ESTIMATIVA DE RECARGA SUBTERRÂNEA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUERÊ

ESTIMATED GROUNDWATER RECHARGE IN THE ITAQUERÊ HYDROGRAPHIC BASIN

Lívia Portes Innnocenti Helene[1], Jozrael Henriques Rezende[2], Caique Jean da Silva[3]

Resumo - As águas subterrâneas são importantes fontes para o abastecimento público, para a agricultura e para a indústria no mundo todo. A boa qualidade, a menor suscetibilidade à contaminação e as grandes reservas são os principais atrativos para o aumento do uso desse recurso. Compreender, estimar e aprimorar o monitoramento da recarga dos aquíferos tornou-se fundamental para a gestão e para a sustentabilidade das reservas disponíveis. Este trabalho tem como área de estudo a bacia do rio Itaquerê e, como objetivo, avaliar a taxa de recarga da bacia associada a série histórica de dados de vazão, utilizando os métodos de regionalização hidrológica e curva de permanência e comparar com as vazões extraídas por meio de poços perfurados na bacia para análise preliminar da exploração do recurso. Os resultados mostraram que a taxa de recarga, pelo método de regionalização, foi de 120,89 mm/ano e, pelo método da curva de permanência, foi de 198,22 mm/ano. A vazão extraída por meio de poços da bacia foi de 27,45 mm/ano. Assim, verifica-se que, a área de estudo, ainda se apresenta sustentável, com taxa de recarda superior ao volume extraído.

Palavras-chave: águas subterrâneas, aquíferos, infiltração, gestão de recursos hídricos

Abstract - Groundwater is an important source for public supply, agriculture and industry worldwide. Good quality, less susceptibility to contamination and large reserves are the main attractions for the increased use of this resource. Understanding, estimating and improving the monitoring of aquifer recharge has become fundamental for the management and sustainability of available reserves. This work has as its study area the Itaquerê river basin and, as an objective, to evaluate the recharge rate of the basin associated with the historical series of flow data, using the methods of hydrological regionalization and permanence curve and compare with the flows extracted by through wells drilled in the basin for preliminary analysis of the exploitation of the resource. The results showed that the recharge rate, by the regionalization method, was 120.89 mm/year and, by the permanence curve method, it was 198.22 mm/year. The flow extracted through wells in the basin was 27.45 mm/year. Thus, it appears that the study area is still sustainable, with a reload rate higher than the volume extracted.

Keywords: groundwater, aquifers, infiltration, water resources management

INTRODUÇÃO

O cenário atual de escassez qualitativa de água superficial, devido a poluição e, quantitativa, devido as variações climáticas, tem aumentado o uso das águas subterrâneas como alternativa para suprir a demanda para o abastecimento de áreas agrícolas, urbanas e industriais (MALUTA, 2014; MATTIUZI et. al., 2015). A compreensão do comportamento da recarga dos aquíferos é fundamental para entender as reservas subterrâneas e regulamentar seu uso e exploração, uma vez que a infiltração é responsável pela renovação dessas águas (HIRATA et al., 2019).

Nesse sentido, a gestão do recurso subterrâneo deve estar pautada no entendimento da variabilidade temporal e espacial da recarga (ALBUQUERQUE, 2015). Tipo de solo, ocupação da área, coeficientes de evaporação e índices pluviométricos são alguns dos fatores que afetam a infiltração e, portanto, podem afetar as taxas de recarga. As metodologias atuais para estimar essa taxa de recarga consideram a análise histórica de nível d'água em poços ou séries de vazões dos cursos d'água. A insuficiência no monitoramento desses dados em algumas localidades torna a gestão sustentável do recurso um desafio, especialmente em regiões onde o consumo tem sido crescente (MALUTA, 2014).

No estado de São Paulo, a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Tietê-Jacaré (UGRHI 13) apresentou um aumento no consumo de água subterrânea nos últimos 5 anos, que levou a bacia a níveis críticos em relação a vazão outorgada representando 94,9% da reserva explotável, sendo a bacia de maior exploração no Estado. Somente nos municípios de Gavião Peixoto e Araraquara parcialmente inseridos na bacia do Rio Itaquerê, estes índices atingiram respectivamente 279% e 138% da vazão subterrânea outorgada em relação a vazão explotável (CBHTJ, 2020).

O alto consumo e dependência do recurso subterrâneo nessa região torna necessário um maior entendimento das reservas aquíferas e consequentemente das taxas de recarga. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a taxa de recarga da bacia hidrográfica do Rio Itaquerê associada a série histórica de dados de vazão, utilizando-se dos métodos de regionalização hidrológica e curva de permanência. Adicionalmente, buscou-se a vazão retirada de poços do aquífero livre para comparação com o volume de recargar e avaliar o balanço hídrico subterrâneo.

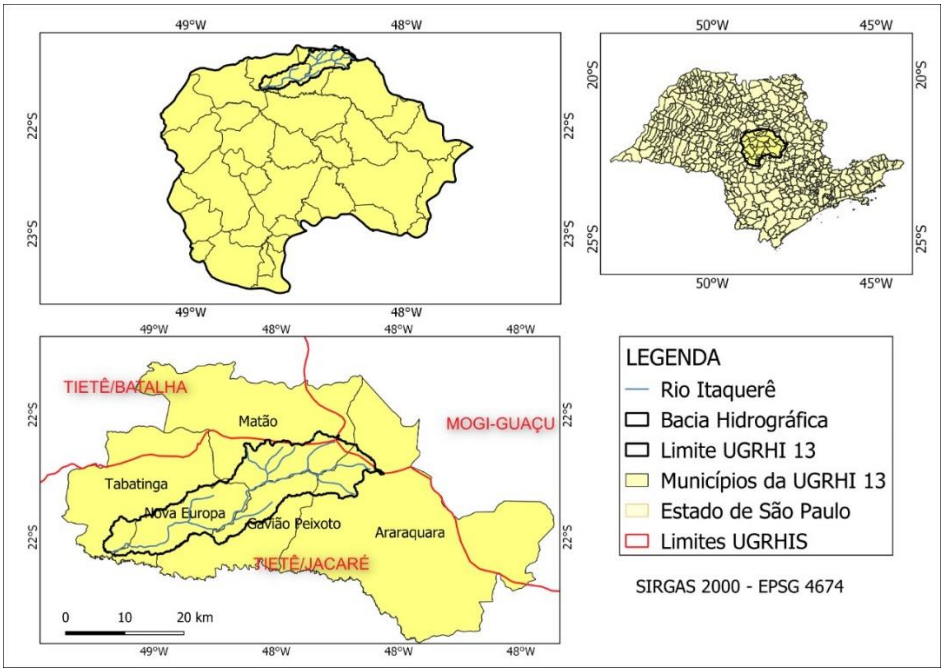
[1,2,3]Coordenadoria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Tecnologia de Jahu - Fatec Jahu

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudos

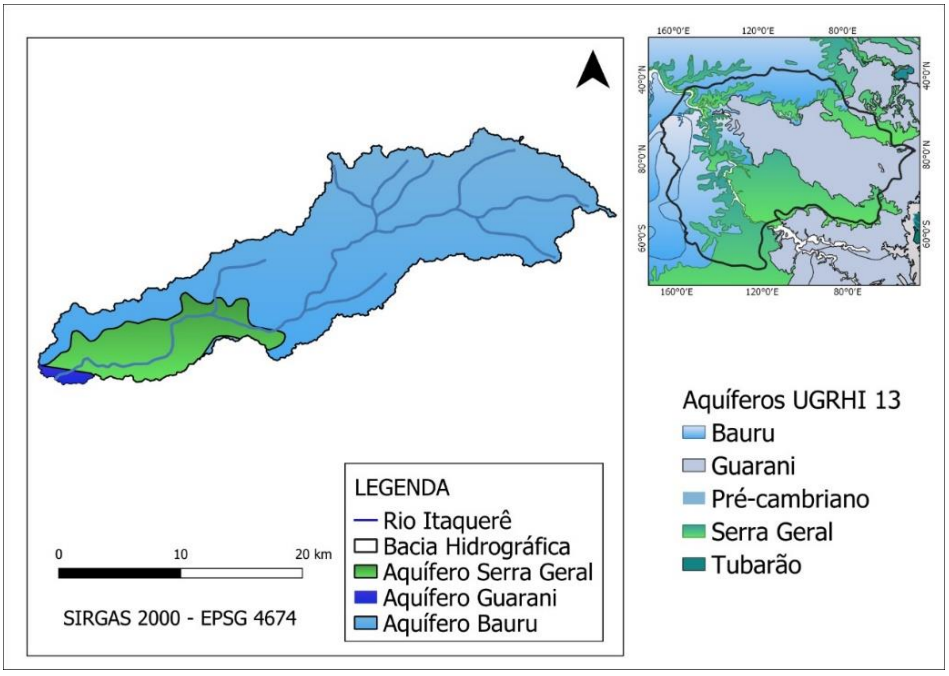
A área de estudo corresponde a sub-bacia do Rio Itaquerê localizado na UGRHI-13 da bacia do Tietê-Jacaré, abrangendo os municípios de Tabatinga, Nova Europa, Gavião Peixoto, Matão e Araraquara. A bacia possui uma área de drenagem de 334 km² e o curso d'água com extensão 55,56 km (Figura 1). Ocorrem três unidades aquíferas nessa sub-bacia: Bauru, Serra Geral e Guarani, com predominância do aquífero Bauru (DATAGEO, 2007) (Figura 2).

Figura 1 – Localização da bacia do rio Itaquerê na UGRHI 13



Fonte: CORAÇA, 2021. Base: DATAGEO; IBGE, 2020.

Figura 2 – Unidade aquíferas aflorantes na bacia hidrográfica do rio Itaquerê na UGRHI 13



[1,2,3]Coordenadoria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Tecnologia de Jahu - Fatec Jahu

Fonte: CORAÇA, 2021. Base: DATAGEO, 2020.

Para estimar a recarga das águas subterrâneas no aquífero livre (Bauru) na bacia do rio Itaquerê, utilizou-se como premissa que a vazão mínima de um curso d'água (vazão de base) corresponde a contribuição do aquífero para o curso d'água e também que essa vazão de contribuição se refere ao recurso renovável do aquífero livre, ou seja, a recarga.

A metodologia buscou estimar essa recarga por meio da determinação do fluxo de base do rio Itaquerê através da vazão de permanência em 95% do tempo (Q95%). Para tanto foram utilizados o método de Liazi (1988) que utiliza dados regionalizados, e o método de curva de permanência cujos dados representam as vazões registradas no curso d'água ao longo da série histórica de monitoramento.

Foram obtidos dados pluviométricos e fluviométricos a partir do sistema de dados do DAEE prefixo C5-048 e 5C-029, respectivamente. A série histórica de dados de vazão média mensal foram registrados entre os períodos de 1982 a 1999 e 2007 a 2019. Os dados de precipitação foram registrados entre 1982 a 2019. Os dados de vazões dos poços de águas subterrâneas foram obtidos por meio do DAEE, estando presentes 35 poços na bacia. Desse modo os dados de vazão outorgada diariamente foram convertidos para obter a vazão extraída desses poços anualmente, necessário para comparar com a taxa média de recarga da bacia calculada pelos métodos aplicados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a coleta e sintetização de todos os dados de chuva e vazão para o período proposto na metodologia, foi determinada a Q95% para cada ano da série histórica a partir dos métodos de regionalização e curva de permanência (tabela 2). Para o método da regionalização, o cálculo da Q95%, utilizou a variação da precipitação média anual e para o método da curva de permanência, no cálculo da Q95%, foi utilizado a vazão média mensal para cada ano (Tabela 1).

Tabela 1 - Recarga da sub-bacia do rio Itaquerê pelos métodos de regionalização e curva de permanência

Ano	Precipitação anual (mm)	Recarga Regionalização (mm/ano)	Recarga Curva de permanência (mm/ano)
1982	1686,40	193,75	286,09
1983	2282,50	288,81	561,79
1984	802,10	52,73	276,65
1985	1039,80	90,64	176,56
1986	1429,80	152,83	190,73
1987	1145,60	107,51	192,62
1988	1182,20	113,35	138,80
1989	1403,00	148,56	163,35
1990	1288,30	130,27	200,17
1991	1308,90	133,55	155,79
1992	1301,80	132,42	220,00
1993	1241,50	122,80	265,32
1994	1055,30	93,11	190,73
1995	1664,00	190,18	242,66
1996	977,80	80,75	199,22
1997	705,10	37,26	212,44
1998	1094,90	99,43	120,86
1999	1282,40	129,33	145,41
2007	1489,90	162,42	149,18
2008	1290,70	130,65	165,23
2009	1670,10	191,15	308,75

[1,2 ,3]Coordenadoria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Tecnologia de Jahu - Fatec Jahu

2010	968,10	79,20	182,23
2011	1599,40	179,88	206,78
2012	965,90	78,85	176,56
2013	925,60	72,43	188,84
2014	1035,30	89,92	69,87
2015	1052,80	92,71	140,68
2016	1242,20	122,92	238,88
2017	855,00	61,17	146,35
2018	979,30	80,99	134,08
2019	1149,10	108,07	98,20
Média	1229,51	120,89	198,22

Fonte: Elaborado pelo autor

Durante os 17 anos que compreenderam o período de 1982 a 1999, os totais precipitados foram acima da média em 9 anos, enquanto 8 deles foram secos. Como o objetivo desse estudo é verificar a variação na vazão de base representada pela Q95% ao longo do tempo e compreender a sua relação com a variação da precipitação, os anos secos e chuvosos analisados na série histórica foram agrupados em 5 períodos de 5 anos. Esses dados, foram comparados com a média, para o mesmo período, da Q95%, bem como o percentual da vazão observada em relação a precipitação (Quadro 1).

Quadro 1- Síntese de dados hidrológicos por períodos secos e chuvosos na área de estudos

Série histórica	**Período**	**Precipitação média do período (mm)**	**Q95% observada (mm)**	**Período**	**Percentual da Q95% em relação a chuva**
1984-1988	Secos	1120	195,07	Seco	17,5%
1989-1993	Chuvosos	1309	200,92	Chuvoso	15,3%
1994-1998	Secos	1099	193,18	Seco	17,5%
2007 – 2011	Chuvosos	1404	202,43	Chuvoso	14,4%
2012 – 2016	Secos	1044	162,97	Seco	15,6%

Fonte: Elaborada pelo autor

Nota-se que, nos anos chuvosos, o percentual da recarga foi menor do que nos anos secos e algumas hipóteses podem ser levantadas: nos anos secos, com maior parcela, as águas subterrâneas contribuem para a vazão; outra hipótese é que nem toda chuva gera infiltração significativa para representar a recarga, ou seja, nos períodos chuvosos que possuem chuvas intensas, o solo satura mais rapidamente e não há recarga significativa, especialmente em zonas urbanas.

Os dados indicam também que, o período seco entre 2012 e 2016, o impacto na vazão de base foi maior, uma vez que a Q95% representou 15,5% da precipitação, e não 17,5% como ocorreu nos outros períodos da série histórica. Inclusive, em alguns anos (1986, 1991, 1999, 2007 e 2008) a Q95% pela curva de permanência esteve bem abaixo da média, mesmo com precipitações altas. Os graves períodos de seca em todo o estado e o aumento da demanda, geraram uma maior procura pelo uso de águas subterrâneas e consequentemente um aumento nas outorgas de poços. Um maior número de poços resulta na utilização da reserva renovável, consumindo parte dessa recarga e diminuindo os volumes disponíveis para o aquífero contribuir com o fluxo de base.

A bacia do rio Itaquerê possui 38 poços, outorgados pelo DAEE, extraindo, anualmente 9.170.132,25 m³ do aquífero. Comparando o volume extraído dos poços (27,45 mm) pela média da recarga da curva de permanência (198,22 mm), nota-se que, o total extraído ainda é menor do que a recarga, não havendo um consumo exagerado das águas subterrâneas, totalizando 14% da recarga pelas chuvas. Isso denota que o uso dessas águas ainda se mostra sustentável, não causando uma superxploração do aquífero e nem prejudicando o fluxo de base do rio Itaquerê. No entanto, é notório que há interferências nas vazões do recurso hídrico e que o aumento dessas vazões e seus impactos no fluxo de base devem ser monitoradas, com o intuito de manter a segurança do curso d'água.

[1,2 ,3]Coordenadoria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Tecnologia de Jahu - Fatec Jahu

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio Itaquerê continua em crescente demanda por recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneos e, para melhorar a exploração sustentável desse recurso, é necessária uma gestão dos aquíferos de forma planejada e integrada. Portanto, compreendendo a recarga das águas subterrâneas e a sua importante relação com as águas superficiais, haverá melhorias significativas na gestão do recurso como um todo.

A avaliação da taxa de recarga na bacia do rio Itaquerê mostrou que há uma variação em função das precipitações que ocorrem anualmente e que essa recarga está diminuindo ao longo dos anos, o que torna necessário um planejamento eficiente para que as extrações de poços das águas subterrâneas, que continua em crescente expansão, mantenha a integridade dos recursos hídricos.

Dessa forma, monitorar as vazões de base como as outorgas de poços das águas subterrâneas é fundamental para manter a exploração sustentável desses recursos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. G. et al. Recarga de aquífero aluvial sob uso agrícola. Águas Subterrâneas, vol. 29, no 1, fevereiro de 2015, p. 60–71.

CBHTJ- Comitê da Bacia Hidrográfica Tiete-Jacaré. Relatório de situação dos recursos hídricos 2020. Ano base 2019. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-TJ/19536/relatorio-situacao-final.pdf. Acesso em: 16 out. 2021.

CORAÇA, A. L. S. Determinação da vulnerabilidade natural do aquífero Bauru na bacia hidrográfica do rio Itaquerê. 2021. Monografia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Faculdade de Tecnologia de Jaú, Jahu – SP, 2021

DATAGEO- INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS AMBIENTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IDEA-SP. Unidades aquíferas. 2007. Disponível em: https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#. Acesso em: 04 out. 2021.

DATAGEO- INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS AMBIENTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IDEA-SP. Solos do Estado de São Paulo. 1999. Disponível em: https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#. Acesso em: 04 out. 2021

HIRATA, R. et al. A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. [S.l: s.n.], 2019.

LIAZI, A. et al. Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo. São Paulo: Revista Águas e Energia Elétrica - DAEE, ano 5, n. 14, 1988.

MALUTA, M. C. Estimativa da recarga natural do Aquífero Rio Claro: uma abordagem da regionalização hidrológica através da vazão de permanência. 2014. 72 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2014.

MATTIUZI, C. D. P. et al. Estimativa de recarga subterrânea a partir da separação de escoamento de base na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí (América do Sul). Águas Subterrâneas, vol. 29, n. 3, p. 285–300, 2015.

[1,2 ,3]Coordenadoria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Faculdade de Tecnologia de Jahu - Fatec Jahu