex.

Características Hidrogeológicas

O sistema aquífero ocorre sob condições livres a confinadas, de forma contínua, com extensão regional e espessura média em torno de 150 m. A recarga ocorre principalmente por infiltração direta da precipitação, sendo favorecida pelo relevo predominantemente aplainado das áreas de afloramento.

Quando a unidade ocorre sob a forma de lentes isoladas e descontínuas, observa-se redução significativa dos parâmetros hidráulicos, resultando em menor produtividade. Ensaios de bombeamento indicam valores de transmissividade variando, em ordem de grandeza, entre 10^{-4} e 10^{-5} m²/s. Apresenta vazões de até 50 m³/h nas áreas de maior continuidade e espessura saturada.

Nas porções onde o aquífero aflora sob a forma de lentes descontínuas, a produtividade é menor, com vazões inferiores a 10 m³/h. Dados de poços tubulares indicam vazões médias de 15 m³/h, com valores máximos superiores a 50 m³/h em condições hidrogeológicas favoráveis.

Produtividade

Moderada (Classe 3) e *geralmente muito baixa, porém localmente baixa* (Classe 5),

Sigla

(3) J3K1c; (5) J3K1c.

Qualidade

As águas subterrâneas apresentam, em geral, boa qualidade natural, caracterizando-se por baixa condutividade elétrica, resíduo seco inferior a 400 mg/L e pH variando entre 5,2 e 7,5, com valor médio em torno de 6,9.

Vulnerabilidade Natural

Predomina vulnerabilidade natural à contaminação entre média e baixa, em função das características do relevo e da variação espacial da profundidade do nível estático. Próximo às drenagens, a vulnerabilidade tende a ser alta, em razão da ocorrência de níveis d'água mais rasos e maior interação com as águas superficiais.

Sambaíba (Ts)

Localização

Ocorre em superfície e em subsuperfície na porção norte do Tocantins, margeando o limite norte dos sedimentos do Grupo Urucuia. Aflora em uma área aproximada de 6.345 km² e, quando em condição confinada, estende-se por uma área estimada em cerca de 7.500 km².

Características Litológicas

É constituído predominantemente por arenitos de granulação fina a média, com distribuição granulométrica bimodal, cimentação moderada e baixo grau de fraturamento.

Características Hidrogeológicas

Trata-se de um aquífero de grande extensão e ocorrência contínua, que se apresenta de forma livre e confinada, com espessura média de aproximadamente 300 m. Configura-se como uma unidade promissora para captação de água subterrânea, em razão da elevada porosidade e permeabilidade associadas às litologias predominantemente arenosas, especialmente quando ocorre em condição confinada, sotoposto aos basaltos da Formação Mosquito ou aos sedimentos da Formação Corda.

Quando aflora em corpos descontínuos, o aquífero apresenta espessuras reduzidas e baixo capacidade produtiva. Em condição livre, dados de poços indicam vazões de captação geralmente inferiores a 20 m³/h e níveis estáticos médios em torno de 20 m. A recarga ocorre principalmente por infiltração direta das águas de precipitação nas áreas de afloramento e, quando em condição confinada, por meio de trocas hidráulicas com as unidades aquíferas sobrejacentes.

Há áreas com poços de excelente produtividade, com vazões entre 50 e 100 m^3/h, ocorrendo áreas de excepcional produtividade com vazões de poços superiores a 100 m^3/h, as quais dependem das espessuras e/ou condições de confinamento. Subordinadamente ocorre produtividade geralmente baixa, quando ocorre associado a corpos de extensão limitada em condição livre, cujas vazões são inferiores, situando-se entre 10 e 25 m^3/h.

Produtividade

Muito alta (Classe 1), *alta* (Classe 2) e *Geralmente baixa e localmente moderada* (Classe 4).

Sigla

(1) Ts; (2) Ts; (4) Ts.

Qualidade

As águas subterrâneas apresentam, em geral, boa qualidade química, com condutividade elétrica média em torno de 50 µS/cm e pH com valor médio aproximado de 5,9.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta baixa vulnerabilidade natural à contaminação quando ocorre em condição confinada. Em condição livre, a vulnerabilidade varia de média a baixa.

Motuca (P3m)

Localização

Ocorre na porção centro-norte do estado, apresentando distribuição contínua e alongada segundo a direção norte–sul, ocupando uma área aproximada de 6.561 km².

Características Litológicas

É constituído predominantemente por arenitos com estratificação cruzada, associados a intercalações de argilitos, arenitos e siltitos. Ocorrem ainda níveis de calcário, gipsita e anidrita. São frequentes lentes de argilitos e siltitos de coloração avermelhada, com intercalações de arenitos finos, com transição, na porção superior da unidade, para arenitos de origem eólica.

Características Hidrogeológicas

Trata-se de um aquífero predominantemente em condição livre, com espessura média em torno de 200 m. As condições aquíferas estão restritas principalmente às faixas arenosas, onde se observam valores mais elevados de permeabilidade. A recarga ocorre essencialmente por infiltração direta das águas de precipitação.

As captações contam com vazões de explotação, em geral, inferiores entre 10 e 25 m^3/h. Em função da variação faciológica, observa-se ampla dispersão das vazões registradas em poços tubulares, com valores médios próximos a 10 m^3/h e vazões máximas superiores a 30 m^3/h em condições locais mais favoráveis.

Produtividade

Geralmente baixa e localmente moderada (Classe 4).

Sigla

(4) P3m.

Qualidade

Não há dados analíticos de qualidade da água disponíveis nas bases de dados para esta unidade. Contudo, em função das características litológicas predominantes, espera-se que as águas subterrâneas apresentem qualidade natural satisfatória, potencialmente adequadas para consumo humano, condicionadas à verificação por análises físico-químicas.

Vulnerabilidade Natural

Predominam áreas com baixa vulnerabilidade natural à contaminação, variando para média e alta nas proximidades de cursos d'água, em função da menor profundidade do nível estático e da maior interação com as águas superficiais.

Pedra de Fogo (P12pf)

Localização

Ocorre em superfície sob a forma de uma estreita faixa com direção norte–sul, estendendo-se da porção central até o norte do estado, além de apresentar corpos descontínuos na porção leste. A área total de afloramento é estimada em aproximadamente 7.028 km^2.

Características Litológicas

Constitui-se por uma sequência sedimentar de caráter cíclico, composta predominantemente por argilitos e arenitos de coloração vermelha a esverdeada, intercalados com níveis de silexitos, calcários e margas. São comuns siltitos carbonáticos cinza-esverdeados, com intercalações de calcários, arenitos fossilíferos, folhelhos, conglomerados, silexitos e níveis subordinados de gipsita.

Características Hidrogeológicas

Corresponde a um aquífero do tipo livre, com espessura média de 100 m, apresentando permeabilidade e porosidade baixas a muito baixas, o que resulta em pouca produtividade. Dados provenientes de poços tubulares indicam que a explotação ocorre, em geral, de forma associada ao Sistema Aquífero Poti/Piauí, sendo escassos os registros de captação isolada.

As captações fornecem, em geral, pequenas vazões de explotação, normalmente inferiores a 10 m³/h, sendo que as vazões médias observadas estão abaixo de 10 m³/h e a maior espessura saturada registrada em poços é de 77 m.

Produtividade

Muito baixa, porém localmente baixa (Classe 5).

Sigla

(5) P12pf.

Qualidade

As águas subterrâneas apresentam, de modo geral, boa qualidade química, com pH em torno de 6,0 e pouco mineralizadas, com condutividade elétrica inferior a 50 µS/cm.

Vulnerabilidade Natural

Predominam áreas classificadas com baixa vulnerabilidade natural, podendo variar para média a alta em setores próximos a cursos d'água superficiais.

Piauí (C2pi)

Localização

Aflora de forma extensa e contínua na porção leste do Estado, além de ocorrer em corpos mais restritos nas regiões centro e norte. A área total de afloramento é estimada em aproximadamente 14.589 km².

Características Litológicas

É constituída predominantemente por arenitos de coloração vermelha a creme, friáveis, de granulometria média, bem selecionados, com grãos subarredondados a arredondados. Ocorrem também arenitos grossos, estratificados, com intercalações de conglomerados e níveis subordinados de argilitos e siltitos laminados. Localmente são observadas pequenas lentes dispersas de caulim. No topo da unidade, registram-se folhelhos e níveis de sílex avermelhados, em contato abrupto com os arenitos. A espessura média da formação é da ordem de 150 m.

Características Hidrogeológicas

A unidade aquífera ocorre sob condições livre, semiconfinada e confinada, apresentando extensão regional e elevada porosidade primária. Em associação com a Formação Poti, que exibe características hidráulicas semelhantes, constitui o Sistema Aquífero Piauí/Poti, cuja espessura média é de aproximadamente 400 m. As vazões predominantes ocorrem até 50 m³/h.

Em algumas regiões, quando ocorre em maiores profundidades e com boas condições de confinamento, pode apresentar produtividade mais elevada, com vazões até 100 m³/h. Quando em regime livre, observa-se redução da produtividade em função de variações na geometria dos corpos aquíferos e nos parâmetros hidráulicos, com vazões próximas a 25 m³/h.

Produtividade

Moderada (Classe 3).

Sigla

(3) C2pi.

Qualidade

As águas subterrâneas apresentam, em geral, excelente qualidade para consumo humano e demais usos, caracterizando-se por baixos valores de condutividade elétrica.

Vulnerabilidade Natural

Predominam áreas com baixa vulnerabilidade natural, podendo variar para média e alta, quando próxima a cursos d'água.

Poti (C1po)

Localização

Aflora de maneira extensa e contínua na porção centro-leste do estado, ocupando uma área aproximada de 16.554 km².

Características Litológicas

É composta principalmente por arenitos esbranquiçados, cremes a avermelhados, friáveis, de granulação fina a média, com grãos subarredondados a arredondados, bem selecionados. Localmente, podem ocorrer níveis de conglomerado polimítico no topo da formação, bem como intercalações subordinadas de siltitos e argilitos arroxeados a avermelhados, além de folhelhos brancos. A espessura média do pacote sedimentar é estimada em cerca de 250 m. Localmente a unidade encontra-se recoberta por coberturas detrito-lateríticas ferruginosas.

Características Hidrogeológicas

A unidade aquífera Poti ocorre sob condições livre, semiconfinada e confinada, apresentando ampla continuidade regional e porosidade primária elevada. Em conjunto com a Formação Piauí, integra o Sistema Aquífero Piauí/Poti, com espessura média combinada da ordem de 400 m. Adicionalmente, a unidade pode ocorrer sob a forma de lentes isoladas sobre as formações Pimenteiras e Cabeças, apresentando espessura reduzida e pouca possibilidade de aproveitamento de suas águas subterrâneas para explotação, com vazões geralmente inferiores a 25 m³/h. São encontradas vazões entre 25 e 50 m^3/h nas ocorrências mais espessas.

Quando ocorrem lentes isoladas ou com reduzida espessura as vazões encontradas situam-se entre 10 e 25 m^3/h. Localmente quando ocorre de forma muito profunda e em boas condições de confinamento pode apresentar melhores produtividades, com vazões de até 100 m³/h. Quando aflorante, a produtividade tende a diminuir, com vazões predominantemente inferiores a 25 m³/h, em função de alterações nos parâmetros hidráulicos, interações com a superfície e devido à geometria dos corpos aquíferos.

Produtividade

Moderada (Classe 3) e *geralmente baixa, porém localmente moderada* (Classe 4).

Sigla

(3) C1po; (4) C1po.

Qualidade

As águas subterrâneas apresentam, de modo geral, excelente qualidade para consumo humano e usos múltiplos, com baixos valores de condutividade elétrica.

Vulnerabilidade Natural

Predominam áreas classificadas com baixa vulnerabilidade natural, variando para média e alta em áreas próximas a cursos d`água.

Longá (D3C1l)

Localização

A unidade ocorre em superfície sob a forma de uma faixa alongada, com direção preferencial norte–sul, situada na porção centro-leste do estado, abrangendo uma área aproximada de 3.822 km².

Características Litológicas

É constituída predominantemente por siltitos de coloração amarelada, argilitos arroxeados/avermelhados, arenitos finos amarelados e ritmitos, geralmente friáveis e/ou submetidos a processos de lateritização. Ocorrem argilitos e folhelhos negros com intercalações de lentes de arenitos finos na porção basal, de coloração creme a esbranquiçados, com intercalações de siltitos e folhelhos cinza-esverdeados, micáceos. O topo da unidade é marcado pela predominância de folhelhos cinza-escuros.

Características Hidrogeológicas

Apresenta ampla extensão regional e espessura variável, geralmente superior a 150 m, caracterizando-se por condutividade hidráulica nula a muito baixa. A unidade não possui capacidade significativa de armazenamento e circulação de água subterrânea, configurando-se como um aquitardo. Desempenha papel importante como barreira hidráulica ao fluxo subterrâneo, atuando também como camada confinante do aquífero Cabeças.

Produtividade

Muito baixa ou não aquífera (Classe 6).

Sigla

(6) D3C1l.

Qualidade

Não há informações disponíveis acerca das características físico-químicas das águas subterrâneas associadas à unidade.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta baixa vulnerabilidade natural.

Cabeças (D23c)

Localização

Aflora na porção centro-leste do estado, ocorrendo sob a forma de corpos alongados com direção preferencial norte–sul, além de pequenos corpos isolados, totalizando uma área de afloramento de aproximadamente 5.218 km². Em subsuperfície, sob condições de confinamento e

recoberta pelas formações Longá, Poti, Piauí e Pedra de Fogo, estima-se uma área de ocorrência da ordem de 40.000 km².

Características Litológicas

É constituída predominantemente por arenitos de coloração branca a rosada, cauliníticos, friáveis, com intercalações de níveis de granulometria fina a média e grossa a muito grossa. Ocorrem ainda paraconglomerados contendo grânulos e blocos subarredondados a subangulosos, compostos majoritariamente por quartzo, dispersos em matriz síltico-argilosa.

Características Hidrogeológicas

A unidade ocorre sob condições livre e confinada, apresentando continuidade lateral e extensão regional, com espessura média estimada em 350 m, com permeabilidade e porosidade classificadas como moderadas a elevadas. As áreas de afloramento desempenham papel fundamental na recarga do aquífero, por meio da infiltração direta das águas de precipitação.

A produtividade hidrogeológica é variável, sendo moderada nas áreas aflorantes, onde podem ser registradas vazões de até 50 m³/h, e baixa nas ocorrências sob a forma de lentes descontínuas nas bordas da bacia sedimentar, com vazões geralmente inferiores a 25 m³/h, porém superiores a 10 m^3/h. As áreas mais produtivas apresentam vazões superiores a 100 m^3/h, que são as áreas onde o aquífero ocorre sob confinamento, recoberta pelas formações Longá, Pedra de Fogo, Piauí e Poti.

Produtividade

Muito alta (Classe 1), *moderada* (Classe 3) ou *geralmente baixa, porém localmente moderada* (Classe 4).

Sigla

(1) D23c; (3) D23c; (4) D23c.

Qualidade

As águas subterrâneas associadas à unidade hidroestratigráfica Cabeças apresentam, de modo geral, boa qualidade química, sendo adequadas a usos múltiplos. Os valores médios observados indicam condutividade elétrica em torno de 297 µS/cm e sólidos totais dissolvidos da ordem de 193 mg/L.

Vulnerabilidade Natural

Nas áreas onde aflora, a vulnerabilidade natural varia de baixa a média, podendo atingir níveis elevados em setores próximos a cursos d'água superficiais. Em condições de confinamento, a unidade apresenta baixa vulnerabilidade natural.

Pimenteiras (D23p)

Localização

Unidade aflora na região central do estado, distribuída em uma faixa alongada com direção aproximadamente norte-sul, ocupando área estimada em cerca de 21.024 km².

Características Litológicas

Constituída predominantemente por siltitos amarelos e marrons, finamente laminados, com intercalações de argilitos roxos a avermelhados e arenitos finos a médios, por vezes micáceos. Ocorrem ainda arenitos vermelhos, bem selecionados, de granulação média a grossa, além de arenitos

arcoseanos subordinados e folhelhos roxos, localmente com níveis conglomeráticos. Na porção basal, são registrados pacotes métricos de folhelhos cinza, associados a níveis de siltitos.

Características Hidrogeológicas

Unidade caracterizada por baixa capacidade de armazenamento e circulação de água subterrânea, configurando-se como um aquitardo. Apresenta permeabilidade reduzida, podendo ocorrer incremento localizado da produtividade em áreas com intenso fraturamento, associado à presença de estruturas abertas. Possui espessura superior a 150 m e, localmente, é recoberta por cobertura detrito-laterítica ferruginosa. Desempenha papel relevante como barreira hidráulica ao fluxo subterrâneo e como camada confinante do Aquífero Serra Grande.

Produtividade

Muito baixa ou não aquífera (Classe 6).

Sigla

(6) D23p.

Qualidade

Não há informações disponíveis sobre as características químicas da água.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta baixa vulnerabilidade natural.

Água Bonita (SDab)

Localização

Unidade tem ocorrência restrita no sudoeste do estado, representada por corpo isolado e alongado na direção nordeste-sudoeste, com área aproximada de 310 km², prolongando-se para o estado de Goiás.

Características Litológicas

Apresenta espessura de poucas dezenas de metros, sendo constituída na base por conglomerados com seixos de quartzo em matriz quartzosa, sotopostos por arenitos micáceos de granulação média a grossa, com intercalações decimétricas de siltitos cinza-claros. No topo, predominam arenitos brancos friáveis, quartzosos, de granulação fina a média, com grãos angulosos a arredondados, micáceos e localmente feldspáticos, associados a intercalações de siltitos e níveis arenosos conglomeráticos.

Características Hidrogeológicas

Não existem dados disponíveis de poços ou registros específicos na literatura hidrogeológica para esta unidade. Entretanto, com base nas características litológicas, espessura e distribuição, infere-se tratar-se de um aquífero livre, contínuo, de extensão local, com permeabilidade baixa a moderada, condicionado pela presença de níveis finos intercalados entre as camadas arenosas, resultando em pouca produtividade. As vazões dos poços são sempre inferiores a 10 m^3/h.

Produtividade

Geralmente muito baixa, porém localmente baixa (Classe 5).

Sigla

(5) SDab.

Qualidade

Não há dados analíticos disponíveis. Em função das litologias atravessadas, são esperadas águas pouco ácidas.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta vulnerabilidade natural média a baixa.

Serra Grande (Ssg)

Localização

Unidade aflora na porção central do estado, principalmente nas bordas das serras do Lajeado e do Carmo, onde forma escarpas sinuosas, distribuídas em corpos descontínuos que totalizam aproximadamente 941 km². Em subsuperfície, estende-se sob as formações Pimenteiras e Cabeças, ocupando área estimada em cerca de 28.000 km².

Características Litológicas

Constituída predominantemente por arenitos arcoseanos de granulação média a grossa, com níveis e camadas conglomeráticas, especialmente na base das formações Ipu, Tianguá e Jaicós. Ocorrem, de forma subordinada, raros níveis de siltitos e folhelhos na porção inferior da unidade.

Características Hidrogeológicas

Configura-se como um aquífero frequentemente contínuo, de extensão regional e elevada importância hidrogeológica em grandes profundidades. Nas áreas em que ocorre de forma livre ou com reduzidas condições de confinamento, apresenta produtividade reduzida, geralmente compreendida entre 10 e 25 m³/h, em função da ocorrência de espessuras saturadas reduzidas e/ou elevada condição de silicificação.

No geral, nas áreas onde é viável o seu aproveitamento, a vazão de explotação esperada se situa abaixo de 25 m^3/h, mas onde o aquífero ocorre de forma muito profunda ele é capaz de apresentar vazões mais altas do que 25 m³/h, ao contrário do que ocorre nos Estados do Piauí e Maranhão, sendo notável que este tipo de captação possui elevados custos de perfuração e, portanto, não é muito comum no Estado do Tocantins. Pode apresentar condições de confinamento melhores ou significativamente variáveis e uma melhor porosidade primária, principalmente em grandes profundidades de ocorrência.

As melhores condições hidrogeológicas ocorrem em extensas áreas, quando subjacente as unidades Pimenteiras e Cabeças, e é capaz de atingir melhores produtividades condicionadas a existência de espessuras saturadas que alcançam até 500 m. Quando em condições geomorfológicas associadas ao relevo escarpado não funciona como aquífero. A recarga ocorre principalmente por meio da percolação de água das unidades sobrejacentes.

Produtividade

Geralmente baixa, porém localmente moderada (Classe 4).

Sigla

(4) Ssg.

Qualidade

As águas apresentam, de modo geral, boa qualidade química, adequadas aos diversos usos, com condutividade elétrica média em torno de 250 µS/cm e pH médio próximo a 7,0.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta baixa vulnerabilidade natural à contaminação.

2. Cárstico

Bambuí – Lagoa do Jacaré (NP3blj) e Sete Lagoas (NP3bsl)

Localização

Unidade localizada na porção sudeste do estado, ocorrendo sob a forma de corpos descontínuos, ocupando área aproximada de 2.006 km².

Características Litológicas

Constituída por calcarenitos, calcários e metacarbonatos, com intercalações subordinadas de rochas pelíticas pertencentes às formações Lagoa do Jacaré e Sete Lagoas.

Características Hidrogeológicas

Unidade hidrogeológica heterogênea, de extensão regional e ocorrência descontínua, podendo apresentar comportamento livre ou confinado, quando sotoposta por sedimentos terrígenos. A produtividade está diretamente relacionada ao desenvolvimento de fraturas e cavidades de dissolução abertas pela circulação da água, características de sistemas cársticos. Poços produtivos alcançam vazões entre 10 a 25 m^3/h nas áreas de ocorrência sob condição livre. As melhores condições de armazenamento e os parâmetros hidráulicos mais favoráveis ocorrem nos trechos sob confinamento.

Quando presente, o manto de intemperismo atua como elemento de proteção natural, funcionando como filtro que pode atenuar ou retardar a chegada de contaminantes às águas subterrâneas. A circulação da água subterrânea ocorre, em geral, de forma mais rápida em relação a aquíferos porosos, favorecendo a disseminação de contaminantes em áreas cársticas.

Produtividade

*Geralmente baixa, porém localmente moderada (*Classe 4).

Sigla

(4) NP3blj; (4) NP3bsl.

Qualidade

As águas são caracterizadas por elevadas concentrações de cálcio e magnésio, alta condutividade elétrica, pH alcalino (superior a 8,0) e elevada dureza. Localmente, foram registradas ocorrências de flúor em concentrações acima do limite de potabilidade.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta vulnerabilidade natural à contaminação extrema nas áreas aflorantes, em função da elevada velocidade de circulação da água em meio cárstico.

3. Fraturado

Mosquito (T3J1βm)

Localização

Unidade aflora no norte do estado, ao longo da divisa com o Estado do Maranhão, ocupando área aproximada de 3.117 km².

Características Litológicas

Constituída predominantemente por basaltos maciços, localmente amigdaloidais, com intercalações subordinadas de arenitos.

Características Hidrogeológicas

Configura-se como aquífero livre, descontínuo e heterogêneo, de pequena extensão e muito baixa produtividade. A capacidade de armazenamento e circulação de água subterrânea encontra-se diretamente relacionada ao grau de fraturamento das rochas basálticas, sendo que o aumento da densidade e interconexão das fraturas resulta em maiores capacidades produtivas. Em função da escala de trabalho, não foi possível a individualização das áreas com maior desenvolvimento de fraturas.

Dessa forma, podem ocorrer desde poços secos até poços com vazões significantes, a depender das estruturas interceptadas durante a perfuração. A unidade exerce papel relevante como barreira hidráulica ao fluxo subterrâneo e como camada confinante do Aquífero Sambaíba.

Produtividade

Muito baixa ou não aquífera (Classe 6).

Sigla

(6) T3J1βm.

Qualidade

Existem poucos dados disponíveis, os quais indicam pH próximo da neutralidade, em torno de 7,0.

Vulnerabilidade Natural

Variável, predominando baixa vulnerabilidade natural, podendo atingir níveis médio a alto em áreas próximas a cursos d'água.

Couto Magalhães (NP23ct)

Localização

Unidade aflora na porção oeste/noroeste do estado, ao longo da divisa com o Estado do Pará, ocupando área aproximada de 20.907 km².

Características Litológicas

Constituída por metassedimentos de baixo grau metamórfico, representados por filitos, ardósias, metarenitos, metargilitos, metassiltitos e rochas carbonáticas subordinadas.

Características Hidrogeológicas

Os reservatórios ocorrem em uma extensa área aflorante e apresentam comportamento predominantemente livre, sendo hidraulicamente descontínuos e heterogêneos. O armazenamento e a circulação da água subterrânea são controlados pela presença de estruturas planares abertas, tais como fraturas, juntas, falhas e planos de acamamento.

A recarga ocorre predominantemente por infiltração direta das águas pluviais, favorecida pela presença de manto de intemperismo espesso, drenagens superficiais e coberturas sedimentares, desde que associadas a fraturas abertas. O relevo exerce influência significativa na produtividade do aquífero: áreas planas, com depressões preenchidas por sedimentos inconsolidados e manto de alteração espesso, apresentam maiores índices de aproveitamento de água subterrânea, enquanto áreas de relevo acidentado, com declividades médias a altas e manto de intemperismo ausente ou pouco desenvolvido, e favorecem elevado escoamento superficial com baixa infiltração, resultando em reduzido armazenamento e reduzida produtividade.

Em função da heterogeneidade litológica e estrutural, as características hidrodinâmicas apresentam ampla variação, com vazões inferiores a 1 m³/h até valores superiores a 50 m³/h, predominando vazões entre 10 e 25 m³/h. Os poucos dados de poços disponíveis indicam que, quando captados no manto de intemperismo, as vazões tendem a ser mais elevadas. Nas porções mais ao norte da área de ocorrência, em função dos maiores índices pluviométricos, observa-se incremento da capacidade de produção do aquífero, associado ao aumento da recarga e do volume de água em circulação. Nos locais onde afloram rochas carbonáticas, a unidade pode configurar sistemas aquíferos do tipo cárstico–fissural.

Produtividade

Geralmente baixa, porém localmente moderada (Classe 4) e *geralmente muito baixa, porém localmente baixa* (Classe 5).

Sigla

(4) NP23ct; (5) NP23ct.

Qualidade

As águas apresentam, em geral, baixos valores de sólidos totais dissolvidos e de condutividade elétrica, normalmente inferiores a 200 µS/cm, com pH variando entre 5,0 e 8,0, sendo adequadas para os diversos usos. Alterações na qualidade ocorrem em áreas com presença de rochas carbonáticas, caracterizadas por elevadas concentrações de cálcio e magnésio, aumento da condutividade elétrica e pH alcalino.

Vulnerabilidade Natural

A vulnerabilidade natural do aquífero é classificada como média a baixa, em função das variações na profundidade do nível d'água. A presença de manto de intemperismo contribui para a proteção natural do aquífero contra contaminação; entretanto, uma vez atingido por contaminantes, estes podem se propagar rapidamente em função da dinâmica do fluxo subterrâneo.

Bambuí – Serra de Santa Helena (NP3bsh)

Localização

Unidade aflora no limite sudeste do estado, ocupando área aproximada de 6.320 km².

Características Litológicas

Constituída por rochas terrígenas da Formação Serra de Santa Helena, representadas por siltitos, argilitos, diamictitos, tilitos, paraconglomerados polimíticos e ardósias. Ocorrem níveis subordinados de arenitos vermelhos, laminados, de granulação fina a média. Localmente, são observadas interdigitações de lentes e camadas de rochas carbonáticas.

Características Hidrogeológicas

Ocorre predominantemente sob condição livre, de forma descontínua e com extensão regional. Caracterizado como heterogêneo e anisotrópico, de elevada espessura e baixa condutividade hidráulica. Configura-se como aquífero de meio fissurado, com comportamento hidráulico controlado principalmente pela densidade e conectividade do fraturamento.

Poços produtivos costumam apresentar vazões entre 10 e 25 m^3/h, entretanto, há grande variação nas vazões, predominando estes valores entre 10 e 25 m^3/h, com valores maiores associados a zonas intensamente fraturadas, a pacotes litológicos com melhor desenvolvimento de porosidade primária e a áreas com relevo relativamente plano. Raros registros de poços em algumas localidades indicam vazões máximas da ordem de até 60 m^3/h.

Apesar da presença local de camadas carbonáticas, que podem contribuir para a melhoria pontual das propriedades hidráulicas, a unidade não apresenta feições típicas de sistemas cársticos. O relevo é predominantemente suave ondulado, favorecendo a infiltração das águas pluviais, que constitui o principal mecanismo de recarga do aquífero, contribuindo para a disponibilidade hídrica local.

Produtividade

Geralmente baixa, porém localmente moderada (Classe 4).

Sigla

(4) NP3bsh.

Qualidade

As águas apresentam, em geral, boa qualidade química natural.

Vulnerabilidade Natural

Alta a média, em função do intenso sistema de drenagem superficial e da ocorrência de níveis estáticos rasos.

Paranoá (MPpa)

Localização

Unidade aflorante no extremo sul do estado, ocupando área aproximada de 445 km^2, sob a forma de corpo estreito e alongado na direção norte–sul, com continuidade para o Estado de Goiás.

Características Litológicas

Constituída predominantemente por psamitos, pelitos e paraconglomerados, associados a quartzitos, metassiltitos e ritmitos. Ocorrem, de maneira restrita, lentes de mármores dolomíticos e calcíticos.

Características Hidrogeológicas

Pode apresentar comportamento hidrogeológico livre ou confinado, em função da disposição e da continuidade das sequências litológicas. Apresenta permeabilidade baixa a moderada, com armazenamento e circulação da água subterrânea condicionados principalmente à porosidade de natureza planar (fissural) e, secundariamente, à porosidade intergranular, quando presente associada à fissural.

Apresenta vazões entre 10 a 25 m^3/h, sendo que não há informações de poços disponíveis na base de dados utilizada (SIAGAS) para a área do estado; entretanto, no Estado de Goiás, as vazões de poços tubulares, de modo geral, variam entre 10 e 25 m^3/h, podendo localmente atingir valores de até 40 m^3/h, associados a áreas com maior espessura do manto de intemperismo, predominância de quartzitos e metarritmitos subordinados ou à presença intercalada de lentes e camadas de calcário e mármore.

Embora a espessura total da unidade seja da ordem de centenas de metros, os poços geralmente atingem profundidades de até 200 m, não sendo observado incremento significativo de vazão em perfurações mais profundas. O relevo exerce papel determinante na produtividade da unidade, sendo que em áreas de elevada declividade, como nas serras, a capacidade de produção do aquífero é reduzida, em função do elevado escoamento superficial e das baixas taxas de recarga.

Produtividade

Geralmente baixa, porém localmente moderada (Classe 4).

Sigla

(4) MPpa.

Qualidade

As águas apresentam, em geral, boa qualidade química natural.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta baixa vulnerabilidade natural a contaminação.

Serra da Mesa (MP1sm)

Localização

Unidade aflora no sul do Estado do Tocantins, com continuidade para o estado de Goiás, ocupando área aproximada de 2.944 km^2.

Características Litológicas

Constituída predominantemente por micaxistos com muscovita e biotita, intercalados com lentes de quartzitos finos e laminados. Ocorrem ainda lentes espessas de calcixistos e rochas calcissilicáticas, além de metamargas, mármores, metacalcários dolomíticos e filitos.

Características Hidrogeológicas

Aquífero predominantemente livre, heterogêneo, de extensão regional e baixa permeabilidade, com armazenamento e circulação da água subterrânea condicionados principalmente à porosidade de natureza planar (fissural). Apresenta geralmente vazões inferiores a 10 m^3/h. O ângulo de mergulho da foliação dos xistos e das demais rochas metamórficas exerce controle significativo sobre a produtividade dos poços.

Em áreas com relevo de elevada declividade, especialmente nas serras sustentadas por quartzitos, observa-se redução da permeabilidade e, consequentemente, da produtividade do aquífero.

Produtividade

Geralmente muito baixa, porém localmente baixa (Classe 5) e *muito baixa ou não aquífera* (Classe 6).

Sigla

(5) MP1sm; (6) MP1sm.

Qualidade

Suas águas, no geral, são de boa qualidade química e adequadas para consumo humano.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta baixa vulnerabilidade natural a contaminação.

Fraturado Indiferenciado (Fr)

Localização

Unidade de maior extensão no estado, abrangendo área superior a 83.582 km², estendendo-se do sul ao norte e atravessando toda a faixa central.

Características Litológicas

Constituída por rochas ígneas e metamórficas pertencentes à Província Estrutural do Tocantins, englobando ampla variedade litológica, incluindo granitoides, rochas vulcânicas e metavulcânicas, xistos, quartzitos, gnaisses e migmatitos, entre outras.

Características Hidrogeológicas

Os reservatórios ocorrem em extensa área aflorante e apresentam comportamento predominantemente livre, sendo hidraulicamente descontínuos e heterogêneos. Em função da elevada heterogeneidade litológica e estrutural, as características hidrodinâmicas variam amplamente, com vazões inferiores a 1 m³/h até valores superiores a 50 m³/h, predominando vazões inferiores a 10 m³/h.

Os poucos dados de poços disponíveis indicam que, quando explorados de forma integrada ao aquífero freático, com captação no manto de intemperismo, as vazões tendem a ser mais elevadas; em um conjunto de quatro poços nessa condição, foram registradas vazões superiores a 10 m³/h. O armazenamento e a circulação da água subterrânea são controlados pela presença de estruturas planares abertas, tais como fraturas, juntas, falhas e planos de acamamento.

Nos setores onde ocorrem rochas carbonáticas, a unidade pode configurar sistemas aquíferos do tipo cárstico–fissural, sendo comuns feições como dolinas e sumidouros. A recarga ocorre predominantemente por infiltração direta das águas pluviais, favorecida pela presença de manto de intemperismo espesso, drenagens superficiais e coberturas sedimentares, desde que associadas à existência de fraturas abertas.

O relevo exerce papel relevante na produtividade do aquífero: áreas planas, com depressões preenchidas por sedimentos inconsolidados e manto de alteração espesso, apresentam maior

permeabilidade e elevada capacidade de infiltração, funcionando como áreas de alimentação do aquífero fraturado subjacente. Em contrapartida, áreas de relevo acidentado, com declividades médias a altas e manto de intemperismo ausente ou pouco desenvolvido, favorecem elevado escoamento superficial e baixa infiltração, resultando em reduzido armazenamento e reduzida produtividade.

Considerando as condições para desenvolvimento de manto de intemperismo de várias dezenas de metros e a tendência de fechamento das fraturas com o aumento da profundidade, estima-se que os poços perfurados nesta unidade, na área do Estado do Tocantins, têm melhores condições de serem produtivos em até 120 metros e não devem ultrapassar a profundidade de até 200 metros.

A ocorrência de cursos d'água superficiais intermitentes, especialmente na porção sul do estado, indica uma baixa capacidade desta unidade para manutenção de vazão de base de rios, córregos ou riachos, principalmente quando relacionados às áreas de bacias hidrográficas com contribuição subterrâneas insignificantes. Apesar de não ser muito comum para esta unidade, na região da Serra das Caldas, no município de Paranã, há registros de ocorrência de poços com hidrotermalismo.

Produtividade

Geralmente muito baixa, porém localmente baixa (Classe 5) e *muito baixa ou não aquífera* (Classe 6).

Sigla

(5) Fr; (6) Fr.

Qualidade

As águas apresentam, em geral, baixos valores de sólidos totais dissolvidos e de condutividade elétrica, normalmente inferiores a 200 µS/cm, com pH variando entre 5,0 e 8,5 (média em torno de 7,6), sendo adequadas para os diversos usos. Localmente, podem ocorrer teores elevados de ferro. Alterações adicionais na qualidade são observadas em áreas com presença de rochas carbonáticas, caracterizadas por elevadas concentrações de cálcio e magnésio, aumento da condutividade elétrica e pH alcalino.

Vulnerabilidade Natural

Apresenta baixa a média vulnerabilidade natural à contaminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. *Dados vetoriais sobre o Inventário das Estações de Monitoramento Pluviométrico e Fluviométrico*. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. 2025. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download/

CPRM. *Dados Vetoriais de Isoietas Anuais e Dados de Raster de Pluviometria Anuais*. Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil. 2011. Disponível em: https://sgb.gov.br/publicacoes-atlas-pluviometrico-e-estudos-de-chuvas-intensas/

DINIZ, J. A. O. *Proposta Metodológica para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos*. Recife: Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2012 (Publicação interna).

IBGE. *Dados Vetoriais sobre Terras Indígenas.* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/

IBGE-BDIA. *Dados Vetoriais sobre Compartimentação de Relevo.* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Banco de Dados de Informações Ambientais. 2025. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/

IBGE-BDIA. *Dados Vetoriais sobre Pedologia.* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Banco de Dados de Informações Ambientais. 2025. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/

MONTEIRO, A. B.; DINIZ, J. A. O.; DE PAULA; T. L. F; CORREIA FILHO, F. L. *Taxonomia Hidrogeológica do Estado do Piauí*. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). Campinas (SP). 2016.

NASA. *Dados de Raster Shuttle Radar Topography Mission - Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM)*. Resolução espacial 90 metros. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA. 2025. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/topodata/

NATURATINS-CNARH40. *Dados Vetoriais sobre Registros de Poços Licenciados (outorgados ou de uso insignificante*. Instituto de Natureza do Tocantins – NATURATINS. Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. 2025. ANA. Disponível em: https://aguasbrasil.snirh.gov.br/

SEMADES. *Dados vetoriais de Bacia Hidrográfica e Unidades Estaduais de Gestão de Recursos Hídricos*. Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Tocantins. 2011. Disponível em: https://www.to.gov.br/semarh/plano-estadual-de-recursos-hidricos/5v8vkvw5a5hn/

SEPLAN-TO. *Dados Vetoriais sobre Unidades de Conservação Estadual e Feferal*. Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins. 2025. Disponível em: https://www.to.gov.br/seplan

SGB. *Dados Vetoriais sobre dados de Poços e Fontes Naturais de Água Subterrânea.* Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS. Serviço Geológico do Brasil. 2025. Disponível em: https://siagasweb.sgb.gov.br/

SGB. *Dados Vetoriais sobre Estações de Monitoramento de Águas Subterrâneas.* Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – RIMAS. Serviço Geológico do Brasil. 2025. Disponível em: https://rimasweb.sgb.gov.br/

SGB-CPRM. *Dados Vetoriais sobre Classe de Relevo*. Projeto SIG Geodiversidade do Brasil. Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2006. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/10169/

STRUCKMEIER, W. F.; MARGAT, J. *Hydrogeological Maps - A Guide and a Standard Legend*. Hannover: International Association of Hydrogeologists. 1995. (International contribuitions to hydrogeology, v. 17).

UNESCO. *International legend for hydrogeological maps*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO. Paris. 1983.