

APLICAÇÃO DO MÉTODO MIHA PARA AVALIAÇÃO DE RESERVAS RENOVÁVEIS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO ITABIRITO/MG

Paulo Fernando Pereira Pessoa ¹, Rinaldo Afrânio Fernandes ¹, Gisele Kimura ¹,
Dora Atman ¹, Laila Garcia Maia Gonçalves ¹, Ednilson da Silva Rosa ¹, Rogério Silva Lucas ¹

¹ HIDROVIA Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda. Rua Albita, 131 – sala 301- Bairro Cruzeiro – Belo Horizonte/MG – CEP: 30.160-310 – sociedade@hidrovia.com.br.

Palavras-Chave: oferta hídrica subterrânea, reservas renováveis de águas subterrâneas, gestão de aquíferos.

INTRODUÇÃO

O **MIHA** (Método Integrado de Avaliação Hidrogeodinâmica - Pessoa *et al.* (no prelo)) tem sido desenvolvido e aplicado pela **HIDROVIA** em estudos de quantificação de reservas renováveis de águas subterrâneas para bacias hidrográficas situadas no Quadrilátero Ferrífero, como a do rio Itabirito (*e.g.* AGB, MYR, 2013), assim como para a bacia do rio São Francisco (*e.g.* ANA, 2015).

O rio Itabirito, estudo de caso ora apresentado, situa-se no alto curso da bacia hidrográfica do rio das Velhas, sendo um dos seus principais afluentes. A sua bacia se enquadra no contexto geológico, geomorfológico, climático e hidrográfico do Quadrilátero Ferrífero, contribuindo para o abastecimento de água de parte da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). A extensão do rio Itabirito é de 40 km e seus principais afluentes são: ribeirão Mata Porcos, córrego do Braço ou Bração e córrego Carioca, além de outros cursos de água de menor extensão que formam a rede de drenagem. A precipitação média é da ordem de 1.440 mm (estação Itabirito Linígrafo - 02043060).

A aplicação do **MIHA** para o cálculo de reservas renováveis da bacia do rio Itabirito partiu de um estudo solicitado pela Agência de Bacia do Rio das Velhas, AGB Peixe Vivo (AGB-MYR, 2013), sendo um dos objetivos aferir as disponibilidades hídricas subterrâneas para atendimento de demandas crescentes de água levantadas pelo Subcomitê do Rio Itabirito (SCBH Rio Itabirito) e consolidadas no Projeto “Conhecendo o Rio Itabirito”.

SOBRE O MÉTODO MIHA

O **MIHA** tem permitido o cômputo ágil das reservas renováveis de bacias tendo como parâmetro principal a porosidade efetiva para fluxo, entendida aqui como a capacidade específica das unidades geológicas constituintes de cada bacia de referência em recarregar, transmitir e descarregar a água subterrânea, sendo o somatório destas contribuições admitido como equivalente ao cômputo da recarga total, ou ainda das descargas de base associadas aos períodos de recessão.

Neste caso, considera-se o princípio da Lei de Darcy associado àquele de meio poroso equivalente, onde a permeabilidade efetiva média para fluxo é a componente principal que comanda as entradas e saídas de água de sistemas hidrogeológicos complexos, estabelecendo-se, assim, uma relação direta entre recarga média subterrânea e fluxo de base médio em bacias representativas. Esta relação, ainda que de forma simplificada, deve refletir a reserva renovável avaliada em condições médias de precipitação em um determinado período hidrológico.

O método representa a integração dos resultados alcançados a partir da aplicação de três módulos distintos de análise, conforme o direcionamento das tarefas necessárias para a obtenção de dados específicos, quais sejam: i) **GheoK**: análise de quantificação ponderada das reservas aquíferas – o

reconhecimento da assinatura hidrogeodinâmica dos distintos materiais geológicos; ii) **HidroX**: Análise dos hidrogramas nas seções de controle selecionadas – o procedimento detalhado de separação dos escoamentos superficial e subterrâneo; e, iii) **StoreZ**: Análise dirigida ao reconhecimento de todos os processos intervenientes na retirada de água dos aquíferos, para delimitação dos referenciais hidráulicos - a apropriação dos atributos dimensionais dos aquíferos como base para quantificação de efeitos máximos de exploração. Este último é aplicado quando necessário se faz o detalhamento das disponibilidades hídricas frente à análise de cotejo entre os volumes ofertados e as demandas de consumo, possibilitando o conhecimento das reservas referenciais dos aquíferos: os volumes armazenados de acordo com as faixas altimétricas de variação do *datum* natural dos talwegues das drenagens e aqueles determinados pelas cotas máximas alcançadas pelos distintos mecanismos de exploração (poços, cavas, drenos, etc.).

Esta metodologia de quantificação trabalha com dados disponíveis de mapeamento geológico, no que se refere à distribuição espacial das unidades reconhecidas, sendo esta a base para a tomada de informações sobre parâmetros hidrogeológicos de relevância. Além disso, assume que nos períodos de recessão hídrica, associados à sazonalidade das precipitações pluviométricas, os sistemas ou unidades hidrogeológicas sejam o grande responsável pela manutenção das descargas de base dos cursos d'água de uma região. Sendo assim, os valores atribuídos à capacidade de recarga de certa área são diretamente proporcionais à tipologia aquífera existente no domínio de abrangência da bacia de interesse ou a montante de uma dada seção fluviométrica e, dessa forma, condicionam os volumes que escoam naquela seção durante os períodos de estiagem (ofertas). Este potencial de produção (descarga específica) é expresso em l/s.km².

Os procedimentos incluem a análise dos tipos de rochas presentes, cujas variações conduzem à classificação de unidades com maior ou menor potencial hidrogeológico (aquíferos, aquícludes e aquitardes), as quais deverão ser normalizadas em função de sua porosidade efetiva para fluxo. Isto refletirá em um zoneamento de tipologias hidrogeológicas com menor ou maior capacidade de transmissão de água do aquífero para o curso d'água e, assim, na quantificação ponderada das ofertas hídricas subterrâneas.

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO ITABIRITO

Considerando-se o caráter litológico predominante, o comportamento hidrodinâmico e os tipos de permeabilidade (primária e secundária), são identificados diferentes aquíferos e aquícludes na bacia do rio Itabirito, que caracterizam unidades hidrogeológicas e que, por sua vez, se agrupam em sistemas hidrogeológicos. Esta classificação segue os padrões e premissas apresentados por Beato *et al.* (2005) e Mourão (2007) para áreas similares no Quadrilátero Ferrífero, além de se basear na definição de Souza (1995), que utilizaram a denominação Sistema Aquífero para um conjunto formado por uma ou mais unidades litoestratigráficas que apresentam condutividade hidráulica, características hidrodinâmicas, condições de recarga, circulação e descarga, e de qualidade das águas relativamente semelhantes. Souza (*op. cit.*) ainda emprega o termo Unidade Aquífera para caracterizar a ocorrência de um ou mais tipos predominantes de rocha portadora de água, associado a uma unidade geológica específica. Neste estudo é considerado o termo Unidade Hidrogeológica, que se presta tanto para aquíferos como para aquícludes e/ou aquícludes.

Na Tabela 1 estão apresentados os dados de espessuras médias e intervalos dos valores típicos de condutividade hidráulica, K_{xy} (cm/s), para as unidades hidrogeológicas estabelecidas na área da bacia do rio Itabirito. A distribuição espacial destas unidades pode ser visualizada na Figura 1.

Tabela 1. Sistemas e unidades hidrogeológicas reconhecidas na área da bacia do rio Itabirito

Sistema Hidrogeológico	Unidades Hidrogeológicas	Espessuras Médias (m)	Intervalos dos Valores Típicos de Condutividade Hidráulica, K(cm/s)
em Coberturas Sedimentares	Aquífero em Aluviões	~ 50	5,0 x 10 ⁻⁰⁴ a 5,0 x 10 ⁻⁰²
	Aquífero em Cangas	~ 20	
em Rochas Metabásicas	Aquicludes em Metabásicas	~ 5	5,0 x 10 ⁻⁰⁸ a 5,0 x 10 ⁻⁰⁶
em Rochas Metapelíticas	Aquiclude Barreiro	20 a 80	1,0 x 10 ⁻⁰⁸ a 1,0x 10 ⁻⁰⁶
	Aquiclude Fecho do Funil	~ 300	
	Aquiclude Moeda (Filitos)	~ 100	
	Aquiclude Batatal	~ 150	
em Rochas Carbonáticas	Aquífero Gandarela	~800	1,0 x 10 ⁻⁰⁶ a 1,0 x 10 ⁻⁰⁴
em Formações Ferríferas	Aquífero Cauê	750 a 1.750	1,0 x 10 ⁻⁰⁴ a 1,0 x 10 ⁻⁰²
em Rochas Quartzíticas	Aquífero Itacolomi	250 a 400	1,0 x 10 ⁻⁰⁵ a 1,0 x 10 ⁻⁰³
	Aquífero Taboões	~ 75	
	Aquífero Cercadinho	~ 1.200	
	Aquífero Moeda (Quartzitos)	~ 500	
em Rochas Xistosas	Aquífero Nova Lima	~ 4.000	1,0 x 10 ⁻⁰⁸ a 1,0 x 10 ⁻⁰⁶
em Rochas Cristalinas	Aquífero em Rochas Cristalinas	~ 150	5,0 x 10 ⁻⁰⁷ a 5,0 x 10 ⁻⁰³

Nota: classificação segundo Beato *et al.* (2005) e Mourão (2007)

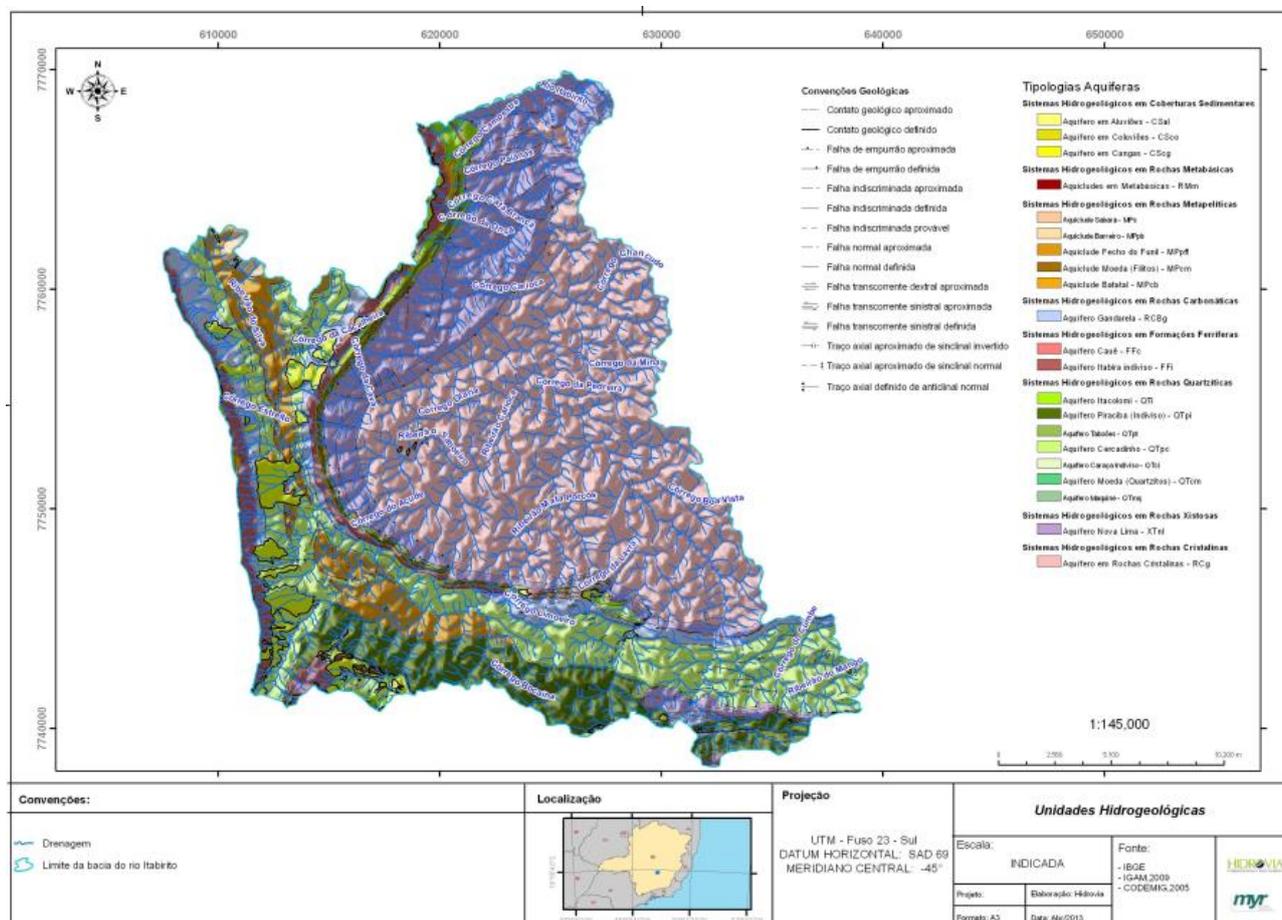


Figura 1. Sistemas e unidades hidrogeológicas caracterizados na bacia do rio Itabirito, construído com base no mapa geológico de Lobato *et al.* (2005)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O potencial de produção de água subterrânea (l/s.km²) estabelece qual a vazão de contribuição específica de cada tipologia para o fluxo de base de uma determinada bacia (l/s), em função de sua área de ocorrência (km²). A Tabela 2 sintetiza os dados de vazão específica para as unidades hidrogeológicas de interesse e mostra os resultados para cômputo das reservas renováveis.

Tabela 2. Cômputo da reserva renovável na bacia do rio Itabirito

Unidades Hidrogeológicas	Vazão Específica média (L/s.km ²)	Área de Contribuição (km ²)	Reserva Renovável (L/s)	Recarga (%)
Aquífero Gandarela	9,0	28,2	254	19,7%
Aquífero Cauê	16,0	27,8	444	35,0%
Aquífero Taboões	9,5	0,15	1,3	20,8%
Aquífero Cercadinho	10,5	90,2	948	23,0%
Aquífero Moeda	9,5	9,4	90	20,8%
Aquífero Itacolomi	8,0	1,3	10	16,4%
Aquífero Nova Lima	6,5	85,8	558	14,2%
Aquífero em Rochas Cristalinas	5,5	193,8	1.066	12,0%
Aquífero Piracicaba	8,0	42,3	360	18,6%

Fonte: modificado de AGB-Myr (2013)

Destaca-se que os aquíferos representados pelas unidades Cauê, Cercadinho e Moeda conformam, notadamente, as expressões de maior potencial hidrogeológico na área de interesse, reunindo as propriedades hidráulicas de maior capacidade ao armazenamento e à condução das águas subterrâneas, condicionadas por fluxos mistos, representados pelo meio fissural e poroso. Em geral, a associação dessas rochas com determinados atributos estruturais (tais como: falhas, diáclases e fraturas) proporcionam um acréscimo do potencial hídrico subterrâneo, além de permitir interconexões hidráulicas entre distintas sub-bacias hidrográficas, mascarando os reais volumes de recarga aportados em um dado domínio hidrogeológico. Estudos em escalas de maior abrangência são capazes de destacar as relações hidráulicas de ganhos e perdas entre as bacias. O método MIHA tem permitido averiguar aspectos importantes das diferenças de contribuições entre bacias hidrográficas contíguas, bem como estabelecer, de modo mais realista, a quantificação ponderada das recargas entre bacias hidrogeológicas que, em inúmeros casos, ficam mascaradas pela ausência de registros contínuos de descargas de base nas seções de drenagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à AGB Peixe Vivo e MYR Projetos pela parceria e permissão para publicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGB - MYR (2013). Estudos hidrológicos e hidrogeológicos da bacia do rio Itabirito e dos cenários de outorgas de recursos hídricos. Agência Peixe Vivo e Myr Projetos Sustentáveis.
- ANA - Agência Nacional de Águas (2015). “Avaliação Hidrogeológica dos Sistemas Aquíferos Cársticos e Fissuro-Cársticos na Região Hidrográfica do São Francisco com Vistas à Gestão Integrada e Compartilhada de Recursos Hídricos”. Consórcio Projeteq-Techne (no prelo).
- ANA – Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas – Séries Históricas. HIDROWEB. Disponível em: www.hidroweb.ana.gov.br. Acessado em março de 2013.
- Beato, D.A.C.; Monsore, A. L. M.; Bertachini, A.C. Hidrogeologia. 2005. In: Projeto APA Sul RMBH. Estudos do Meio Físico: área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG.v.9. Parte A.
- Lobato, L.M.; Baltazar, O.F.; Reis, L.B.; Achtschin, A.B.; Baars, F.J.; Timbó, M.A.; Berni, G.V; Mendonça, B.R.V. de; Ferreira, D.V. 2005. Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005.
- Mourão, M.A.A. Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Cauê. Quadrilátero Ferrífero. MG. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. 2007. 297 p.
- Souza, S.M.T. Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: HIDROSISTEMAS/COPASA. 1995. 525p.