

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SOLOS E AQUÍFEROS FREÁTICOS COMO SUPORTE À AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DAS ALTAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIBEIRÕES SANTO ANTÔNIO E SANTA MARTA (IPORÁ – GO)

Derick Martins Borges de Moura¹
Ivanilton José de Oliveira²
Diego Tarley Ferreira Nascimento³
Flávio Alves de Sousa⁴

Resumo

A disponibilidade hídrica diferencial em bacias hidrográficas vizinhas pode ser influenciada pela ocorrência de diferentes classes de solos e aquíferos freáticos. Dessa forma, esse estudo objetivou fazer a análise comparativa dos solos e aquíferos freáticos nas altas Bacias Hidrográficas dos Ribeirões Santo Antônio (BHRSA) e Santa Marta (BHRSM), para compreender as influências na disponibilidade hídrica superficial das bacias. Para tanto, foram descritas e analisadas as características dos solos e aquíferos freáticos existentes nas bacias por meio de levantamentos bibliográficos, mapeamentos de gabinete e validação em campo. Os solos foram classificados em Grupos Hidrológicos de Solos (GHS), ao passo que os aquíferos freáticos foram caracterizados e classificados, segundo estimativa de reservas renováveis, permanentes e exploráveis. Foram identificadas seis classes de solos nas bacias, sendo elas: Cambissolos, Argissolos, Neossolos litólicos, Latossolos, Gleissolos e Nitossolos. Os aquíferos freáticos existentes nas bacias compõem dois sistemas aquíferos freáticos (II – Latossolos, e III – Argissolos e Nitossolos). A BHRSA possui maior ocorrência de classes de solos favoráveis à recarga hídrica (Latosolos, Argissolos e Nitossolos), o que significa maior ocorrência dos sistemas aquíferos freáticos II e III, contribuindo com a disponibilidade hídrica superficial da bacia nos períodos de estiagem. Por sua vez, a BHRSM apresenta predomínio de solos desfavoráveis à recarga hídrica (Cambissolos, Neossolos litólicos e Gleissolos), pois não são considerados aquíferos freáticos, não contribuindo para a disponibilidade hídrica superficial da bacia em períodos de estiagem.

Palavras-chave: Solos; Aquíferos freáticos; Bacias hidrográficas.

Comparative analysis of soils and groundwater aquifers as a support for assessing the availability of water in the upper watersheds of the Santo Antônio and Santa Marta streams (Iporá - GO)

Abstract

The differential water availability in neighboring watersheds can be influenced by the occurrence of different soil classes and groundwater aquifers. Thus, this study aimed to make a comparative analysis of the soils and groundwater aquifers in the upper watersheds of the Santo Antônio (BHRSA) and Santa Marta streams (BHRSM), to understand the influences on the surface water availability of the basins. To this end, the characteristics of the soils and groundwater aquifers existing in the basins were described and analyzed through bibliographic surveys, office mapping and field validation. The soils were classified into Soil Hydrological Groups (HSG), while the groundwater aquifers were characterized and classified according to estimated renewable, permanent and exploitable reserves. Six soil classes were identified in the basins, namely: Cambisols, Argisols, Litholic Neosols, Latosols, Gleissols and Nitosols. The groundwater aquifers existing in the basins compose two groundwater aquifer systems (II - Latosols, and III - Argissolos and Nitossolos). The BHRSA has a greater occurrence of soil classes that are favorable for water recharge (Latosols, Argisols and Nitossols), which means a greater occurrence of the groundwater aquifer systems II and III, contributing to the basin's surface water availability during periods of drought. In turn, the BHRSM presents a predominance of soils unfavorable to water recharge (Cambisols, Litholic Neosols, and

¹ Pós-Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da UFG, Professor Doutor em Geografia na Universidade Estadual de Goiás – UEG, derickmartins@ufg.br

² Professor Doutor em Geografia no Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da UFG, oliveira@ufg.br

³ Professor Doutor em Geografia no Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da UFG, diego_nascimento@ufg.br

⁴ Professor Doutor em Geografia na Universidade Estadual de Goiás – UEG, flavio.alves@ueg.br

Gleissolos), because they are not considered groundwater aquifers, not contributing to the surface water availability of the basin in periods of drought.

Keywords: Soils; Water aquifers; Watersheds.

Introdução

De acordo com Feitosa et al. (2008) os solos podem ser compreendidos como toda a camada do manto de alteração ou manto de intemperismo, ou ainda do regolito (solo e saprólito), pois funcionam como um reservatório de água, pois possuem poros por onde a água da chuva infiltra, percola, é armazenada e transmitida gradativamente para partes profundas e baixas do relevo. Devido à ação da gravidade, a água se locomove no interior do solo de forma vertical e horizontal e, à medida que o solo fica saturado, é condicionada a aflorar nas partes mais baixas do relevo, formando as nascentes, que alimentam a rede fluvial até o exutório da bacia (LOMBARDI NETO et al., 1989; FEITOSA et al., 2008). As nascentes drenam água do reservatório, que vai se esvaziando lentamente, até ser recarregado novamente por meio da água das chuvas. Esse reservatório é compreendido como o aquífero freático (MANOEL FILHO, 2008).

No geral, os solos mais espessos e porosos possuem maior capacidade de armazenamento das águas, ou seja, são melhores aquíferos freáticos (LOMBARDI NETO et al., 1989). Um fator que influencia o esvaziamento mais acelerado do aquífero freático é a declividade, que proporciona maior velocidade no fluxo subterrâneo da água (CABRAL, 2008). Esse mesmo fator também reflete na recarga do aquífero, uma vez que, quanto mais alto e plano, maior a espessura e mais propício à recarga; e quanto mais baixo e maior o declive, menor a espessura e menos propício à recarga. Por esse motivo, locais com características de platô, no geral, possuem solos espessos e também maior capacidade de recarga e armazenamento de água.

Cassetti (1991) reforça que as formas do relevo possuem características intrínsecas que respondem peculiarmente quanto à infiltração, ao escoamento e, por conseguinte, ao armazenamento das águas pluviais. O relevo mais plano tem a característica de facilitar a infiltração e o acúmulo de água no solo, enquanto o relevo inclinado tem a característica de facilitar o escoamento superficial (ROSS, 2001; SOUSA, 2019).

Da mesma forma, as diferentes classes de solos também respondem de maneira singular à infiltração e armazenamento das águas pluviais. No geral, os solos com texturas arenosas são mais favoráveis a infiltração que solos com texturas argilosas (LOMBARDI NETO, 1989). As propriedades de textura das classes de solos também refletem na infiltração, uma vez que, quanto mais poroso for o solo, maior será sua condutividade hidráulica e sua capacidade de contribuir com a recarga

do aquífero freático (SOUSA, 2019). Os aquíferos freáticos formam reservas que se traduzem em volumes que representam a totalidade da água armazenada, expressos em metros cúbicos (FEITOSA et al., 2008).

A água reservada nos aquíferos freáticos é passível de ser mensurada ou estimada. Castany (1963 apud FEITOSA et al., 2008) classifica as reservas de água subterrânea em quatro grandes categorias: reservas renováveis ou reguladoras; reservas permanentes ou geológicas; reservas naturais ou totais e reservas exploráveis. As reservas renováveis, também consideradas como reservas reguladoras por Bogomolov e Plotnikov (1956 apud FEITOSA et al., 2008), são definidas como reservas associadas ao balanço hídrico das águas subterrâneas.

As reservas permanentes ou geológicas foram definidas como águas armazenadas no tempo geológico, das quais é possível dispor de certa quantidade regularizada, durante certo período de tempo (PLOTNIKOV, 1962 apud FEITOSA et al., 2008). As reservas naturais representam a soma das reservas permanentes e renováveis, tendo, portanto, o mesmo significado das reservas totais (PLOTNIKOV, 1962 apud FEITOSA et al., 2008).

As reservas exploráveis são definidas como a extração segura ou permissível, ou seja, a captação de água do aquífero que pode manter-se com segurança. Conkling (1946) apud Feitosa et al. (2008) define a reserva explorável como a vazão média anual extraída artificialmente do aquífero, sem que se produzam resultados indesejáveis, enquanto Kazmann (1965) apud Feitosa et al. (2008) a considera como a máxima vazão que pode ser recuperada da descarga ou vazão de escoamento natural. Estimar as reservas dos aquíferos freáticos auxilia na avaliação e compreensão da disponibilidade hídrica subterrânea e superficial das bacias, pois a água subterrânea nelas armazenada alimenta o fluxo de base dos canais fluviais e de toda a rede hidrográfica em períodos de estiagem.

Os solos podem ser classificados de acordo com sua favorabilidade para infiltração, armazenamento e condutividade hidráulica, ou seja, uma classificação hidrológica dos solos. Essa classificação para os solos brasileiros se iniciou com a publicação do trabalho de Setzer e Porto (1979), no qual propunham cinco classes hidrológicas do solo para o estado de São Paulo. Posteriormente, Lombardi Neto et al. (1989) apresentaram uma nova abordagem para a classificação dos solos, que foi depois avaliada e revisada por Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005). Mais recentemente, Sartori e Genovez (2011) fizeram uma proposta de extensão para a classificação hidrológica dos solos, levando em conta os métodos revisados do *Natural Resources Conservation Service* – NRCS (2009).

A classificação hidrológica dos solos fornece informações que seriam onerosas de se obter por meio de ensaios e análises, além de subsidiar a avaliação da favorabilidade de infiltração e percolação de cada classe de solo, o que é essencial para inferir a respeito da recarga hídrica dos aquíferos.

Os aquíferos freáticos existentes no estado de Goiás foram agrupados por Almeida et al. (2006) e classificados no domínio intergranular, por serem constituídos exclusivamente por coberturas regolíticas (solo e saprólito). Os autores sugerem a subdivisão em três sistemas aquíferos freáticos (I, II e III), baseados no agrupamento de diferentes tipos de coberturas de regolitos e solos, de acordo principalmente com a textura, estrutura, capacidade de armazenamento e condutividade hidráulica vertical de cada grupo. A classificação dos aquíferos freáticos, nessa perspectiva, auxilia na avaliação do potencial de armazenamento e fornecimento de água para a rede hidrográfica da bacia.

Os solos influenciam o comportamento hídrico nas bacias hidrográficas, pois funcionam como camada armazenadora/fornecedora de água e configuram os aquíferos freáticos, compondo parte do reservatório de água das bacias hidrográficas. Dessa maneira, a caracterização pedológica e dos aquíferos freáticos de bacias hidrográficas vizinhas é capaz de elucidar questões sobre a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea diferencial das bacias em estudo, mesmo porque os fluxos subsuperficiais extrapolam o limite dos divisores topográficos.

Ao realizar uma avaliação das bacias hidrográficas dos ribeirões Santo Antônio (BHRSA) e Santa Marta (BHRSM), no estado de Goiás, Moura et al. (2018) constataram que, embora a primeira possua pouco mais que o dobro (116%) do tamanho da área da segunda, a BHRSA demonstra menor vazão de permanência no final do período de estiagem. Isso indica, no que diz respeito ao armazenamento e à disponibilidade hídrica, que a área drenada não é preponderante. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é prover uma análise comparativa dos solos e aquíferos freáticos presentes na BHRSA e na BHRSM, com vistas a avaliar as influências desses aspectos na disponibilidade hídrica diferencial das duas bacias hidrográficas.

Materiais e Métodos

Nesse tópico, inicialmente são situadas e caracterizadas as áreas em estudo, isto é, as altas Bacias Hidrográficas do Ribeirão Santo Antônio (BHRSA) e do Ribeirão Santa Marta (BHRSM). Na sequência são descritos os procedimentos metodológicos.

Caraterização das áreas de estudo

A BHRSA tem sua área totalmente inserida no município de Iporá-GO, enquanto que a BHRSM tem a maior parte de sua área drenada no município de Amorinópolis-GO (**Figura 1**). A BHRSA integra a bacia hidrográfica do Rio Caiapó e a BHRSM faz parte da bacia hidrográfica do Rio Claro, sendo que ambas compõem a bacia hidrográfica do Rio Araguaia/Tocantins.

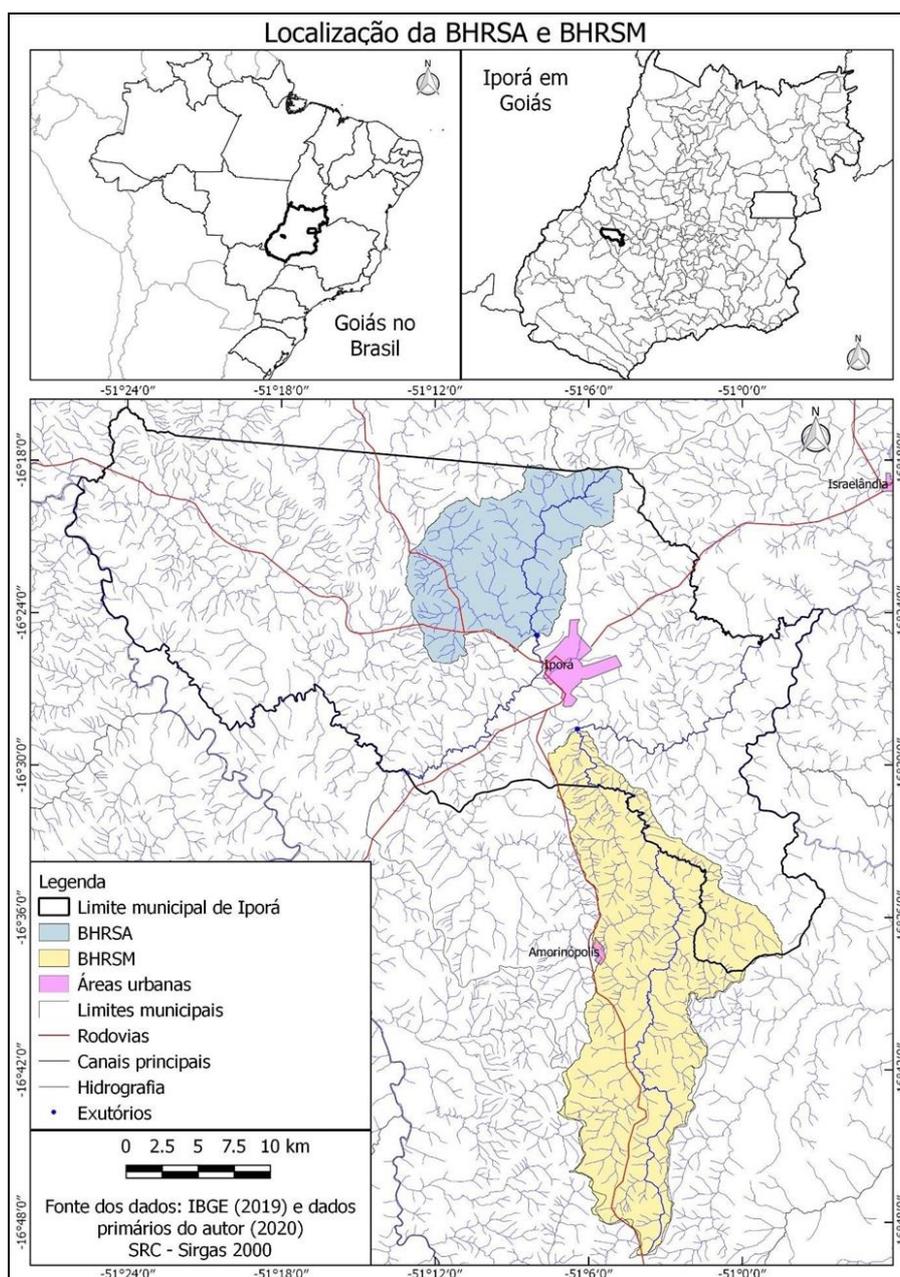


Figura 1: Localização das áreas de estudo. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

A alta BHRSA é fonte de abastecimento hídrico para a cidade de Iporá e compreende a área de contribuição à montante do ponto de captação de água (exutório), que é realizada pela empresa de Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO), estando situada a noroeste do perímetro urbano de

Iporá (GO). A alta BHRSM é cotada como possível fonte de captação de água para complementar o abastecimento hídrico de Iporá em cenários futuros. O exutório foi estabelecido no ponto da possível captação, onde o manancial passa mais próximo à cidade.

O município de Iporá faz parte da Região de Planejamento do Estado de Goiás, denominada Oeste Goiano, e possui área de 1.026,3km². A cidade se encontra a uma distância de 216 km de Goiânia, capital do estado de Goiás, tendo como vias de acesso as rodovias GO-060, GO-174, GO-221 e GO-320. De acordo com a prévia da população calculada com base nos resultados do Censo Demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a população do município corresponde a 35.284 habitantes.

As áreas em estudo estão localizadas na região climática definida, segundo a classificação de Köppen-Geiger (1961), como sendo do tipo Aw, caracterizado por ser de clima tropical, com chuva de verão, mês mais frio com temperatura média superior a 18° C e existência de duas estações bem definidas: uma seca, de maio a setembro, e outra úmida, de outubro a abril.

A precipitação média anual, segundo dados da série histórica do posto pluviométrico 1651001 da Agência Nacional de Águas (ANA), instalado em Iporá, referentes ao período de 1974 a 2018, é de 1.589 mm. O período chuvoso concentra-se em sete meses (outubro a abril) e o período seco em cinco (maio a setembro).

No contexto geológico, a BHRSa está situada na porção sudoeste da província Tocantins (ALMEIDA et al., 1977), inserida predominantemente no compartimento geotectônico caracterizado como Arco Magmático de Goiás (PIMENTEL e FUCK, 1992), contendo formações residuais da bacia sedimentar do Paraná, uma vez que está localizada na borda setentrional desse compartimento de coberturas fanerozóicas. Na bacia estão expostos ortognaisses (granitóides deformados), rochas da sequência vulcanosedimentar de Iporá, intrusões gabro-dioríticas e graníticas e rochas da suíte alcalina de Iporá, além de formações residuais fanerozóicas da bacia sedimentar do Paraná e coberturas detrito lateríticas ferruginosas (LACERDA FILHO et al., 2018).

Por sua vez, a BHRSM está inserida predominantemente na Bacia Sedimentar do Paraná, no contato com o Arco Magmático de Goiás e com a sequência metavulcanosedimentar (PIMENTEL e FUCK, 1992; MOREIRA et al., 2008), contendo rochas sedimentares, coberturas detrito lateríticas cenozóicas e também granitóides, metavulcanosedimentares e rochas intrusivas máfica-ultramáficas. As litologias das bacias abrangem os grupos de rochas com idades que datam do Criogeniano ao Quaternário (LACERDA FILHO et al., 2018). O mapa geológico das bacias está ilustrado na **Figura 2**.

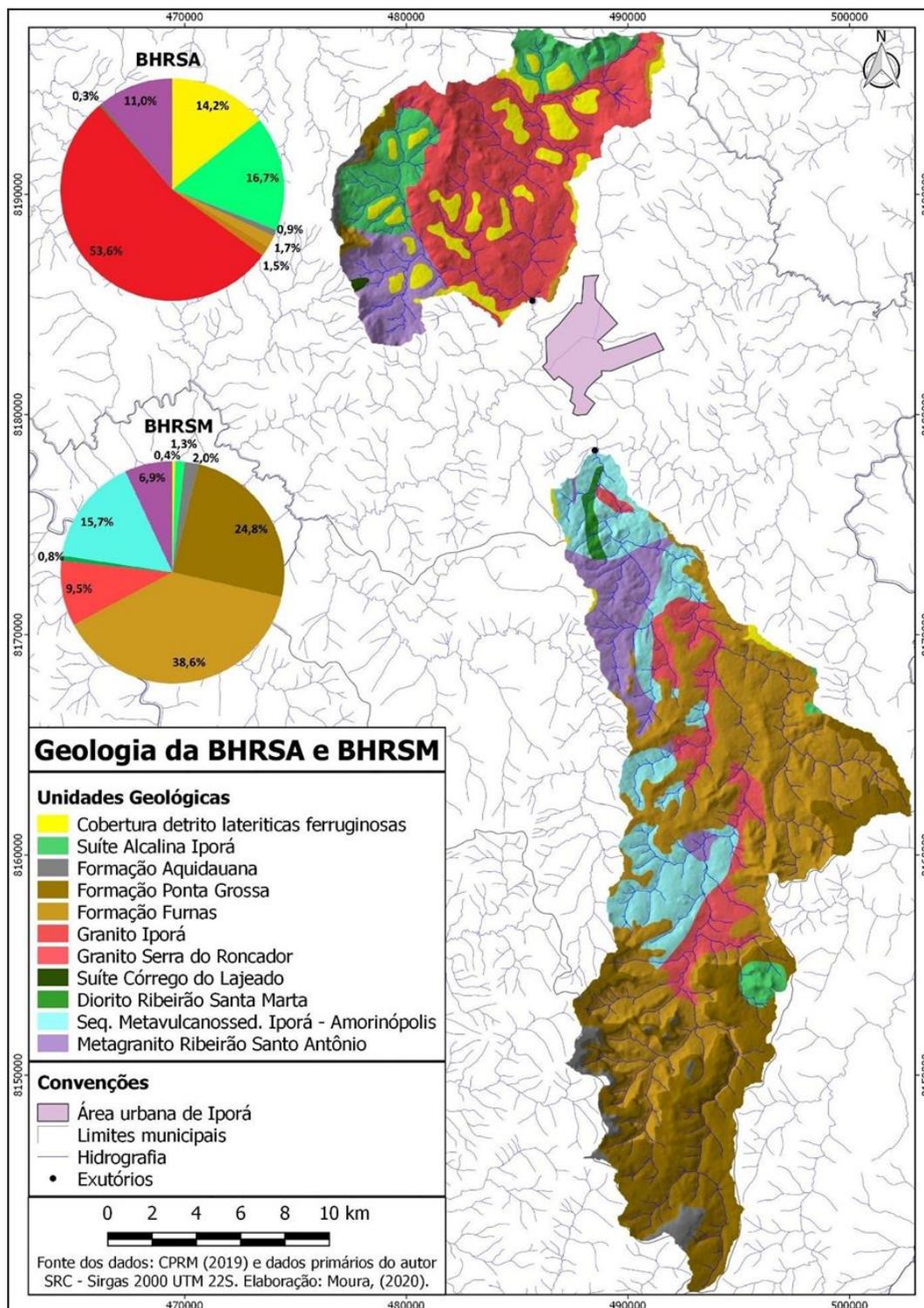


Figura 2: Geologia das bacias. **Fonte:** Mapa organizado pelos autores a partir de dados gerados pela CPRM (2019) e Lacerda Filho et al., (2020), disponibilizado pelo GeoSGB (2020).

No contexto hidrogeológico, a BHRSA está inserida na província hidrogeológica do escudo central, que corresponde predominantemente ao domínio hidrogeológico cristalino, ao passo que a BHRM está situada em sua maior parte na borda da província hidrogeológica do Paraná, sendo um domínio da bacia sedimentar do Paraná (FEITOSA et al., 2008).

Procedimentos metodológicos

Para mapeamento e caracterização pedológica da BHRSA foi utilizado como base o mapa de solos em formato *shapefile* (.shp) do município de Iporá em escala de 1:100.000, produzido por Sousa (2015) e disponibilizado no Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG, 2017). Para o mapeamento e caracterização dos solos da BHRSM foi utilizado como base o mapa de solos em escala de 1:100.000, refinado por Moura et al. (2020) a partir do mapa de solos em escala de 1:250.000 produzido pela Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER-GO, 2017), disponibilizado no Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG, 2017).

Para validação dos mapas de solos das bacias, foi realizada uma incursão em campo na data de 19 de agosto de 2020, abrangendo a ocorrência de todas as classes de solos. Na ocasião, foi utilizado um notebook com o aplicativo Google Earth Pro conectado a um aparelho GNSS (*Global Navigation Satellite System*), para utilização da função de visualização em tempo real, auxiliando o deslocamento pela área e identificação dos pontos de verificação referentes às classes de solos, bem como para registro fotográfico e coleta de amostras de perfis.

Os mapas de solos em formato *shp* foram processados no software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) Qgis (3.4.5), sendo recortados para a área das bacias e quantificadas as áreas de ocorrência de cada uma das classes de solos. A descrição das classes seguiu a taxonomia usada por Sousa (2015), adaptada do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (SANTOS et al., 2013).

No intuito de classificar os solos de acordo com o potencial de infiltração e permeabilidade, foi adotada a classificação hidrológica dos solos tropicais brasileiros, conforme a proposta de Sartori e Genovez (2011), que adaptou o método de classificação hidrológica dos solos da NRCS (2009) – antigo *Soil Conservation Service* (SCS) – do *United States Department of Agriculture* (USDA). De acordo com essa proposta, os solos são classificados em quatro Grupos Hidrológicos de Solos - GHS (A, B, C e D) conforme o potencial de infiltração e permeabilidade, ou seja, a facilidade com que a água penetra no solo e é transmitida para partes profundas, sendo A o grupo de maior potencial e o D de menor potencial (**Quadro 1**).

Quadro 1: Grupos Hidrológicos de Solos (GHS)

Grupos Hidrológicos de Solos (GHS)	Potencial de infiltração e permeabilidade
A	Elevado
B	Moderado
C	Baixo
D	Muito baixo

Fonte: adaptado de Sartori e Genovez (2011).

Os aquíferos freáticos foram classificados conforme a proposta de Almeida et al. (2006), que os considera como a camada do terreno constituída exclusivamente por coberturas regolíticas (solo e saprólito). A classificação sugere cinco agrupamentos de solos, que leva em conta as características de textura, estrutura, capacidade de armazenamento e condutividade hidráulica vertical de cada grupo (**Quadro 2**). Nessa classificação, três grupos são considerados sistemas aquíferos freáticos, pois contém comumente zonas saturadas e não saturadas e permitem a circulação de água a partir de fluxo laminar em aquíferos livres, relacionados aos Neossolos quartzarênicos (Grupo 1), Latossolos (Grupo 2) e Argissolos/Nitossolos (Grupo 3), que formam os sistemas aquíferos freáticos I, II e III, respectivamente.

Quadro 2: Agrupamento dos solos/aquíferos freáticos conforme a contribuição no armazenamento e fornecimento de água.

Grupos	Aquíferos freáticos	Solos	Contribuição no armazenamento e fornecimento de água
1	Sistema freático I	Neossolos quartzarênicos	Elevado
2	Sistema freático II	Latossolos	Boa
3	Sistema freático III	Argissolos e Nitossolos	Moderado
4	-	Cambissolos e Neossolos litólicos	Não são considerados aquíferos freáticos
5	-	Gleissolos	São considerados zona exutória

Fonte: adaptado de Almeida et al. (2006).

Os Cambissolos e Neossolos litólicos (Grupo 4) não foram considerados por Almeida et al. (2006) como aquíferos freáticos por não apresentarem zona saturada perene rasa nem fluxo na porosidade intergranular e, portanto, não desempenham as funções filtro reguladoras destes sistemas. Os Gleissolos (Grupo 5) foram considerados por Almeida et al. (2006) como zonas exutórias ou locais de descarga dos aquíferos freáticos, sendo eventualmente profundos por conta de suas características de forte deficiência de drenagem, além de permanecerem saturados até a superfície na maior parte do tempo.

Para o cálculo das reservas renováveis, foi empregada a metodologia descrita em Almeida et al. (2006), que indica que o percentual de infiltração da precipitação é definido para cada sistema ao aquífero intergranular em função dos tipos de relevo e solos predominantes no compartimento

hidrogeológico, variando de 8 a 12% da precipitação média anual na bacia para aquíferos freáticos da classe II e III em Goiás. Dessa forma, para o cálculo foi estabelecida a porcentagem de 8% para a classe II e 12% para a classe III, devido às maiores favorabilidades de infiltração na classe II. A precipitação média histórica da estação da ANA situada próxima às áreas em estudo, referente ao período de 1974 a 2018 (45 anos), de 1.589mm, foi usada para o cálculo do percentual de infiltração. A espessura saturada da classe de aquífero freático II foi extraída de Sousa (2013), que considerou 20m, e da classe III foi obtida de Almeida et al. (2006), que considerou 10m. Para cálculo das reservas renováveis, permanentes e exploráveis foram usadas as equações descritas em Almeida et al. (2006), ilustradas no **Quadro 3**.

Quadro 3: Equações utilizadas

Equação 1	
$R_r = A \times P_{ip} \times P_{ma}$	
Onde:	
R _r	Reserva renovável (Km ³ /ano)
A	Área de influência do aquífero (km ²)
P _{ip}	Percentual de infiltração da precipitação (%)
P _{ma}	Precipitação média anual (m)
Equação 2	
$R_p = A \times b \times \eta_e$	
Onde:	
R _p	Reserva permanente (Km ³ /ano)
A	Área de influência do aquífero (km ²)
η _e	Porosidade efetiva (%)
b	Espessura saturada do aquífero (m)
Equação 3	
$R_{exp} = R_r + 0,1 \times R_p$	
Onde:	
R _{exp}	Reserva explorável (Km ³ /ano)
R _r	Reserva renovável (Km ³ /ano)
0,1	Percentual adotado da reserva permanente (%)
R _p	Reserva permanente (Km ³ /ano)

Fonte: Almeida et al. (2006).

Resultados e Discussão

Através dos levantamentos bibliográficos, mapeamentos de gabinete e validação em campo, foi possível identificar a ocorrência de seis classes de solos nas bacias, sendo eles Cambissolos, Argissolos, Neossolos Litólicos, Latossolos, Gleissolos e Nitossolos. Essas classes são descritas em maior detalhe a seguir tanto em termos de suas propriedades intrínsecas, como também em

relação às características de permeabilidade e armazenamento hídrico, sendo classificados em termos de grupos hidrológicos e sistemas aquíferos.

Cambissolos

Os Cambissolos apresentam pequena profundidade, e a ocorrência de rochas, cascalhos e matacões na massa do solo são as principais limitações para uso (SANTOS, ZARONI e ALMEIDA, 2019a). No caso onde há proximidade com os cursos hídricos, essa classe de solos é indicada para preservação da mata ciliar e de galeria (SANTOS e ZARONI, 2019).

Na BHRSA essa classe de solo abrange uma área de 26,53km², o que corresponde a 20,9% do total da bacia. Sousa (2015) identifica essa classe como Cambissolos bruno avermelhado, distróficos e eutróficos, com horizonte A moderado e textura pedregosa e média cascalhenta em relevo ondulado e forte ondulado, em geral sobre substrato rochoso de formações da suíte alcalina de Iporá e de formações graníticas.

Na BHRSM, os Cambissolos abrangem uma área de 71,5km², o que corresponde a 26,1% da bacia. Moura et al. (2020) classificam como Cambissolos amarelo-brunados, A moderado, textura franco arenosa, relevo forte ondulado sobre substrato rochoso de diversas formações, em maioria da sequência metavulcanossedimentar - unidade ácida, composta por Metadacitos e Metarriolitos. A **Figura 3** ilustra as fotografias dos perfis de Cambissolos descritos nas bacias.



Figura 3: Cambissolos das bacias. A: BHRSA. B: BHRSM. **Fonte:** Os autores.

Os Cambissolos foram classificados no GHS C (potencial de infiltração e permeabilidade baixo) por serem pouco profundos, com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão, e por apresentarem mudança textural abrupta e argila de atividade baixa (SARTORI e GENOVEZ, 2011).

Conforme apontado por Almeida et al. (2006), os Cambissolos não são considerados aquíferos freáticos, pois não apresentam zona saturada perene rasa nem fluxo na porosidade intergranular. Além disso, suas características não contribuem significativamente para o armazenamento e fornecimento de água no período de estiagem nas bacias.

Argissolos

Os Argissolos são relacionados a relevos com declividade entre 6 e 12%, geralmente nos fundos de vales e nos terços médios e inferiores das vertentes. Esses solos tendem a ser mais susceptíveis aos processos erosivos devido à relação textural média, que implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais (ZARONI e SANTOS, 2019).

Na BHRSA, esses solos representam 27,8% da área e ocorrem na porção centro-noroeste, associados a relevos ondulados. De acordo com Sousa (2015), os Argissolos da BHRSA são classificados como Argissolos vermelhos eutróficos, horizonte B textural e A chernozêmico com textura predominante cascalhenta quando sobreposto a rochas graníticas, e arenosa quando sobreposto aos arenitos da formação Furnas.

Na BHRSM os Argissolos representam 23,4% da área e ocorrem em sua grande maioria associados a relevos mais movimentados, com declividades entre 6 e 12%. São classificados por Moura et al. (2020) como Argissolos bruno-avermelhado-escuros, textura argilo-arenosa, sobrepostos a relevo ondulado, com aproximadamente 8% de declive sob pastagem. Essa classe de solo é originada de litologias variadas com predominância de formações graníticas e metavulcanossedimentares. A **Figura 4** ilustra as fotografias dos perfis de Argissolos identificados nas bacias.

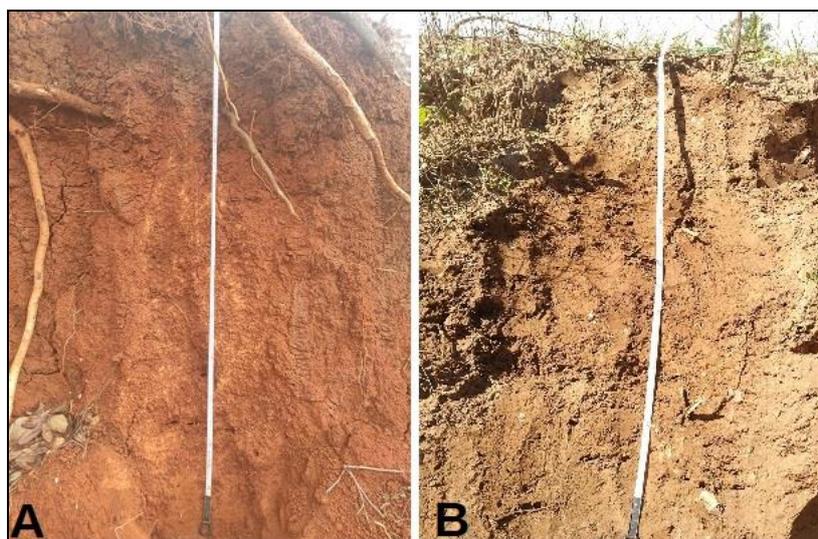


Figura 4: Argissolos das bacias. A: BHRSA. B: BHRSM. **Fonte:** Os autores.

Os Argissolos presentes nas bacias foram classificados no GHS B, pois possuem permeabilidade moderadamente rápida e não apresentam dentro de 100 cm de profundidade, lençol d'água subterrâneo ou suspenso e camada restritiva forte (SARTORI e GENOVEZ, 2011).

De acordo com Almeida et al. (2006), os Argissolos compõem um sistema aquífero freático intragranular livre (sistema aquífero freático III), descontínuos e com distribuição lateral ampla, com pequena importância hidrogeológica relativa à função reservatório. Do ponto de vista das funções de recarga hídrica, filtragem e regulação, apresenta elevada importância hidrogeológica, uma vez que os horizontes mais ricos em argila funcionam como filtros de cargas contaminantes e retardam o fluxo (ALMEIDA et al., 2006). Dessa forma, esses solos possuem capacidade moderada para armazenamento e fornecimento de água nas bacias em estudo.

Neossolos Litólicos

Os Neossolos litólicos ocorrem em áreas com declividades superiores a 20 %. As limitações ao uso das terras desses solos são relacionadas à pouca profundidade, à presença de rocha e aos declives acentuados. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e também elevam o risco de erosão. São solos normalmente indicados para preservação da flora e fauna (SANTOS, ZARONI e ALMEIDA, 2019b).

Na BHRSA esses solos foram classificados por Sousa (2015) como Neossolos litólicos bruno, distróficos e eutróficos, horizonte A moderado e textura média e média cascalhenta, em substrato rochoso de rochas graníticas, alcalinas e sedimentares, onde estão associadas a relevos

acidentados predominantes nas formações de morros e serras existentes nos divisores topográficos.

Na BHRSM essa classe foi indicada por Moura et al. (2020) como Neossolos litólicos cinzento-oliváceo-claro, A moderado, textura franco arenosa, em relevos forte ondulados com declividades superiores a 20% em substrato rochoso das formações Ponta Grossa em sua maioria, seguido da formação Furnas e demais. A **Figura 5** ilustra as fotografias dos perfis de Neossolos litólicos presentes nas bacias.



Figura 5: Neossolos litólicos das bacias. A: BHRSA. B: BHRSM. **Fonte:** Os autores.

Os Neossolos litólicos foram classificados no GHS D (grau de infiltração e permeabilidade muito baixa), por apresentar camada restritiva forte em pequenas profundidades (< 50cm) (SARTORI e GENOVEZ, 2011). De acordo com Almeida et al. (2006), os Neossolos litólicos também não são considerados aquíferos freáticos, portanto, sem capacidade de armazenamento e fornecimento de água significante nas bacias hidrográficas.

Latossolos

Conforme Sousa e Lobato (2019), os Latossolos são profundos a muito profundos, acentuadamente drenados, friáveis, muito porosos e permeáveis, possuem baixa suscetibilidade a erosão. Esses solos estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 6%.

Na BHRSA os Latossolos ocupam área equivalente a 27,8% da bacia e se concentram na porção centro-sul, onde predominam as litologias graníticas. Conforme Sousa (2015) são classificados como Latossolos vermelhos distróficos, com horizonte A moderado e textura média argilosa, em substrato rochoso da formação granito Iporá em sua maioria e também da suíte alcalina Iporá. Os Latossolos apresentam bom desenvolvimento vertical e boa drenagem, e, quando originados de rochas graníticas, possuem composição predominantemente quartzosa. Esta composição confere a este solo, uma boa permeabilidade, apesar de sua textura média argilosa (SOUSA, 2013).

Na BHRSM os Latossolos compõem 21,7% da área de estudo e concentram no centro-norte da bacia, em locais com relevo plano a suave ondulado, onde prevalece a pedogênese. Estão sobrepostos, predominantemente, às litologias mais antigas das formações graníticas e metavulcanossedimentares. Foram classificados por Moura et al. (2020) como Latossolos amarelo-avermelhados, horizonte A moderado, textura franca, em relevos planos a suave ondulados, sobre substrato rochoso de formações graníticas em sua maioria, não predregosos, não rochosos, com erosão pouco aparente, fortemente drenados. A **Figura 6** ilustra as fotografias dos perfis de Latossolos descritos nas bacias.

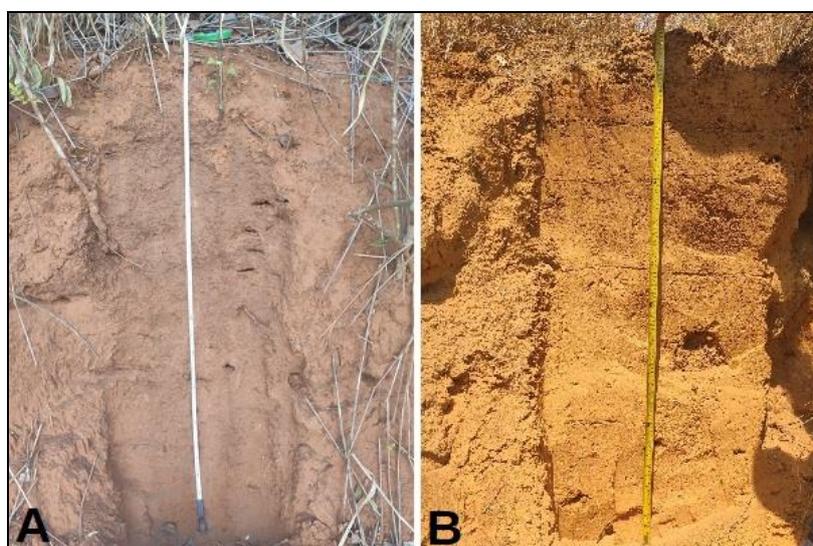


Figura 6: Latossolos das bacias. A: BHRSA. B: BHRSM. **Fonte:** Os autores.

Devido às boas condições físicas e aos relevos mais suaves, há uso agrícola com plantio de lavouras (soja) onde ocorrem esses solos nas bacias. Suas limitações estão mais relacionadas à baixa fertilidade e baixa retenção de umidade, quando de texturas mais grosseiras.

De acordo com a classificação adaptada de Sartori e Genovez (2011), os Latossolos presentes nas bacias fazem parte do GHS A (grau de infiltração e permeabilidade alta), pois não apresentam dentro de 100 cm de profundidade lençol d'água subterrâneo ou suspenso e camada restritiva

forte ou moderada. Neste grupo podem ser incluídos Latossolos com textura arenosa, média argilosa ou argilosa, com teor de óxido de ferro elevado e/ou propriedades ácricas (SARTORI e GENOVEZ, 2011).

De acordo com Almeida et al. (2006), os Latossolos compõem um sistema aquífero freático intragranular (Sistema aquífero freático II), que inclui todas as classes de Latossolos. São contínuos, livres, de grande distribuição lateral, com grande importância hidrogeológica, principalmente relacionada às funções filtro e reguladora. De forma geral, os Latossolos possuem alta condutividade hidráulica e elevada porosidade efetiva (em média 8%). O manto de intemperismo no ambiente onde ocorrem os Latossolos são muito espessos, em torno dos 20 metros (ALMEIDA et al., 2006), por isso, possuem boa capacidade de armazenamento e fornecimento de água nas bacias hidrográficas.

Gleissolos

Os Gleissolos são encontrados em áreas planas de terraços fluviais sujeitas a constante ou periódico excesso d'água, referente a sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e materiais colúvio-aluviais sob condições de hidromorfia. São solos que ocorrem em vegetação de várzea, vereda ou matas ciliares e de galeria com declividades até 3%. Nos Gleissolos, a proximidade com os rios limita o uso agrícola desta classe de solos, sendo, também, área indicada para preservação das matas ciliares. No entanto, em localidades fora da Área de Preservação Permanente (APP) apresentam potencial ao uso agrícola, desde que não apresentem teores elevados de alumínio, sódio e de enxofre (SANTOS e ZARONI, 2019).

Na BHRSA essa classe abrange 7% da área, associados a relevos planos e próximos de corpos hídricos. São classificados como Gleissolos, pouco húmicos de cor cinza azulado claro, com textura argilosa, e em grande maioria sobre substrato de rochas graníticas (SOUSA, 2013).

Na BHRSM os Gleissolos perfazem um total de 5,3% da área e estão bem distribuídos, margeando cursos hídricos onde o relevo é plano. Foram classificados por Moura et al. (2020) como sendo Gleissolos cinzento brunados claros, horizonte A moderado, textura franco-siltosa, muito mal drenados, sobre os substratos rochosos de diversas formações geológicas, mas em sua maioria sobre formações sedimentares do grupo Paraná. A **Figura 7** ilustra as fotografias dos perfis de Gleissolos presentes nas bacias.

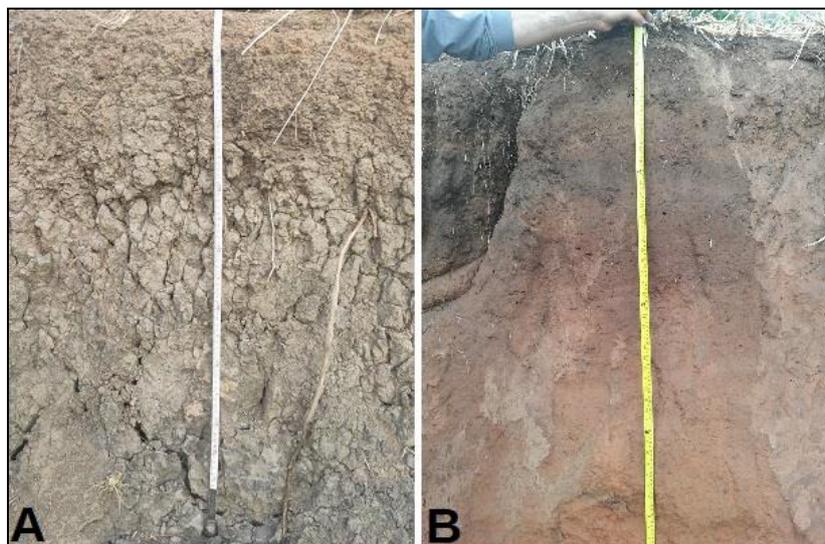


Figura 7: Gleissolos das bacias. A: BHRSA. B: BHRSM. **Fonte:** Os autores.

Os Gleissolos das bacias foram classificados como GHS D (infiltração e permeabilidade muito baixas), por apresentarem dentro de 100 cm de profundidade lençol d'água subterrâneo ou suspenso (SARTORI e GENOVEZ, 2011).

Por suas características de forte deficiência de drenagem e por permanecerem saturados até a superfície na maior parte do tempo, são considerados como zonas exutórias (nascentes) ou locais de descarga dos aquíferos freáticos e eventualmente profundos (ALMEIDA et al., 2006). Esses solos recebem água advinda do lençol freático, em zonas de descarga hídrica (exutória), onde a água aflora na superfície do terreno (nascentes) e alimenta a rede hidrográfica. Dessa forma, contribuem muito pouco como área de recarga hídrica das bacias.

Nitossolos

Na BHRSA os Nitossolos ocorrem numa pequena mancha encontrada na porção nordeste, que abrange uma área equivalente a 8,3% do total da bacia. Esses solos estão relacionados à formação geológica da Suíte Alcalina Iporá – maciço rio dos Bois e maciço fazenda Buriti, formado por Dunito, Peridotito, Piroxenito, Serpentinito e Gabro, onde a declividade varia entre 6 e 12%. Esses solos apresentam alto risco de erosão devido aos relevos mais acidentados a que estão associados (SANTOS e ZARONI, 2019), o que exige adoção de práticas de conservação do solo para prevenção contra erosão e assoreamento de cursos hídricos.

Os Nitossolos foram classificados por Sousa (2015) como vermelhos, com horizonte A moderado, textura média argilosa e argilosa. Devido à textura argilosa e média argilosa, são bons

armazenadores de água, o que aumenta sua função reguladora, limitando apenas pelas médias profundidades.

Na BHRSM os Nitossolos representam menor proporção (1,3%), e também estão relacionados às rochas da Suíte Alcalina Iporá e às declividades entre 6 e 12%. São classificados por Moura et al. (2020) como Nitossolos vermelho-escuros, textura franco arenosa, A moderado, relevo ondulado sobre substrato de rochas da Suíte Alcalina Iporá, descritos e coletados em corte de estrada em terço médio de encosta com 12% de declive sob pastagem. Devido à textura franco arenosa na BHRSM, esses solos possuem boa drenagem, facilitando a infiltração e percolação da água, aumentando a transmissividade e diminuindo a retenção. Em razão da reduzida ocorrência (1,3%) na BHRSM, não contribui muito para a disponibilidade hídrica da bacia. A **Figura 8** ilustra os perfis de Nitossolos descritos nas bacias.

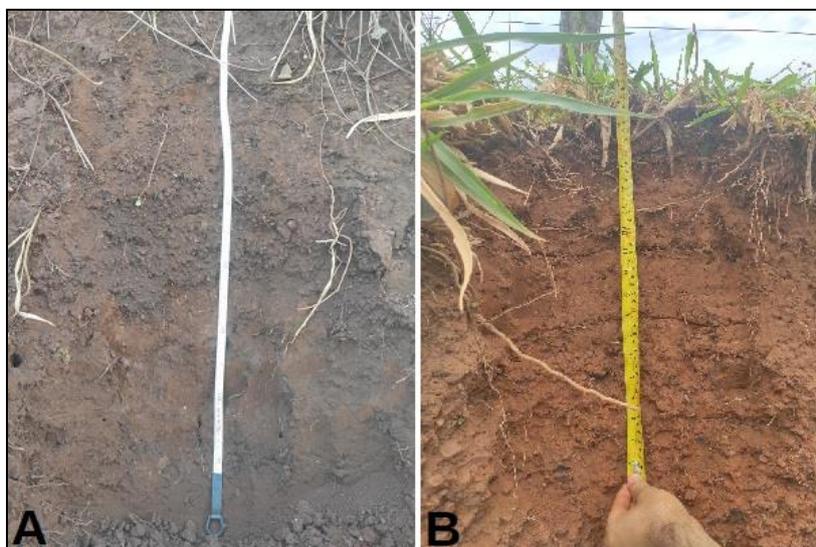


Figura 8: Nitossolos das bacias. A: BHRSA. B: BHRSM. **Fonte:** Os autores.

Os Nitossolos foram classificados no GHS B, pois são solos que possuem permeabilidade moderadamente rápida e não apresentam, dentro de 100 cm de profundidade, lençol d'água subterrâneo ou suspenso e camada restritiva forte (SARTORI e GENOVEZ, 2011).

Conforme Almeida et al. (2006), assim como os Argissolos, os Nitossolos também compõem um sistema aquífero freático intragranular livre (sistema aquífero freático III), com capacidade moderada de armazenamento e fornecimento de água devido suas profundidades médias.

Em termos de aquíferos freáticos, ambas as bacias apresentam o predomínio do sistema III, representando 36,1% da BHRSA e 24,8% da BHRSM. Na análise comparativa, a BHRSA é, proporcionalmente, mais propensa à infiltração, armazenamento e fornecimento de água, significando maior disponibilidade hídrica relativa quando em comparação à BHRSM. O sistema

aquífero freático II, considerado com bom potencial de contribuição quanto à disponibilidade hídrica das bacias, perfaz o total de 27,8% da área da BHRSA e 21,7% da área da BHRSM. A **Tabela 1** demonstra as características dos aquíferos freáticos contidos nas bacias.

Tabela 1: Características dos aquíferos freáticos.

Sistema aquífero freático	Espessura saturada (m)	Porosidade efetiva (%)	Área aflorante			
			BHRSA		BHRSM	
			Km ³	%	Km ³	%
II	20	8	35,38	27,8	59,40	21,7
III	10	6	45,95	36,1	68,10	24,8
Total	-	-	81,33	63,9	127,5	46,5

Fonte: Elaborado pelos autores conforme Almeida et al. (2006) e Sousa (2013).

A reserva renovável da BHRSA foi estimada em 12,58km³/ano e da BHRSM em 19,97km³/ano, ou seja, uma superioridade de 37% em relação à primeira. A reserva permanente da BHRSA foi estimada em 89,57km³/ano e da BHRSM em 135,9km³/ano, o que equivale a uma taxa superior de 34% em relação a primeira. Por sua vez, as reservas exploráveis foram estimadas em 20,99km³/ano (BHRSA) e 33,55km³/ano (BHRSM), significando uma taxa superior de 37% da segunda bacia em relação a primeira. A **Tabela 2** demonstra os resultados dos cálculos das reservas dos aquíferos freáticos.

Tabela 2: Reservas dos aquíferos freáticos.

Sistema aquífero freático	Reserva renovável (km ³ /ano)		Reserva permanente (km ³ /ano)		Reserva explorável (km ³ /ano)	
	BHRSA	BHRSM	BHRSA	BHRSM	BHRSA	BHRSM
II	6,74	11,32	56,60	95,04	12,4	20,82
III	5,84	8,65	27,57	40,86	8,59	12,73
Total	12,58	19,97	89,57	135,9	20,99	33,55

Fonte: os autores.

Era previsto que a BHRSM possuísse maiores reservas de aquíferos freáticos, devido a sua área ser 116% maior (mais que o dobro) da área da BHRSA. Porém, os percentuais superiores das reservas não se equipararam com o percentual superior da área da bacia, em razão da menor proporção de áreas abrangidas por solos que são considerados aquíferos freáticos. A **Tabela 3** ilustra o comparativo das áreas abrangidas pelas classes de solos nas bacias.

Tabela 3 - Comparativo das áreas abrangidas pelas classes de solos nas bacias.

Solos	GHS	Sistema aquífero freático	BHRSA		BHRSM	
			km ²	%	km ²	%
Cambissolos	C	-	26,53	20,9	71,5	26,1
Argissolos	B	III	35,38	27,8	64,3	23,4
Neossolos litólicos	D	-	10,31	8,1	60,1	21,9
Latossolos	A	II	35,38	27,8	59,4	21,7
Gleissolos	D	-	8,9	7,0	15,2	5,5
Nitossolos	B	III	10,57	8,3	3,8	1,4
Total	-	-	127,06	100	274,32	100

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os Latossolos são classificados no GHS A e no sistema aquífero freático II, por isso é a classe de solo que mais contribui com a disponibilidade hídrica das bacias. Os Argissolos e Nitossolos fazem parte do GHS B e do sistema aquífero freático III, contribuindo medianamente na disponibilidade hídrica das bacias. Os Cambissolos e os Neossolos litólicos não são considerados aquíferos freáticos e não contribuem significativamente na disponibilidade hídrica. Os Gleissolos são classificados como zonas exutórias por possuírem baixa capacidade de infiltração uma vez que se encontram constantemente saturados, pois recebem água de outras classes de solos adjacentes e transmitem para a superfície do terreno. **A Figura 9** ilustra o mapa de solos das bacias, com a ocorrência e distribuição dos grupos pedológicos.

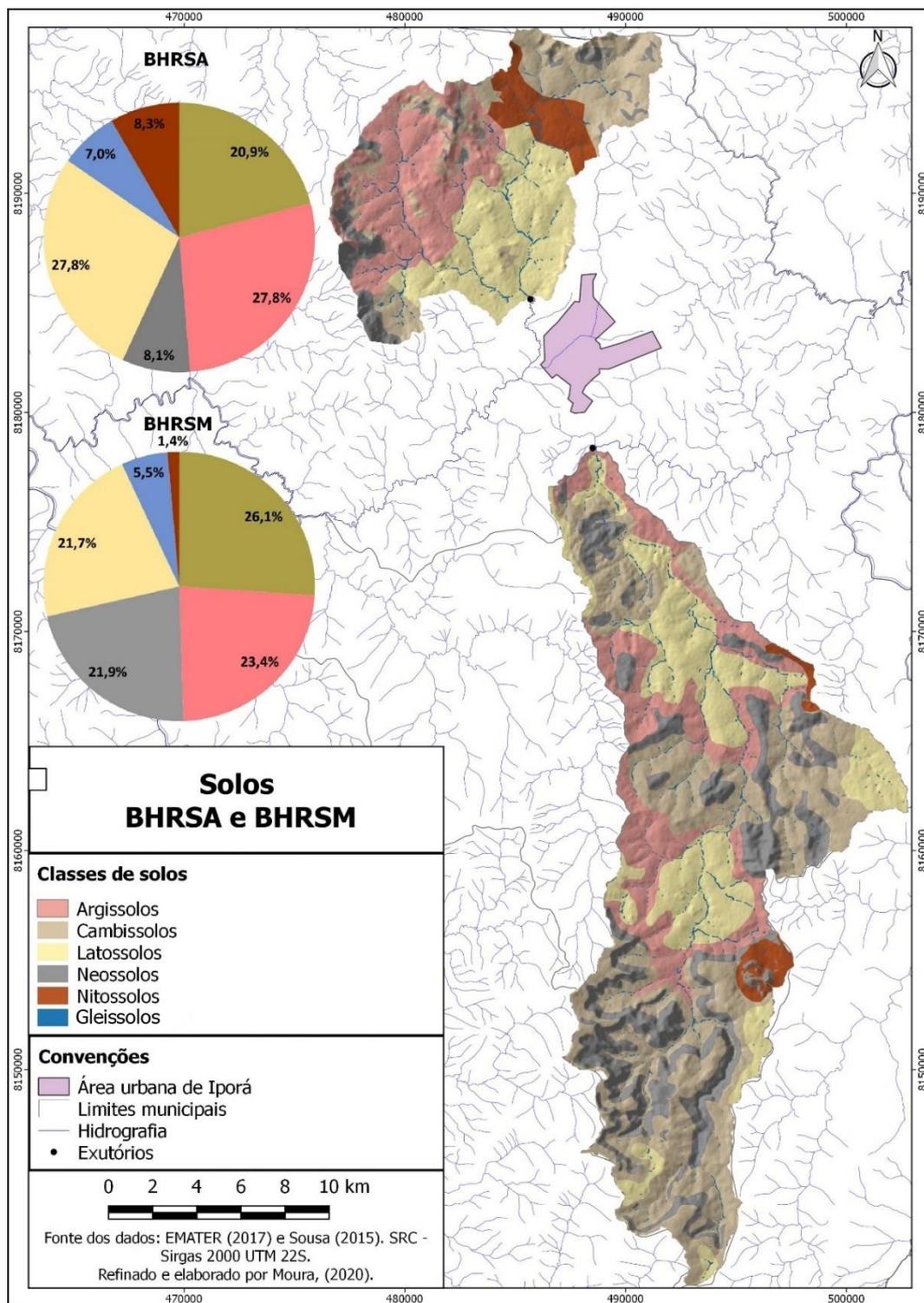


Figura 9 - Mapa de solos das bacias. **Fonte:** Elaborado pelos autores a partir de dados obtidos em Sousa (2015), Emater (2017) e Moura et al. (2020).

A BHRSA possui litologia predominante de rochas graníticas antigas que, apesar de resistentes aos processos de meteorização, com as baixas declividades tendem para maior influência pedogenética. Por isso, a bacia contém maior ocorrência de solos mais desenvolvidos, como os Latossolos (27,8%), que possuem potencial de infiltração e permeabilidade elevados (GHS A). As rochas da Suíte Alcalina Iporá deram origem à maioria dos Argissolos (27,8%) e Nitossolos (8,3%),

que possuem potencial de infiltração e permeabilidade moderado (GHS B). Quando somadas as três classes de solos, representam pouco mais da metade (64%) da área da bacia, e possibilitam maior capacidade de infiltração, armazenamento e fornecimento hídrico, resultando em melhores fluxos de base, ou seja, maior disponibilidade hídrica superficial em períodos de estiagem.

A BHRSM é formada, em sua maioria (65,4%), por litologias sedimentares paleozóicas (formações Furnas, Ponta Grossa e Aquidauana), associadas às classes de relevo com maiores declividades (ondulado, forte-ondulado e montanhoso), sendo desfavorável à infiltração da água e favorável ao escoamento superficial, prevalecendo processos morfogenéticos. Essas condicionantes possibilitaram a formação de solos pouco desenvolvidos, como os Neossolos litólicos (22,25%), que possuem potencial de infiltração e permeabilidade muito baixo (GHS D), e os Cambissolos (26%), com baixo potencial de infiltração e permeabilidade (GHS C) - sendo que ambos não contribuem significativamente no armazenamento e fornecimento de água. Quando essas duas classes são somadas aos Gleissolos (5,5%), que possui potencial de infiltração e permeabilidade muito baixo (GHS D), perfazem mais da metade (53,55%) da área da BHRSM, sendo desfavorável a manutenção das vazões de base em períodos de estiagem.

De acordo com Sousa (2013), é evidente a predominância do escoamento superficial nas classes de solos Neossolos litólicos e Cambissolos, devido às altas declividades e à pouca profundidade e presença de rocha e/ou concreções muito próximas da superfície. Sousa e Rodrigues (2014) afirmam que solos mal drenados (como os Gleissolos) e os pouco desenvolvidos (como os Neossolos litólicos e Cambissolos) possuem maior tendência ao escoamento superficial, corroborando para o entendimento da baixa influência desses solos nas vazões de base e disponibilidade hídrica superficial da bacia em períodos de estiagem.

De acordo com Salomão (1995), os Cambissolos e Neossolos litólicos apresentam maior suscetibilidade erosiva devido às pequenas espessuras, permitindo a rápida saturação dos horizontes superiores. Segundo Sousa (2013), estas classes de solos devem estar cobertas por vegetação natural, e se utilizadas, devem ter um uso e manejo adequado, para melhorar a infiltração e evitar maiores perdas de solo por erosão.

Considerações finais

A partir deste estudo, observou-se que nas bacias, apesar de possuírem ocorrência das mesmas classes de solos, a distribuição proporcional é distinta. A BHRSA possui maior percentual de área abrangida pelos Latossolos (27,8%), Argissolos (27,8%) e Nitossolos (8,3%), que juntos perfazem

63,9% da área da bacia. Esses solos possuem mantos de intemperismo mais espessos e menos declivosos que os Cambissolos e Neossolos litólicos, o que significa maior volume de armazenamento e fornecimento de água para os cursos hídricos superficiais, sendo mais favoráveis à disponibilidade hídrica.

Por sua vez, a BHRSM possui maior quantidade de solos pouco desenvolvidos, como os Neossolos Litólicos (22,25%) e Cambissolos (26%), que somados aos Gleissolos (5,5%), que possuem potenciais de infiltração e permeabilidade muito baixos (GHS D), perfazem mais da metade (53,55%) da área, desfavorecendo o armazenamento e fornecimento de água para a rede hidrográfica e não contribuindo para a disponibilidade hídrica superficial na bacia em períodos de estiagem.

As áreas de recarga dos aquíferos freáticos das bacias são mais eficientes, principalmente onde se situam os Latossolos em relevo plano na forma de platôs, sendo que esses possuem maior ocorrência na BHRSA. As características e distribuições dos solos demonstram que a BHRSM está mais sujeita ao escoamento superficial e a BHRSA é mais propensa à infiltração e escoamento subterrâneo.

Apesar de a BHRSM possuir área 116% maior que a BHRSA, o percentual das reservas dos aquíferos não equivale com o percentual superior da área. Isso reforça o entendimento de que mesmo que uma bacia hidrográfica vizinha à outra tenha mais que o dobro da área, não necessariamente haverá mais que o dobro de disponibilidade hídrica.

O trabalho possibilitou a avaliação de que a BHRSA, ainda que tenha menor área, possui maior percentual de solos e aquíferos freáticos que são mais favoráveis à manutenção da disponibilidade hídrica, levando ao entendimento de que no final do período de estiagem, a BHRSA apresenta maior vazão no ponto exutório comparada à BHRSM, como foi apontado por Moura et al. (2018).

Referências

ALMEIDA, L. D.; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, J. E. G. **Hidrogeologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiás, Secretaria de Indústria e Comércio, Superintendência de Geologia e Mineração. Série Geologia e Mineração, n. 1, p. 132, 2006.

CABRAL, J. J. S. P. Movimento das águas subterrâneas. In.: FEITOSA, F. A. C., MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM, 2008.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

FEITOSA, F. A. C., MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM, 2008.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J.B. “Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços”. In: **SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA**, 1989, Campinas-SP. Anais ... Fundação Cargill, 1989. p.99-124.

MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Coord). **Hidrogeologia: Conceitos e aplicações**. CPRM, 2008.

MOURA, D. M. B.; CABRAIL, J. B. P.; GENTIL, W. B.; BARCELOS, A. A. de.; ALVES, W. dos S. Análise comparativa da vazão do ribeirão Santo Antônio e do ribeirão Santa Marta visando a segurança hídrica da cidade de Iporá (GO). In: NASCIMENTO, D. T. F.; GONÇALVES, R. J. de A. F. (Orgs.). **Águas do Cerrado: gestão, usos e conflitos**. Goiânia: Kelps, 2018. p. 109-120.

MOURA, D. M. B.; OLIVEIRA, I. J.; NASCIMENTO, D. T. F.; SOUSA, F. A. Refinamento do mapa de solos da alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Marta, estado de Goiás, Brasil. **Caderno de Geografia**, v 30, n 62, 2020.

NRCS - Natural Resources Conservation Service. “Chapter 7: Hydrologic Soil Groups”. In: National Engineering Handbook: Part 630, Hydrology. 2009. Disponível em: Acesso em: 25 de setembro de 2010.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia e geografia aplicadas a gestão territorial: teoria e metodologia para o planejamento ambiental**. Tese de Doutorado. Tese (Livre Docência) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 322 p. 2001.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: Antonio J. T. Guerra, Antônio S. Da Silva e Rosângela G. M. Botelho (orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. São Paulo: Difel, 1995.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 5-18, Out/Dez, 2005.

SARTORI, A.; GENOVEZ, A. M. Critérios Para Classificação Hidrológica de Solos Tropicais Brasileiros. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Maceió – AL, 2011. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/2f9a668592daa891f7e7ffe586c87d58_35843b5f83145bfa2820e4bcd0d81ea5.pdf. Acesso em 25 de nov. de 2018.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª Ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Nitossolos**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_17_2212200611543.html. Acesso em: 23 maio 2019.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Cambissolos Hálicos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn1sf65m02wx5ok0liq1mqzx3jrec.html. 23 maio 2019a.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Neossolos Litólicos**. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html. Acesso em: 23 maio 2019b.

SCS – Soil Conservation Service. National Engineering Handbook: Section 4, Hydrology. 1972.

SETZER, J; PORTO, R. L. L. Tentativa de avaliação do escoamento superficial de acordo com o solo e seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico DAEE**, v. 2, n.2, p.81-104, 1979.

SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÃO DE GOIÁS - SIEG. **Downloads/SIG – Shapefiles**. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 3 fev. 2020.

SOUSA, F. A. de. **Uso e ocupação na bacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio em Iporá-Go, como subsídio ao planejamento**. 2006. 106p. Dissertação (Mestrado). UFG/IESA. Goiânia, 2006.

SOUSA, F. A. de. **A contribuição dos solos originados sobre granitos e rochas alcalinas na condutividade hidráulica, na recarga do lençol freático e na suscetibilidade erosiva – um estudo de caso na alta bacia hidrográfica do rio dos bois em Iporá (GO)**. 2013. 207p. Tese (Doutorado). UFU, Programa de Pesquisa e Pós-graduação em geografia. Uberlândia. 2013.

SOUSA, F. A. de. Mapa de solos e aptidão agrícola do município de Iporá-GO: Primeira aproximação. In: **I Simpósio Internacional de água, solos e geotecnologias**. 2015, Uberaba. Anais do I Simpósio Internacional de água, solos e geotecnologias. Uberaba, 2015. p. 1-11.

SOUSA, F. A.; RODRIGUES, S. C. Estimativa de recarga do lençol freático em solos sobre granito e gabros alcalinos na alta bacia do rio dos Bois em Iporá-GO. **Ambiência**, v. 10, n. 2, p. 449-463, 2014.

SOUSA, F. A. Identificação das zonas de recarga e caracterização dos sistemas freáticos de Iporá - GO. **Geoambiente On-line**, n. 33, p. 23-25, Maio, 2019.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Latossolos**. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.htm. Acesso em: 23 maio 2019.

ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Argissolos**. Disponível em:

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_7_2212200611538.html. Acesso em: 23 maio 2019.