

**Disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas na bacia do Rio do peixe – Itabira-
MG**

Surface water availability and groundwater in River Fish basin - Itabira-MG

**Disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del Río del Peces –
Itabira-MG**

Recebido: 21/10/2019 | Revisado: 25/10/2019 | Aceito: 05/11/2019 | Publicado: 08/11/2019

José Augusto Costa Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-1962>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: jaucosta@unifei.edu.br

Milena Stefany Lage Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3195-2990>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: milenastalmeida@gmail.com

Mariana Araújo Mendes Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5533-310x>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: mariana.amfe@gmail.com

Brenda Luíza Ferreira Paiva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9539-9189>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: brendaluizapaiva@gmail.com

Resumo

O conhecimento da capacidade reguladora dos aquíferos sobre a descarga natural dos rios, mesmo que em escala regional, oferece subsídios que auxiliam no conhecimento da correlação quantitativa existente entre as águas superficiais e as subterrâneas. Esta pesquisa tem uma natureza quantitativa se tratando especificamente de um estudo de caso. O objetivo deste trabalho é avaliar e quantificar relação entre as águas superficiais e subterrâneas a partir das análises de hidrogramas representativos do escoamento total na bacia do Rio do Peixe. A cidade de Itabira, inserida na bacia do rio do Peixe e localizada no maior polo de mineração do país, apresenta inúmeros problemas de abastecimento de água. A partir dados

fluviométricos de cinco vertedouros, foi possível a quantificação das componentes superficiais e subterrâneas através de hidrogramas do escoamento total da bacia do rio do Peixe. O percentual do deflúvio subterrâneo com relação ao deflúvio total, mostrou valores superiores a 60%. As nascentes e os poços perfurados no Aquífero Cauê, apresentam as maiores vazões, seguidos pelos poços perfurados no Grupo Piracicaba. O escoamento de base não apresenta intermitência, admite-se que os aquíferos mantenham o fluxo dos rios mesmo em períodos mais secos, existindo uma correlação entre os condicionantes geológicos, geomorfológicos e hidrológicos e hidrogeológico.

Palavras-chave: Rio do Peixe; Itabira; Hidrogeologia.

Abstract

The Knowledge of aquifer regulatory capacity on the natural discharge of rivers, even on a regional scale, provides subsidies that help in the knowledge of the quantitative correlation between surface water and groundwater. This research is quantitative in nature and is specifically a case study. The objective of this work is to evaluate and quantify the relationship between surface and groundwater from hydrograph analyzes of the total flow in the river fish basin. Itabira city is located in the river fish basin and located in the country's largest mining center, presents numerous problems of water supply. From the fluviometric data of five spillways, it was possible to quantify the surface and underground components using the Barnes method through hydrographs of the total flow of the Peixe river basin. The percentage of subterranean deforestation related to the total deforestation showed values higher than 60%. The springs and wells drilled in the Cauê Aquifer, present the highest flows, followed by the wells drilled in the Piracicaba Group. The base flow does not present intermittence, it is assumed that the aquifers maintain the flow of the rivers even in drier periods, and there is a correlation between the geological, geomorphological and hydrological and hydrogeological conditions.

Keywords: River Fish; Itabira; Hydrogeology

Resumen

El conocimiento de la capacidad reguladora de los acuíferos sobre el vertido natural de los ríos, incluso a escala regional, ofrece subsidios que ayudan en el conocimiento de la correlación cuantitativa existente entre las aguas superficiales y las subterráneas. Esta investigación es de naturaleza cuantitativa y es específicamente un estudio de caso. El objetivo de este trabajo es evaluar y cuantificar la relación entre las aguas superficiales y

subterráneas a partir de los análisis de hidrogramas representativos del flujo total en la cuenca del Río de Pez. La ciudad de Itabira, situada en la cuenca del río del Pez y ubicada en el mayor polo minero del país, presenta numerosos problemas de abastecimiento de agua. A partir de datos fluviométricos de cinco vertederos, fue posible cuantificar los componentes superficiales y subterráneos a través de hidrogramas del flujo total de la cuenca del Río del Pez. El porcentaje de la desviación subterránea con respecto al deflcto total, mostró valores superiores al 60%. Los manantiales y pozos perforados en el acuífero Caué, presentan los mayores caudales, seguidos por los pozos perforados en el Grupo Piracicaba. El flujo de base no presenta intermitencia, se admite que los acuíferos mantengan el flujo de los ríos incluso en períodos más secos, existiendo una correlación entre los condicionantes geológicos, geomorfológicos e hidrológicos e hidrogeológicos.

Palabras clave: Rio de Pece; Itabira; Hidrologia Subterrânea

1. Introdução

Raros são os estudos desenvolvidos para o conhecimento da intrínseca correlação quantitativa entre as águas superficiais e subterrâneas. O cálculo da capacidade reguladora dos aquíferos sobre a descarga natural dos rios é de fundamental importância para os gestores e usuários dos recursos hídricos. Numa bacia hidrográfica, os cursos de água que mantêm regime natural de escoamento permanente, recebem águas subterrâneas restituídas quase que exclusivamente da descarga natural dos aquíferos, oriunda da sua capacidade de armazenamento. Essas águas representam o escoamento de base ou a componente subterrânea do deflúvio superficial total no período de estiagem, Cândido et al. (2019). A importância da indissociabilidade das águas superficiais e subterrâneas sendo parte integrante do mesmo ciclo hidrológico, as águas superficiais e subterrâneas devem ser gerenciadas de forma conjunta. Contudo é preciso considerar as peculiaridades, como as diferentes escalas temporais de renovação de cada fase, a evaporação a que estão sujeitas as águas superficiais, a facilidade de acesso e contaminação das águas superficiais, assim como as dificuldades de exploração das águas subterrâneas, Costa et al. (2010).

O conhecimento em detalhe da hidrogeologia de uma bacia hidrográfica além de fornecer informações sobre o potencial hídrico subterrâneo, também está diretamente associado ao comportamento da vazão de base, ou seja, o conhecimento da hidrogeologia local serve de base para se entender os rios da bacia em época de estiagem.

Em um estudo do regime hídrico da sub-bacia da Lagoa dos Patos no Rio Grande do

Sul, Simon et al. (2013), concluíram que 16 das 25 estações fluviométricas estudadas apresentaram um período de maior disponibilidade hídrica devido ao aumento da descarga líquida entre abril e outubro e que é um período com menor disponibilidade hídrica, de novembro a março, período este que o fornecimento de água pelos aquíferos da região dão estabilidade a vazão superficial.

Considerando os dados disponíveis de mapeamentos geológicos, sendo esta a base para a tomada de informações sobre parâmetros hidrogeológicos de relevância, esta metodologia 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, Gonçalves et al (2005). A partir da análise dos litotipos presentes, cujas características conduzem à classificação de unidades com maior ou menor potencial hidrogeológico (sistemas aquíferos), as quais foram classificadas em função de sua porosidade efetiva para disponibilidade de fluxo. Este aspecto irá permitir a distinção das tipologias hidrogeológicas com menor ou maior capacidade de transmissão de água dos aquíferos para os cursos d'água.

Os estudos das relações entre as águas superficiais e subterrâneas não devem ser distintos e quaisquer modificação em um desses meios pode gerar transformações momentâneas ou até mesmo irreversíveis no outro.

Grande parte do território da bacia do Rio do Peixe, está assentado sobre os terrenos cristalinos. Muitas vezes, são nessas rochas que se encontram os únicos recursos hídricos possíveis de serem utilizados, já que os rigorosos períodos de seca ou a grande densidade populacional tornam insuficientes as águas superficiais.

Os objetivos deste trabalho foram mapear e descrever as formações geológicas da bacia do rio do Peixe, estudar e caracterizar os domínios hidrogeológicos locais, obter os valores da descarga natural dos cursos d'água para avaliar quantitativamente o potencial e a disponibilidade hídrica da bacia, tanto das contribuições das águas superficiais e subterrâneas.

2. Metodologia

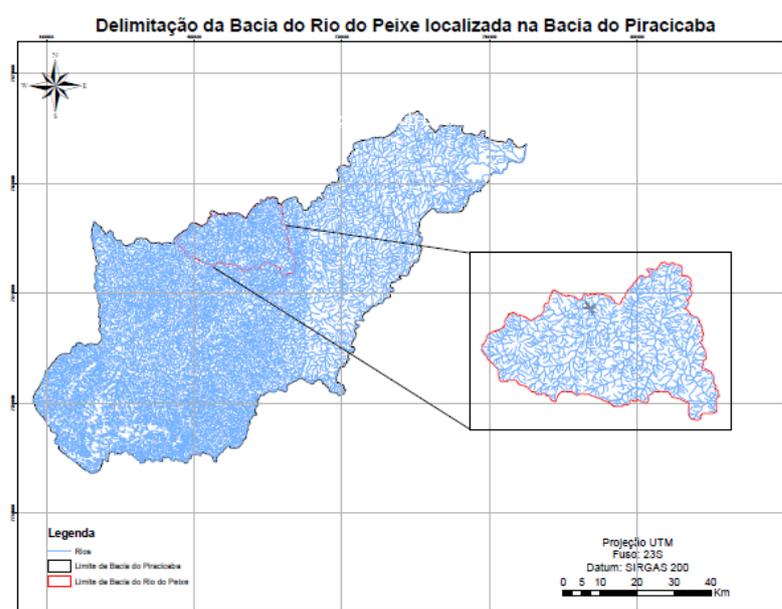
Esta pesquisa tem uma natureza quantitativa se tratando especificamente de um estudo de caso. Para execução deste trabalho foram feitas: revisão de literatura do tema, aquisição da base de dados cartográficos Folha de Itabira (SE-23-Z-D-IV – 1:100.000), delimitação da bacia e de suas subdivisões, aquisição de dados das estações fluviométricas-banco de informações do Hidroweb, atividade de campo (reconhecimento da área de estudo, coleta de dados no campo, geração de mapas (utilização do Arcgis), análises estatísticas (utilização dos

programas Origin e Excel, análise e discussão dos dados, confecção do relatório final.

A Figura 1, ilustra a bacia do rio do Peixe que pertence a bacia do rio Piracicaba que por sua vez está inserida na bacia do Rio Doce, localizando-se na região central de Minas Gerais, compreendendo o município de Itabira e Nova Era. Se encontra à noroeste da Bacia do Piracicaba e é limitada pelas coordenadas geográficas UTM 676.000m/7.840.000m e 708.000m/7.812.000m, com base na carta topográfica de Itabira (SE-23-Z-D-IV). Esta bacia é muito importante regionalmente devido a diversidade de atividades ocorrentes nesta região, principalmente para o setor mineral.

A Figura 2, mostra todos os afluentes e as microbacias do rio do Peixe, que é um afluente da margem esquerda do rio Piracicaba, que por sua vez é um afluente também da margem esquerda do rio Doce. Tal como as nascentes do rio do Tanque, as nascentes do rio do Peixe estão localizadas dentro dos limites municipais de Itabira em altitudes aproximadas de 1.100 m. O curso de água percorre uma distância aproximada de 53 km desde sua nascente até a confluência com o rio Piracicaba, sendo 38 km dentro da área do município de Itabira. No seu trajeto desenvolve uma direção predominante oeste-leste possuindo uma declividade equivalente da ordem de 0,35 % e sua área de drenagem é de aproximadamente 410 km² e tem como principais afluentes os córregos Candidópolis (área de 33,86 km² e comprimento de 11,17 km), da Cachoeira (área de 30,16 km² e comprimento de 11,58 km), ribeirão São José (área de 57,99 km² e comprimento de 15,34 km) e o Córrego Santa Cruz (área de 26,7 km² e comprimento de 12,65 km).

Figura 1 – Localização da área de estudos



Fonte: Autores (2019)

Figura 2 – Mapa da bacia do rio do Peixe e suas sub bacias.



Fonte: Autores (2019)

Inventário dos pontos d'água: Foram cadastradas 91 nascentes na área estudada, em diversas campanhas de reconhecimento de campo. As nascentes em sua grande maioria formadas de pequenas surgências com vazões médias de 0,13 l/s. Foram cadastrados cerca de 30 poços tubulares profundos, cujas principais características são mostradas na Tabela 2. Os valores de transmissividade (T) foram obtidos por teste de bombeamento de vazão máxima e pelo de recuperação, interpretados pelo método de Cooper & Jacob (1946) em 11 poços tubulares perfurados nos aquíferos gnáissico-granítico. As informações disponíveis de dados de testes de produção dos poços na região são insuficientes para mensurar as reais potencialidades dos aquíferos, posto que fornecem somente a capacidade de extração de água através dos poços tubulares. Diante das dificuldades de um estudo hidrogeológico sistemático e convencional em rochas fissuradas da região sudeste de Minas Gerais, Gonçalves et al. (2005) atentaram para a relação entre águas superficiais e subterrâneas a partir das análises de hidrogramas, na qual derivaram parâmetros que possibilitaram a quantificação das componentes superficiais e subterrâneas pelo método gráfico, a partir de hidrogramas representativos do escoamento total. Para o cálculo das componentes superficiais e subterrâneas do escoamento, utilizou-se o método de Barnes, Custódio & Llamas (1983).

Foram utilizados dados fluviométricos de cinco vertedouros utilizados ao longo de 65 anos que monitoraram as sub bacias hidrográficas do rio do Peixe.

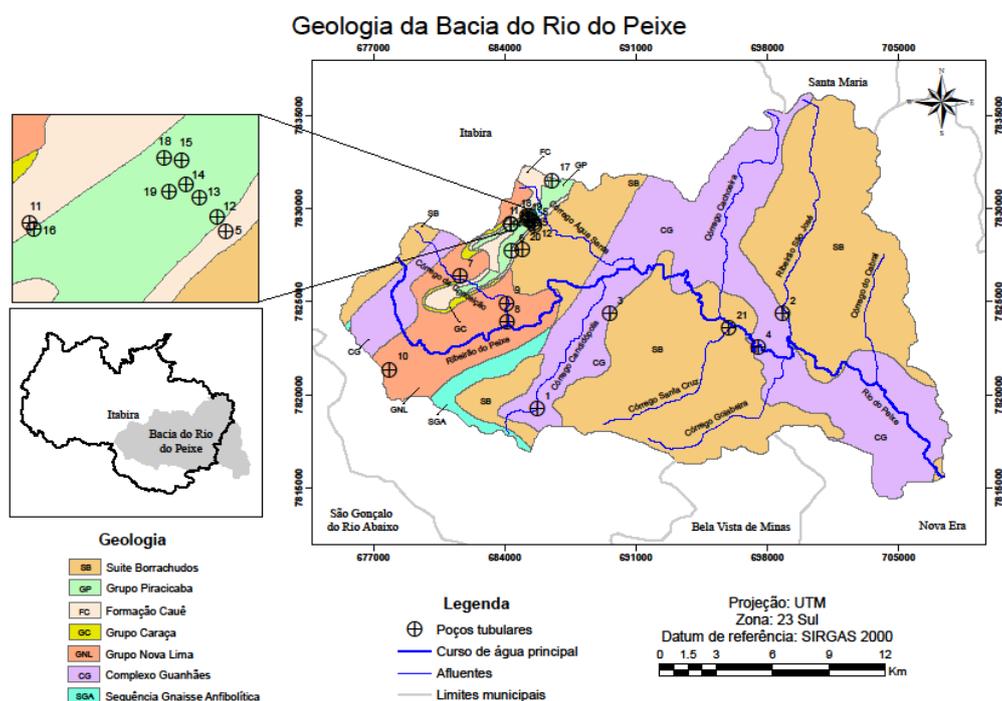
3. RESULTADOS

Geologia

O território estudado é recoberto por unidades litoestratigráficas do Arqueano até o Cenozóico & Knauer (2007), Jordt-Evangelista et al. (2016). As unidades arqueanas são representadas pelo Complexo Granito Gnaissico Migmatítico e Grupo Nova Lima, e as unidades proterozóicas são representadas pelas rochas do Supergrupo Minas, pelas rochas máficas intrusivas, e as coberturas detríticas do Cenozóico, Neto et al. (2001), Figura 3. No topo a Suíte Borrachudos, constituída por metagranitos, metasienito-granitos intrusivos, paleo-proterozóicos e distribuem-se em uma grande faixa SW-NE, Jordt-Evangelista et al. (2016), cortando em diagonal a área do município como também se apresenta em destaque no extremo leste da área urbana de Itabira. Caracteriza-se por um relevo em meia laranja, com poucos afloramentos, Andrade (2012). O Supergrupo Minas, de idade proterozóica, sotoposto a Suíte Borrachudos é representado pelos grupos Piracicaba, Itabira e Caraça, formando a Serra do Itabiruçu, também chamada de Esmeril. O Grupo Piracicaba Indiviso que é restritamente exposto na região de Itabira, é constituído principalmente por quartzitos ferruginosos, quartzo-sericita xistos, mica xistos, xistos grafitosos e, esporadicamente, xistos carbonáticos, dolomitos manganésíferos e itabiritos, Renger et al. (1994). As rochas do Grupo Piracicaba mostram-se bastante foliadas, geralmente dobradas e com estruturação subvertical devido a ação de zonas transcorrentes que cortam e limitam o Supergrupo Minas. Sotoposto ao Grupo Piracicaba, o Grupo Itabira é representado pela Formação Cauê, que é composta localmente por itabirito, minério de ferro, itabirito manganésífero e, apesar da alteração, são reconhecíveis itabiritos dolomíticos, além de quartzo-muscovita xistos, Rosiere (2008), Spier et al. (2007). A Formação Cauê, em grandes profundidades apresenta-se alterada em produtos friáveis, possuindo imensa propriedade armazenadora de água devido a sua natureza porosa ou fraturada, Neto et al. (2001), Mourão (2007). O Grupo Caraça é a unidade basal do Supergrupo Minas sendo constituído pelas Formações Moeda e Batatal, Renger et al. (1994). As rochas deste grupo são muito restritas na área de estudo, ocorrendo em uma estreita faixa, ao sul da cidade de Itabira, entre as minas de Periquito e Conceição, representado por um quartzito sericítico associado a um sericita xisto no contato com a Formação Cauê, MDGEO

(1999). Sotoposto ao Grupo Caraça, o Grupo Nova Lima, de idade arqueana forma um corpo alongado e pouco espesso que vai da área urbana de Itabira e se estende para sul, cujos contatos com o Complexo Granito-Gnáissico são geralmente abruptos, sendo constituído por uma grande variedade de xistos e filitos de origem metassedimentar ou metavulcânica, Almeida (1976). As rochas do Complexo Guanhões, sotopostas às rochas do Grupo Nova Lima são representadas na área do município de Itabira através de uma diversidade de litotipos como ortognaisses tonalíticos-trondhjemíticos-granodioríticos e graníticos, gnaisses e xistos anfibolíticos, anfibolito, xistos metapelíticos, gnaisses bandados, xistos máficos e ultramáficos, metagrauvas, anfibolitos, quartzitos, Jordt-Evangelista et al. (2016). Na região centro-sul do município, a Sequência Gnáissica Anfibolítica, de idade arqueana, sotoposta ao Complexo Guanhões, tem formato circular e é representada por uma alternância quase rítmica de faixas de gnaisses graníticos e de anfibolitos, de ordem de decâmetros a hectômetros de espessura, necessitando ainda de estudos petrográficos e petrogenéticos, Jordt-Evangelista et al. (2016).

Figura 3 – Mapa Geológico da bacia do rio do Peixe



Fonte: Autores (2019)

Hidrogeologia da Bacia do Rio do Peixe

A definição das unidades hidrogeológicas tiveram como base as características das unidades lito-estruturais identificadas, e de acordo com o comportamento do meio condutor de água, as unidades podem ser caracterizadas como aquíferos, aquíferos ou aquíferos. Na Tabela 1 são apresentadas uma proposição e sistematização dos sistemas aquíferos e sua relação com as unidades litoestratigráficas identificadas e na Figura 4, é apresentado o mapa dos sistemas aquíferos existentes.

Tabela 1 – Coluna Estratigráfica / Sistemas Aquíferos

Formação	Litologia	Sistema Aquífero	Divisões
Suíte Borrachudos	Metagranitos e metasianogranitos	Sistema Aquífero Gnáissico Granítico	Zonas aquíferas em fraturas
Grupo Piracicaba	Quartzito ferruginoso, xistos e micaxistos grafitosos; subordinadamente xistos carbonáticos, itabiritos, dolomitos manganésíferos	Sistema Aquífero Piracicaba	Aquífero Quartzítico
			Aquífero Xisto
Formação Cauê	Itabiritos, itabiritos dolomitos com níveis manganésíferos, corpos de hematita	Sistema Aquífero Itabira	Aquífero Cauê
Grupo Caraça	Quartzito, micaxisto	Sistema Aquífero Caraça	Aquífero Quartzítico
			Aquífero em Filitos
Grupo Nova Lima	Variados xistos, metabasitos, metaultrabasitos; subordinadamente metachertes silicosos e ferruginosos, quartzitos e formação ferrífera	Sistema Aquífero Nova Lima	Aquífero em Metachert
			Aquífero e aquífero em xistos alterados
			Zonas de aquíferos fraturados em xistos
			Aquíferos em BIF
Complexo Guanhães	Anfibolitos, Xistos Pelíticos, Gnaisses Bandados, Xistos Máficos e Ultramáficos, Metagrauvas	Sistema Aquífero Gnáissico Granítico	Zonas aquíferas em fraturas
Seqüência Gnáissica Anfibolítica	Faixas de Gnaisses Graníticos, Anfibolitos e Quartzitos	Sistema Aquífero Gnáissico Granítico	Zonas aquíferas em fraturas

Fonte: Autores (2019)

Tabela 2 – Dados dos poços dos sistemas aquíferos da bacia do Rio do Peixe

Sistema Aquífero	N. P.	Profundidade (m)	Q (m ³ /h)	Q/s (m ³ /h/m)	N.E. (m)	N.D. (m)
Sistema Aquífero Gnáissico Granítico	15	50,00	0,94	0,02	1,05	22,00
		<u>77,02</u>	<u>10,87</u>	<u>0,37</u>	<u>6,35</u>	<u>44,88</u>
		140,00	56,37	1,38	27,00	59,30
Sistema Aquífero Piracicaba	9	70,00	5,04	0,12	0,00	24,00
		<u>148,24</u>	<u>45,11</u>	<u>2,43</u>	<u>17,17</u>	<u>68,71</u>
		254,00	123,12	12,17	50,80	140,00
Sistema Aquífero Itabira Aquífero Cauê	2	80,00	5,30	0,15	6,00	41,00
		<u>206,50</u>	<u>23,04</u>	<u>0,19</u>	<u>10,30</u>	<u>115,12</u>
		333,00	40,78	0,23	14,60	189,24
Sistema Aquífero Nova Lima	4	80,00	1,98	0,04	5,40	53,80
		<u>130,72</u>	<u>14,25</u>	<u>0,15</u>	<u>14,31</u>	<u>76,41</u>
		250,00	49,00	0,43	22,83	138,00

50,00 – valor mínimo encontrado // 77,00 – valor médio // 140,00 - valor máximo encontrado

OBS: Não foram cadastrados poços no Sistema Aquífero Caraça

Fonte: Autores (2019)

Sistema Aquífero Piracicaba

Constituem o aquífero xisto e as rochas dos aquíferos quartzíticos. É constituído por metassedimentos quartzíticos (quartzitos, quartzitos ferruginosos e sericíticos) de diferentes idades e posições estratigráficas que reúnem condições de armazenamento e circulação de águas subterrâneas, as quais são mais elevadas quando associadas à estruturas rúpteis (falhas, fraturas). Ocorre de forma descontínua em corpos lineares com espessuras variadas. Estes aquíferos são fraturados, descontínuos, anisotrópicos, heterogêneos e livres podendo ser encontrados também confinados pelos metapelitos e xistos interestratificados. O valor médio de transmissividade encontrado nestas rochas em 4 poços perfurados foi de 210 m²/dia, o valor máximo de 610 m²/dia, o valor mínimo de 85 m²/dia e o coeficiente de armazenamento variando entre 10-2 e 10-5, MDGEO (1999). Os valores de porosidade efetiva variaram de 2% a 5%. Os valor máximo de condutividade hidráulica de 2,10 m/dia, valor mínimo de 0,02 m/dia e valor médio de 1,05 m/dia.

Sistema Aquífero Itabira

É constituído pelas rochas das formações Gandarela e Cauê, com unidades hidrogeológicas homônimas. O Aquicludo Gandarela, ocorre muito pouco na área estudada e tem um comportamento hidrogeológico indistinto. O Aquífero Cauê quantitativamente é o principal aquífero da área estudada, bem como de todo Quadrilátero Ferrífero e é constituído pelas hematitas e itabiritos da Formação Cauê. Este aquífero tem características de dupla porosidade, pois tem características hidrodinâmicas de aquífero granular, possuindo predominantemente uma porosidade intergranular, em consequência da grande presença dos corpos de itabiritos friáveis, hematitas moles e pulverulentas, conferindo ao maciço rochoso uma elevada condutividade hidráulica. Os valores médios de transmissividade encontrados nos itabiritos e formações ferríferas em 30 poços perfurados onde foram realizados testes de aquíferos com ensaios piezométricos perpendiculares a foliação das rochas foram de 162,5 m²/dia e coeficiente de armazenamento de 0,0009, entretanto com ensaios paralelos a foliação os valores médios encontrados foram de 342 m²/dia para transmissividade e 0,0167 para o coeficiente de armazenamento, MDGEO (1999). Os valores de porosidade efetiva variaram de 2% a 5%. Os valor máximo de condutividade hidráulica de 4,50 m/dia, valor mínimo de 0,15 m/dia e valor médio de m/dia. Este aquífero em geral é do tipo livre, às vezes confinado, em decorrência da conformação estratigráfica com dobramentos e falhamentos transcorrentes e de empurrão. São descontínuos fracamente heterogêneo e pouco anisotrópico em áreas de predominância de itabiritos friáveis, entretanto fortemente heterogêneos e anisotrópicos em regiões de intercalações com hematitas compactas.

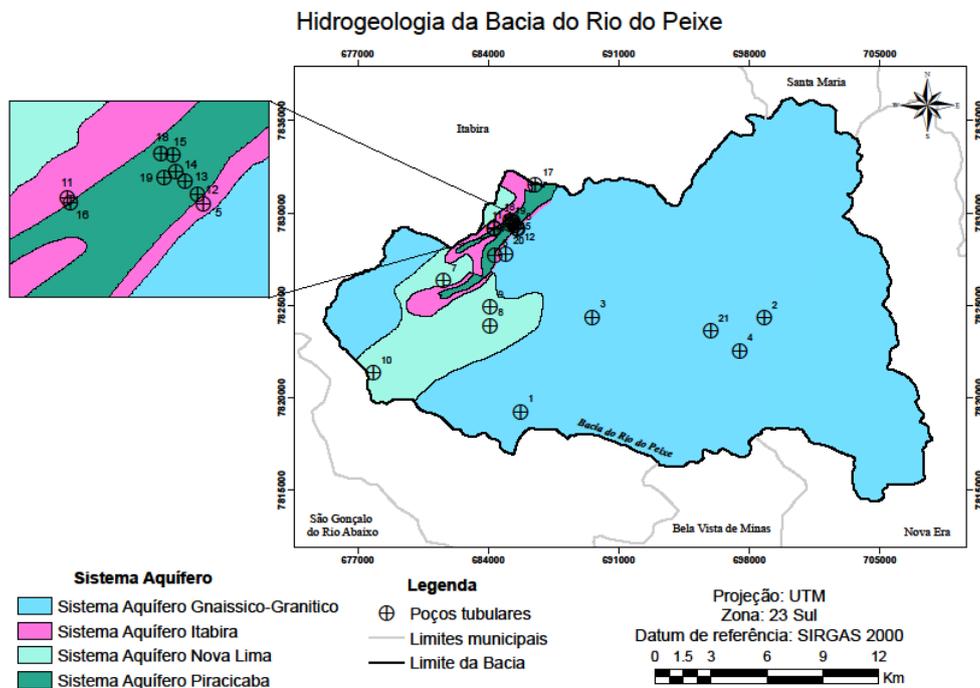
Sistema Aquífero Nova Lima

É composto pelas rochas xistosas que formam o aquitardo xisto e as rochas quartzíticas ferruginosas que formam os aquíferos das formações ferríferas. Estes aquíferos, podem ser encontrados em zonas de xisto são, não meteorizado e nos interstícios do xisto intemperizado. O primeiro é considerado um sistema fraturado, descontínuo, anisotrópico, heterogêneo, geralmente livre, às vezes confinado. Este tipo de aquífero possui reduzida capacidade de armazenamento e circulação de água subterrânea. O segundo ocorre no manto de alteração de rocha xistosa e pelítica, possuindo de um modo geral baixos valores de permeabilidade e porosidade. Os exutórios naturais são nascentes pontuais ou difusas, em áreas de brejos, ao longo dos vales. Foram encontradas 8 nascentes com vazão de 0,12 l/s.

Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico

Este sistema é representado pelos granitos, gnaisses, migmatitos, granitoides e rochas básicas e metabásicas intrusivas (Complexos Granito Gnaisses e Guanhões, Suíte Borrachudos, Sequência Gnáissica Anfibolítica). São aquíferos descontínuos, anisotrópicos, heterogêneos, fraturados e livres a semiconfinados pela rocha alterada. Estes aquíferos apresentam dupla porosidade, com circulação e armazenamento da água subterrânea em discontinuidades provocadas pelo fraturamento das rochas (porosidade de fraturas) e nos interstícios do manto de alteração (porosidade intersticial). Nestes aquíferos a porosidade de fraturas apresenta maior permeabilidade e a porosidade de interstícios maior capacidade de armazenamento das águas subterrâneas. Devido aos grandes índices pluviométricos locais e a existência de um espesso regolito, a recarga subterrânea é potencializada. Foram encontradas 72 nascentes nestes terrenos com vazão média de 0,13 l/s. Os valores de transmissividade obtidos para 11 poços perfurados nestes aquíferos variaram de 0,10 a 12,00 m²/dia, com média de 3,99 m²/dia e mediana de 2,20 m²/dia. Os valores de condutividade variaram de 0,01 a 0,04 m/dia, com média de 0,02 m/dia.

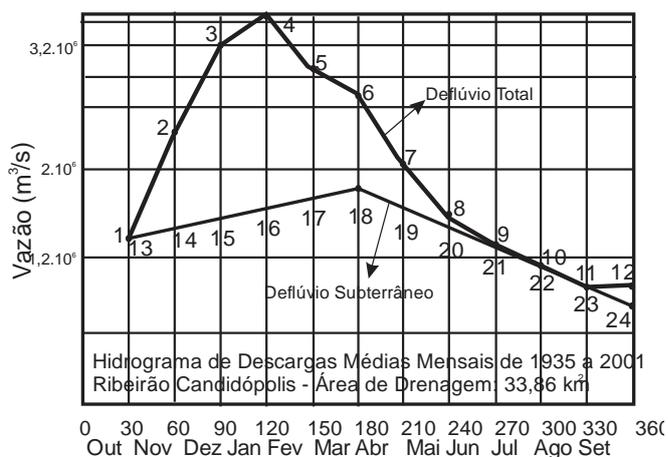
Figura 4 – Mapa Hidrogeológico da bacia do rio do Peixe



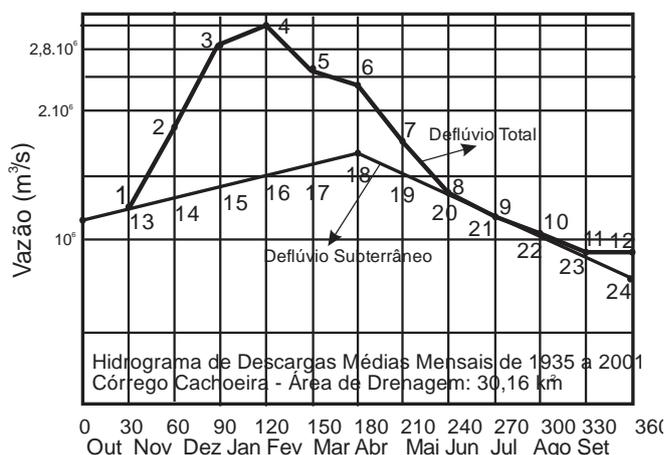
Fonte: Autores (2019)

Nos hidrogramas, Figura 5, é mostrada uma boa correlação entre o regime pluviométrico e o regime fluvial da região estudada. O período de estiagem vai de abril (início do esgotamento) até fins de setembro, (fim do esgotamento). O período úmido, entre outubro e abril, coincide com as elevadas taxas pluviométricas e picos de cheias, quando se registram as maiores vazões. Foram calculados os valores dos deflúvios totais e os valores da contribuição dos deflúvios subterrâneos.

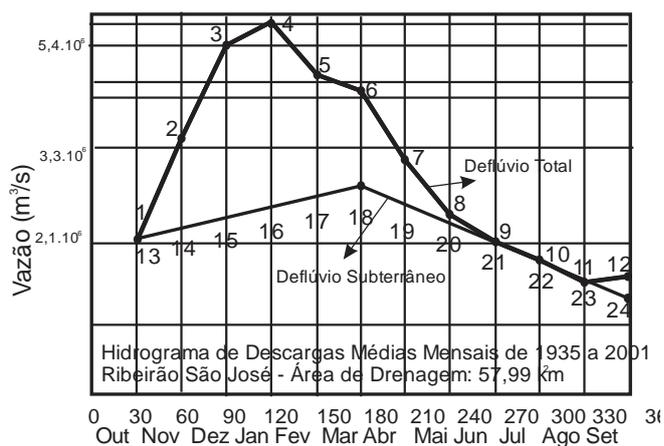
Figura 5 – Hidrogramas representativos dos cursos d'água da bacia do rio do Peixe



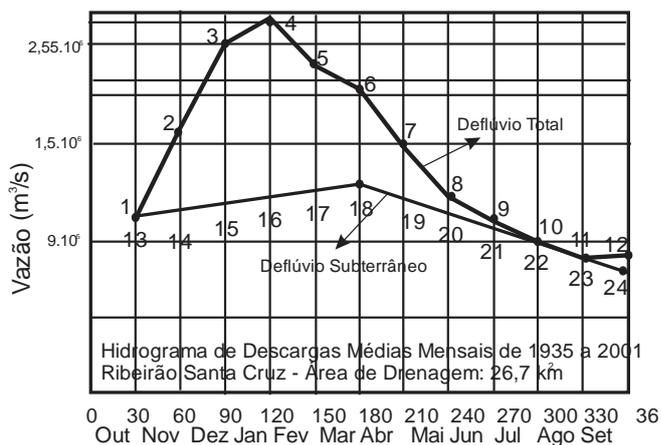
Deflúvio Total (m³)	Deflúvio Subterrâneo (m³)
1- 3,62.10 ⁶	13- 3,62.10 ⁶
2- 2,90.10 ⁶	14- 1,35.10 ⁶
3- 2,62.10 ⁶	15- 1,44.10 ⁶
4- 1,90.10 ⁶	16- 1,0.10 ⁶
5- 1,45.10 ⁶	17- 8,84.10 ⁵
6- 1,28.10 ⁶	18- 7,04.10 ⁵
7- 1,16.10 ⁶	19- 7,30.10 ⁵
8- 1,05.10 ⁶	20- 6,09.10 ⁵
9- 1,07.10 ⁶	21- 6,84.10 ⁵
10- 1,29.10 ⁶	22- 7,35.10 ⁵
11- 2,06.10 ⁶	23- 1,16.10 ⁶
12- 3,23.10 ⁶	24- 1,64.10 ⁶



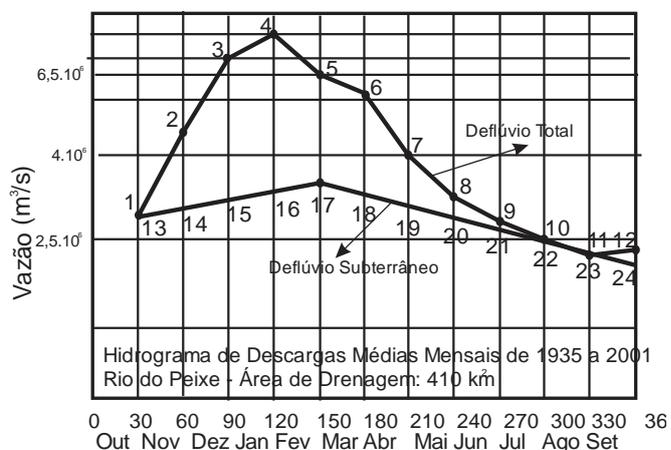
Deflúvio Total (m³)	Deflúvio Subterrâneo (m³)
1- 1,42.10 ⁶	13- 1,42.10 ⁶
2- 1,82.10 ⁶	14- 1,04.10 ⁶
3- 2,85.10 ⁶	15- 1,53.10 ⁶
4- 3,19.10 ⁶	16- 1,62.10 ⁶
5- 2,56.10 ⁶	17- 1,22.10 ⁶
6- 2,31.10 ⁶	18- 1,18.10 ⁶
7- 1,68.10 ⁶	19- 9,91.10 ⁵
8- 1,28.10 ⁶	20- 8,06.10 ⁵
9- 1,13.10 ⁶	21- 7,34.10 ⁵
10- 1,02.10 ⁶	22- 6,12.10 ⁵
11- 9,24.10 ⁶	23- 4,95.10 ⁶
12- 9,42.10 ⁶	24- 5,10.10 ⁶



Deflúvio Total (m³)	Deflúvio Subterrâneo (m³)
1- 9,99.10 ⁵	13- 9,99.10 ⁵
2- 1,59.10 ⁶	14- 9,5.10 ⁵
3- 2,50.10 ⁶	15- 1,38.10 ⁶
4- 2,80.10 ⁶	16- 1,54.10 ⁶
5- 2,24.10 ⁶	17- 1,21.10 ⁶
6- 2,03.10 ⁶	18- 1,15.10 ⁶
7- 1,47.10 ⁶	19- 8,52.10 ⁵
8- 1,12.10 ⁶	20- 7,05.10 ⁵
9- 9,92.10 ⁵	21- 5,12.10 ⁵
10- 8,94.10 ⁵	22- 4,95.10 ⁵
11- 8,11.10 ⁵	23- 4,84.10 ⁶
12- 8,27.10 ⁵	24- 8,77.10 ⁶



Deflúvio Total (m³)	Deflúvio Subterrâneo (m³)
1- 2,16.10 ⁶	13- 2,16.10 ⁶
2- 3,45.10 ⁶	14- 1,77.10 ⁶
3- 5,40.10 ⁶	15- 2,85.10 ⁶
4- 6,05.10 ⁶	16- 3,21.10 ⁶
5- 4,85.10 ⁶	17- 2,43.10 ⁶
6- 4,38.10 ⁶	18- 2,51.10 ⁶
7- 3,18.10 ⁶	19- 1,61.10 ⁶
8- 2,42.10 ⁶	20- 1,32.10 ⁶
9- 2,14.10 ⁶	21- 1,20.10 ⁶
10- 1,94.10 ⁶	22- 1,10.10 ⁶
11- 1,75.10 ⁶	23- 1,08.10 ⁶
12- 1,78.10 ⁶	24- 1,06.10 ⁶



Deflúvio Total (m³)	Deflúvio Subterrâneo (m³)
1- 2,81.10 ⁶	13- 2,81.10 ⁶
2- 4,48.10 ⁶	14- 2,45.10 ⁶
3- 7,01.10 ⁶	15- 3,77.10 ⁶
4- 7,86.10 ⁶	16- 3,88.10 ⁶
5- 6,30.10 ⁶	17- 3,34.10 ⁶
6- 5,69.10 ⁶	18- 2,90.10 ⁶
7- 4,13.10 ⁶	19- 2,54.10 ⁶
8- 3,15.10 ⁶	20- 1,76.10 ⁶
9- 2,78.10 ⁶	21- 1,65.10 ⁶
10- 2,51.10 ⁶	22- 1,65.10 ⁶
11- 2,27.10 ⁶	23- 1,34.10 ⁶
12- 2,32.10 ⁶	24- 1,48.10 ⁶

Fonte: Autores (2019)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os poços de maior vazão são os perfurados no Aquífero Cauê, seguidos pelos poços cadastrados nos quartzitos do Grupo Piracicaba e, por fim, os poços com menor vazão os perfurados nas rochas do Grupo Nova Lima e Complexo Granito-Gnáissico. A grande maioria das nascentes ocorrem nas rochas encaixantes (Grupo Nova Lima, Complexo Granito-Gnáissico e Granito Borrachudos), mas estas possuem as menores vazões dentre as cadastradas e devem estar associadas à água de percolação no manto de intemperismo, esperando-se um comportamento sazonal das suas vazões durante o ano hidrológico. As nascentes que apresentam as maiores vazões estão associadas às rochas do Aquífero Cauê ocorrendo na sua maioria, na aba sul, no contato com xistos do grupo Nova Lima. As nascentes associadas aos xistos e granitos/gnaisses são encontradas de forma difusa, nas áreas de brejos, ao contrário das nascentes associadas a formação ferrífera, onde se tem surgências distintas e pontuais caracterizando a nascente. A recarga principal é pluvial, pela infiltração nas formações superficiais conectadas às fraturas e, também, dos aportes dos cursos d'água que cortam os quartzitos fraturados. Entretanto, a morfologia acidentada não favorece a infiltração, mas o escoamento superficial. O fluxo tende aos baixos topográficos onde se encontram os cursos d'água perenes que drenam o sistema. Os exutórios naturais são nascentes de contato com os estratos pouco permeáveis dos metapelitos e xistos e apresentam pequenas vazões. A sub-bacia do rio do Peixe caracteriza-se por possuir zonas aquíferas com produtividade de varia de alta à baixa. Na cidade de Itabira, principal cidade da bacia hidrográfica, os aquíferos encontrados apresentam vazões explotáveis que ultrapassam a $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, sendo uma grande alternativa para o abastecimento público. Os poços tubulares cadastrados na área urbana tem profundidades variando entre são rasos (100 a 150m). As regiões de maior pluviosidade na bacia estão associadas com áreas de relevos elevados, suportados por litologias graníticas, gnáissicas e xistosas, pouco fraturadas e localmente com pequena cobertura de alteração. Toda a drenagem da bacia hidrográfica em períodos chuva funciona como efluente para os aquíferos. Como o escoamento de base não apresenta intermitência, admite-se que os aquíferos mantenham o fluxo dos rios mesmo em períodos mais secos, quando eventualmente podem adquirir um caráter influente e recarregar fraturas próximas da superfície. Conclui-se que existe uma correlação importante entre os condicionantes geológicos, geomorfológicos e hidrológicos, em um ambiente hidrogeológico

em que predominam normalmente porosidades médias a baixas, que reduz a infiltração na bacia do rio do Peixe.

Referências

- Almeida, F.F.M. (1997) O cráton de São Francisco. *Rev. Bras. Geociencias*, 4(7):349-364.
- Andrade, C. F. (2012). Relevo antropogênico associado à mineração de ferro no Quadrilátero Ferrífero: uma análise espaço-temporal do complexo Itabira (Município de Itabira - MG). Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Brandt, M. (2014) Atualização do plano diretor de abastecimento de água da Cidade de Itabira: v.I - Diagnóstico. Itabira.
- Cândido, M.O., Beato, D.A.C., Fiume, B., Scudino, P.C.B., Carneiro, F.A., Nascimento, F.M., Coutinho, M. M., Almeida, C, S. & Socorro, A. S. (2019). Projeto águas do norte de Minas-PANM Estudo da disponibilidade hídrica subterrânea do norte de Minas Gerais.” Serviço Geológico do Brasil – CPRM Belo Horizonte, MG, 226 p. Disponível em: < <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21117> > Acesso em: 29 de julho de 2019.
- Cooper, H.H. & Jacob, C.E. (1946). “A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history”. *American Geophysical Union*, 27:526-534.
- Costa, M.L M., Medeiros, C.M., Batista, L.M.C. & Ribeiro, M. M. R. (2008). Análise da integração das águas superficiais e subterrâneas no aparato legal de recursos hídricos do Brasil e do Estado da Paraíba. In: *Anais, XV Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas*, Natal, Novembro, 2008, 1 p. 165-172.
- Custódio, E. & Llamas, M. R. (1983). *Hidrologia subterrânea*. 2ed. Barcelona: Omega, 2 v.
- Domenico, P. A. & Schwartz, W. (1990). *Physical and chemical hydrogeology*. John Willey & Son. 824 p.

Gonçalves, J., Scudino, P.C.B. & Sobreira, F.G. (2005). Reservas renováveis e caracterização dos aquíferos fissurais do Leste da Zona da Mata de Minas Gerais e adjacências. *Geologia USP. Série Científica*, 5(1):19-27.

Jordt-Evangelista, H., Lana, C.; Delgado, C. E. R. & Viana, D. J. (2016). Age of the emerald mineralization from the Itabira-Nova Era District, Minas Gerais, Brazil, based on LA-ICP-MS geochronology of cogenetic titanite. *Brazilian Journal of Geology*, 3(46):427-437.

Knauer, L.G. (2007). O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, 1(15):81 - 90.

Lana, C., Alkmim, F., Armstrong, R., Scholz, R., Romana, R. & Nalini, H. (2013). The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Precambrian Research*, 230:1-30.

MDGEO, Serviços de Hidrogeologia Ltda. (1999). Modelo hidrogeológico do distrito ferrífero de Itabira – v. I-IV: Definição do modelo hidrogeológico regional. Relatório Técnico -CVRD-ITA-007/99, Belo Horizonte.

Mourão, M. A. A. (2007). Caracterização hidrogeológica do aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 297 P.

Neto, A. F. S., Bertachini, A. C., Girodo, A. C. & Almeida, D. C. (2001). Hidrogeological Model of the Itabira iron ore district. IMWA - International Mine Water Association Symposium, Belo Horizonte, Brazil.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

José Augusto Costa Gonçalves – 40%

Milena Almeida – 20%

Mariana Ferreira – 20%

Brenda Luiza Paiva – 20%