

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DA INTERCONEXÃO DE AQUÍFERO-RIO NAS UNIDADES AQUÍFERAS: CARSTE E EMBASAMENTO CRISTALINO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU

*Josete de Fátima de Sá¹; Marcos Justino Guarda²; Gustavo Barbosa Athayde³; Alexandre
Brandalise Precoma⁴ & Adriano Razera Filho⁵*

RESUMO - Este projeto propõe estudar as águas subterrâneas a partir da perspectiva da sustentabilidade, segurança hídrica e maior resiliência. A gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos vem sendo discutida e implementada gradativamente pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) pelas Resoluções nº126/2011 e nº202/2018 que buscam estabelecer diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, contemplando a articulação da União e dos Estados, os cadastro de usuários e para a integração das bases de dados referentes aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Os procedimentos para elaboração deste estudo contribuirão para a consolidação dessas diretrizes. Avaliadas as características fisiográficas da bacia hidrográfica e do aquífero sobrepostos, considerando o regime de precipitação para um período mínimo que abrange a intersazonalidade, serão realizados por meio de estruturas hidráulicas medidoras de vazão e sensores de níveis. Esse monitoramento permitirá identificação da interação de dois aquíferos e corpos hídricos superficiais. O projeto prevê uma parceria interinstitucional para sua execução, sendo uma atitude proativa em relação à gestão das fontes de água superficiais e subterrânea, no sentido de garantir o acesso à água de qualidade para nossas demandas atuais e futuras.

ABSTRACT- This project proposes to study groundwater from the perspective of sustainability, water security and greater resilience. Integrated management of surface and groundwater resources has been gradually discussed and implemented by the Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) through Resolutions nº126/2011 and nº202/2018, which seek to establish guidelines for the integrated management of surface and groundwater resources. articulation of the Union and of the States, the user registry and for the integration of data bases related to the use of surface and underground water resources. The procedures for preparing this study will contribute to the consolidation of these guidelines. Evaluating the physiographic characteristics of the superimposed basin and aquifer, considering the precipitation regime for a minimum period that covers the intersubjectivity, will be realized through hydraulic flow measurement and level sensors. This monitoring will allow identification of the interaction of two aquifers and surface water bodies. The project foresees an interinstitutional partnership for its execution, being a proactive attitude towards the management of surface and underground water sources, in order to guarantee access to quality water for our current and future demands.

Palavras-Chave - Monitoramento hidrogeológico, coeficiente de sustentabilidade, Aquífero

1) Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, josetefs@sanepar.com.br

2) Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, marcosjg@sanepar.com.br

3) Departamento de Hidrogeologia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, gustavo.athayde@ufpr.br

4) Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, alexandrebp@sanepar.com.br

5) Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, adrianorf@sanepar.com.br

INTRODUÇÃO

A gestão integrada de recursos hídricos vem sendo discutida e implementada gradativamente graças aos esforços do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que desde 2011, através de sua Câmara Técnica de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Ações Reguladoras (CTPOAR) busca estabelecer diretrizes para o cadastro de usuários de recursos hídricos e para a integração das bases de dados referentes aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, resultando na Resolução CNRH nº126 de jun/2011. Os procedimentos para elaboração do presente estudo, os diagnósticos e mapeamento das interdependências resultantes contribuirão também na consolidação da Resolução CNRH nº202 de jun/2018, construída na Câmara Técnica de Águas Subterrâneas (CTAS) do CNRH que estabelece diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, contemplando a articulação entre a União, os Estados e o Distrito Federal com vistas ao fortalecimento dessa gestão, com respeito a Bacias Críticas e Coeficiente de Sustentabilidade de Aquíferos.

O relatório da National Academies of Sciences, Engineering, & Medicine (2018) que reconhece a U.S. Geological Survey - USGS, como a “líder da nação em pesquisas e informações relacionadas a recursos hídricos”, na atualidade propõe cinco questões-chave para o avanço da missão da instituição no quesito hídrico, a seguir: “ *Qual a quantidade e qualidade da água, superficial, subsuperficial, atmosférica e como varia no espaço-tempo? Como o balanço da água pode ser feita de maneira mais compreensiva e efetiva para prover dados a serem usados e avaliados? Como as mudanças climáticas podem afetar a qualidade, quantidade, confiabilidade, riscos relacionados à água e eventos extremos? E como podemos aplicar e melhorar o manejo a longo termo dos recursos hídricos e seus riscos?* ”

Este projeto visa contribuir na construção de procedimentos para avaliação conjunta do comportamento hídrico da bacia hidrográfica e da exploração do manancial subterrâneo, considerando os aspectos hidrogeológicos, variabilidade da precipitação comparada aos registros de vazões do rio e níveis estático e dinâmico dos poços em duas unidades aquíferas: Carste e Embasamento Cristalino, nas bacias hidrográficas do rio Verde e rio Piraquara, respectivamente, ambas pertencentes à Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu. O cruzamento destas informações possibilita o conhecimento para orientar a operação do sistema em eventos críticos. Constitui um instrumento de planejamento para tomada de decisão, inclusive com respeito a Segurança Hídrica, para o abastecimento público. Além disso, tem o objetivo principal de ampliar o conhecimento sobre o comportamento dos aquíferos e suas interações com os recursos hídricos superficiais,

visando subsidiar com ciência, as tomadas de decisão da Companhia de Saneamento e o aumento da resiliência hídrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Resolução CNRH nº202 de jun/2018 trata da gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, contemplando as avaliações hidrológicas integradas e deverá observar os seguintes itens: delimitação dos aquíferos e identificação das suas áreas de recarga e descarga; estimativa da contribuição da descarga dos aquíferos para a vazão de base dos rios; estimativa das vazões de recarga, exploráveis e renováveis dos aquíferos, considerados os efeitos do uso e ocupação do solo, e; dimensionamento das redes de monitoramento hidrometeorológica e hidrogeológica.

Alguns conceitos apresentados na Minuta da Resolução precisam ser consolidados para a definição de diretrizes e critérios comuns à gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, a seguir:

- Conectividade Direta: é o fluxo de água que drena diretamente de um aquífero para um rio ou de um rio para um aquífero, sem interagir, significativamente, com outros mananciais de água superficial ou subterrânea.
- Vazão de base: é o fluxo de água subterrânea responsável pela perenidade dos corpos de água superficial, exceto naqueles regularizados por contribuições de água de degelo e por reservatórios superficiais.
- Gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos: Conjunto de procedimentos que visam a garantir a sustentabilidade hídrica quanto ao aproveitamento integrado das águas superficiais e subterrâneas.
- Reserva Renovável ou Reguladora ou Recarga Potencial Direta (RPD): compreende a parcela da precipitação pluviométrica média anual que infiltra e efetivamente alcança o aquífero livre. Corresponde ao somatório da vazão de base, dos volumes de água subterrâneas em exploração, e da recarga profunda.
- Reserva Explotável ou Reserva Potencial Explotável: corresponde à parcela da RPD indicada pelo Coeficiente de Sustentabilidade (CS) que deve ser explorada de forma sustentável, de modo a não interferir nas vazões mínimas referenciais para a outorga de águas superficiais.
- Coeficiente de Sustentabilidade (CS): percentual máximo recomendado para se explorar a Recarga Potencial Direta (RPD), com vistas a evitar efeitos adversos nos aquíferos e redução significativa das vazões de base dos rios a eles interconectados. O valor de Cs varia entre 0,1 e 1,0, sendo atribuído por aquífero em função de suas características intrínsecas, especialmente sua

contribuição por meio do fluxo de base no escoamento superficial total de um rio. A função de indicação desse percentual é evitar o comprometimento da disponibilidade hídrica superficial desses corpos d'água nos períodos de estiagem com o uso indiscriminado da água subterrânea.

Para demonstrar a hipótese do trabalho, que é a interconexão entre as vazões em pequenas bacias hidrográficas, localizadas em Unidades Aquíferas distintas, o que configura um processo complexo, foram delimitadas e serão instrumentalizadas duas pequenas bacias de vertentes em áreas de mananciais, os quais são utilizados no abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba - RMC. Em decorrência dessa estratégia, os períodos de precipitações intersazonais serão monitorados, bem como, a profundidade do nível estático, para fins de estimativa de recarga do aquífero, as vazões dos corpos hídricos e analisar a relação da recarga com o(s) exutório(s), assim como deverá incluir análises físico-químicas e isotópicas. Também é proposto analisar, na região do reservatório de Piraquara I, se existe variação no quimismo das águas do aquífero freático nas duas margens do reservatório.

Foram delimitadas duas bacias de cabeceira, ambas localizadas na Bacia do Alto Iguaçu distantes, aproximadamente 49 km. A primeira, pertencente à bacia hidrográfica do rio Piraquara, que é um dos rios formadores do rio Iguaçu, assenta-se sobre o aquífero do Embasamento Cristalino no município de Piraquara - PR. Essa localizada sob as coordenadas 703.068 E; 7.178.565 S e possui uma área de 1,06 km², é contribuinte do Reservatório Piraquara I que pertence ao Sistema Integrado de Abastecimento de Água da RMC, gerenciado pela Companhia de Saneamento do Paraná. A outra, pertence a bacia hidrográfica do rio Verde, também afluente do rio Iguaçu, assentada sobre o aquífero Carste no município de Campo Magro - PR. Essa localizada sob as coordenadas 656.158 E; 7.193.575 S, possui uma área de 6,50 km² e neste o manancial de abastecimento são os poços do aquífero Carste. Para esse estudo, a obtenção de dados horários de vazão dos corpos hídricos e níveis dos níveis piezométricos dos poços será realizada no período de, no mínimo 18 meses, de 2019 e 2020, juntamente com os valores de precipitação.

A Tabela 1 contém a localização dos pontos de medição, além das principais características das subbacias do estudo.

Tabela 1- Características das bacias estudadas.

Bacia	Área total da bacia (km ²)	Unidade Aquífera	Área das sub bacias estudo (km ²)	Coordenadas UTM dos pontos de medição (m)		Tipo de solo
				E	S	
Rio Verde	238,65	Aquífero Carste	6,50	656.374	7.194.012	Latossolo Vermelho escuro
				656.158	7.193.575	
Rio Piraquara	104,17	Pré-Cambriana (Embasamento Cristalino)	1,05	703.068	7.178.565	Cambissolo com afloramentos rochosos

A localização da Bacia do Alto Iguaçu, suas subbacias do rio Piraquara e do rio Verde, a delimitação das bacias de cabeceira e as Unidades Aquíferas do Embasamento Cristalino e do Carste podem ser vistas na Figura 1.

AQUÍFERO CARSTE - SUBBACIA DO RIO VERDE, MUNICÍPIO CAMPO MAGRO - PR

A bacia escola será implementada na área de afloramento do Aquífero Carste, na região de Campo Magro, em um dos compartimentos hidrogeológicos do aquífero Carste, com as seguintes características hidrogeomorfológicas: • área de cerca 2,0 km², onde afloram predominantemente metadolomitos e filitos da Formação Capirú; • Limitada a sul por um dique de diabásio e a norte por filitos e quartzitos que constituem a crista do divisor das bacias dos rios Iguaçu e Ribeira; • O compartimento possui dois pontos de descarga do aquífero que contribuem diretamente para o rio Verde; • No ano de 2018 foram perfurados dois poços tubulares profundos, para uso em abastecimento público, com profundidades entre 48 e 68 metros, capacidade de produzir a vazão total de 190 m³/h e água dentro do padrão de potabilidade; • Antes do início da captação de água do compartimento estuda-se instrumentar os dois poços, as duas descargas do aquífero, a pluviometria e evapo-transpiração da área com sistemas eletrônicos que permitam calcular balanço hídrico; • na região do compartimento de Campo Magro. Trata-se de aquífero com extrema importância ao abastecimento público, e uma oportunidade “única” de adquirir dados a partir da instrumentação de um compartimento, antes da operação dos poços tubulares. A proposta é gerar dados e série história com intuito de analisar a influência dos poços tubulares perfurados na hidrologia superficial. Em síntese, a pergunta a ser respondida é: como se comporta o balanço hídrico antes de depois da operação dos poços tubulares?

O Aquífero Carste em função da sua origem geológica apresenta circulação em fraturas e canais gerados por processos de dissolução química em rochas carbonatadas. Em cada compartimento essas aberturas podem atingir expressivas dimensões e grandes extensões. É um aquífero heterogêneo e anisotrópico, e suas águas apresentam normalmente teores elevados de cálcio e magnésio (Rosa et alii, 2011). As águas provenientes do aquífero cárstico, em termos de vazão de base mantêm perenizadas, praticamente toda a drenagem da região da bacia do Ribeira. De acordo com Rosa Filho et al. (2011), a parcela de água que escoar do Norte para o Sul, em direção as rochas da bacia do Alto Iguaçu, especialmente na região abrangida pelas bacias do rio Verde, Barigui e Passaúna. Os estudos dos geólogos das instituições ambientais do Paraná (apud Rosa Filho et al., 2011), as unidades morfoestruturais formam uma série de “tanques” interligados por “vertedouros de topo” através de drenagem superficial das pequenas bacias hidrográficas da região. As intrusões de diabásios, as quais apresentam um mergulho vertical à sub-vertical, funcionam

como barreiras hidrogeológicas, o que favorece o fluxo ascendente das águas do aquífero, dando origem as fontes naturais.

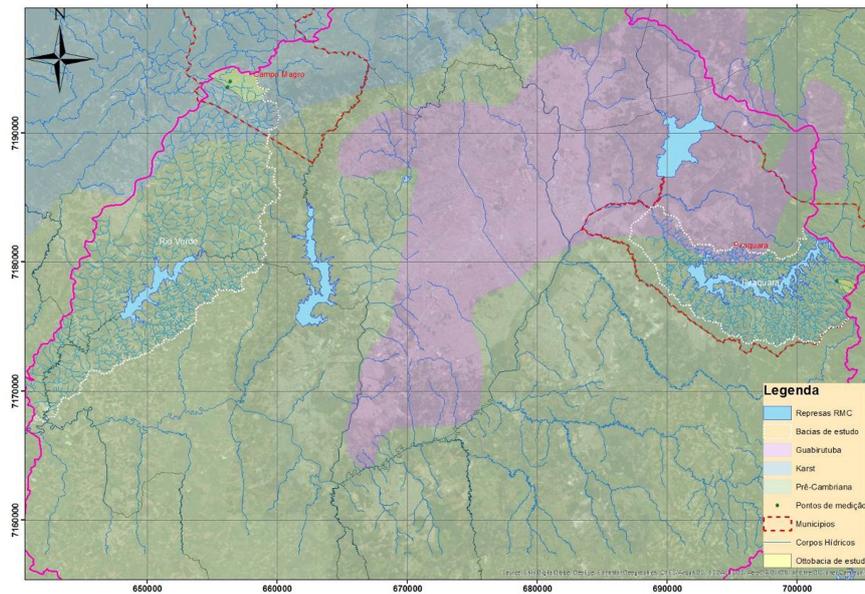


Figura 1 - Localização das subbacias e poços a serem monitorados em duas diferentes bacias hidrográficas, afluentes do Alto Iguaçu e respectivas Unidades Aquíferas.

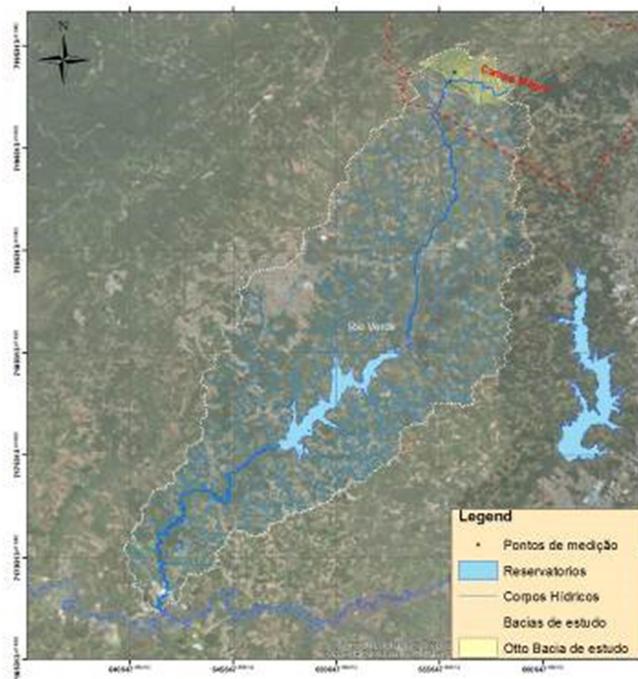


Figura 2 - Localização da subbacia e poços a serem monitorados no município de Campo Magro, na bacia hidrográfica do Rio Verde, aflente do Alto Iguaçu, situada sobre a Unidade Aquífera do Carste.

A proposta é instrumentar os compartimentos / células aquíferas, de maneira a se estabelecer as variáveis para estimar o balanço hídrico. Monitorar a precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial, infiltração, variação do nível de água em poços que captam o freático e o aquífero Carste.

Mestrinho (2008) ressalta que a evolução hidroquímica nos sistemas cársticos pode ser avaliada, considerando como pontos de controle as zonas de recarga, não saturada e saturada. Na zona de descarga, a composição será um reflexo do tempo de residência e das condições de circulação da água. A amostragem sistemática (quinzenal ou mensal), representativa das diferentes fases hidrodinâmicas, é necessária para verificar flutuações diurnas e/ou sazonais. A condutividade elétrica é um bom parâmetro para acompanhar os processos de diluição, e as relações iônicas (em meq/L), para caracterizar as interações com o meio. O balanço hídrico deve ser considerado, uma vez que o volume de infiltração e a circulação da água influenciam a composição na área de descarga. Além da instrumentação para quantificação do “sistema aquífero”, se propõe a realizar a caracterização hidroquímica, com vistas a trazer subsídios ao entendimento da interação entre as águas superficiais e isotópica, semelhante ao proposto em escala estadual, conforme descrito anteriormente. Neste sentido é proposto o monitoramento mensal para fins de avaliação hidroquímica e isotópica, semelhante ao proposto em escala estadual, conforme descrito anteriormente.

AQUÍFERO EMBASAMENTO CRISTALINO - SUBBACIA DO RIO PIRAQUARA

Já existe um projeto em andamento de instalação de uma bacia escola, executado na Universidade para região da Bacia hidrográfica do rio Piraquara, bacia que engloba os reservatórios Piraquara I e II. Os aspectos em análise atualmente focam o comportamento hidrológico curso da água superficial e dos reservatórios (Figura 3).

A proposta é incluir análises físico-químicas e isotópicas neste projeto, assim como monitoramento da profundidade do nível estático, para fins de estimativa de recarga do aquífero, e analisar a relação da recarga com o(s) reservatório(s). Também é proposto analisar, na região do reservatório de Piraquara I, se existe variação no quimismo das águas do aquífero freático nas duas margens do reservatório. O Embasamento Cristalino presente na bacia é formado por um escudo de rochas ígneas e metamórficas fortemente dobradas e fraturadas devido a ações tectônicas de falhamentos e dobramentos e grande parte deste embasamento está recoberto por sedimentos da Formação Guabirotuba (Rosa Filho et al., 2011). O manto de cobertura deste aquífero faturado que possui, em geral de 5 a 20m, podendo chegar até 80m de profundidade, possui papel crucial na recarga deste aquífero e, conseqüentemente, na rede de drenagem da bacia. As rochas cristalinas possuem grande potencial acumulador de água quando as estruturas secundárias são seccionadas, como fraturamentos, cisalhamentos e falhamentos geológicos, os quais permitem a circulação e o armazenamento da água.

MONITORAMENTO HIDROLÓGICO E PIEZOMÉTRICO CONCOMITANTE

Para o monitoramento serão utilizadas estruturas hidráulicas, instaladas no exutório de cada uma das pequenas bacias selecionadas. Estes medidores poderão ser: vertedor triangular de 120° para quantificar as pequenas e médias vazões, e; calha Parshall de fundo plano. Para a coleta simultânea dos dados de vazão nas duas bacias, em ambas as estruturas serão utilizadas sensores de cota do tipo transdutores de pressão, onde serão realizados registros horários e, depois, determinados os valores de vazão por meio das curvas-chave de cada estrutura. Juntamente com os registros das vazões serão acompanhados os registros das precipitações coletados pela rede telemetria pluviométrica do Instituto de Águas do Paraná, da região de Campo Magro e de Piraquara.

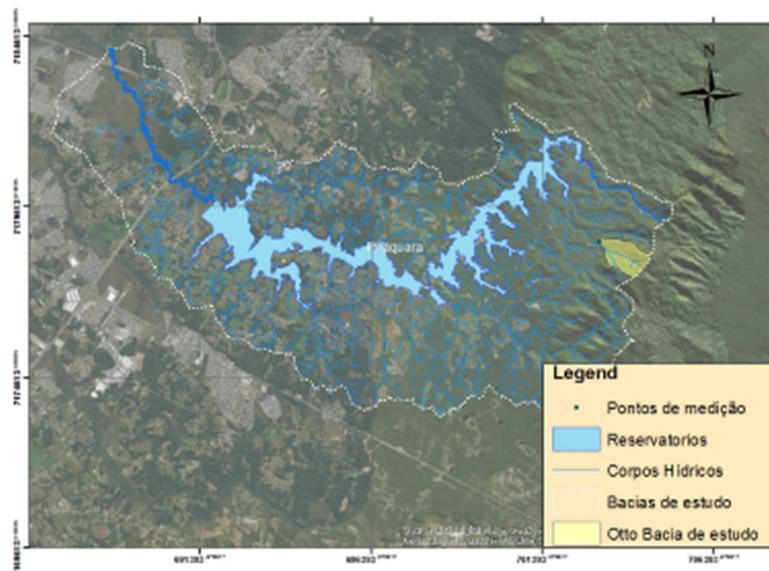


Figura 3 - Localização da subbacia e poços a serem monitorados no município de Piraquara, na bacia hidrográfica do Rio Piraquara, um dos rios nascentes do rio Iguaçu, situada sobre a Unidade Aquífera Embasamento do Cristalino.

Elaboração do hidrograma em período concomitante nas duas bacias e elaboradas as curvas de permanência por meio da técnica empírica. Esta técnica consiste em ordenar todos os valores de vazão, de forma decrescente e associar, a cada um deles, uma frequência de excedência, utilizando uma posição de plotagem empírica $m/n+1$, sendo m a ordem do valor ordenado e n o número de valores da série. Além disso, será realizado um balanço entre o volume de entrada (precipitação) com os volumes de saída (deflúvio) registrados no exutório de cada bacia monitorada, possibilitando a comparação dos deflúvios gerados em cada bacia nos diferentes meses do ano durante o período monitorado (Goldenfum, 2003).

Determinação das áreas de recarga e de contribuição dos aquíferos para os corpos hídricos superficiais e a estimativa da contribuição da vazão de base ao escoamento superficial, por meio de

métodos diretos ou indiretos. Estimativa da recarga e as reservas exploráveis e renováveis. O monitoramento de sistemas cársticos, nos quais predominam calcários e dolomitos, exhibe particularidades que valem ser discutidas. São sistemas abertos, com fluxos interagindo em diferentes espaços. A dissolução química da rocha carbonatada ou a carstificação é influenciada por inúmeros fatores (Mestrinho, 2008): composição dos carbonatos; concentração de CO₂ e ácidos inorgânicos; granulometria; porosidade e textura (cristalina, granular ou microcristalina); colocação estrutural; tempo de contato água-rocha; tipo de solos; presença de matéria orgânica e condições pedoclimáticas; atividade antrópica etc.

RESULTADOS ESPERADOS

O principal resultado esperado é ampliar o conhecimento sobre o comportamento dos aquíferos e suas interações com os recursos hídricos superficiais, visando subsidiar com ciência, as tomadas de decisão da Companhia de Saneamento e o aumento da resiliência hídrica. Efetivamente, delinear os procedimentos para o monitoramento da interconexão Aquífero-Rio e demais variáveis intervenientes, conhecer e ajustar as dificuldades de instrumentalizar essas bacias é o resultado para integrar ao saneamento, propriamente dito. A melhor compreensão disponibilidades hídricas e suas interdependências, viabilizará o planejamento para os cenários de riscos.

O sistema de informações é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e disponibilização de informações sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos e fatores que influenciam na sua gestão. Para assegurar o uso dos dados, os dados devem ser avaliados, interpretados e tratados usando-se técnicas apropriadas e padronizadas. Para a importação e utilização destes dados, deve ser elaborada uma planilha padronizada, o mais completa possível, contendo informações correspondentes ao empreendimento, bacia hidrográfica, órgão gestor de recurso hídrico, coordenadas geográficas e características construtivas dos poços de monitoramento (PM), dados de monitoramento (datas de coleta, parâmetros, laboratório e métodos), outras informações sobre potabilidade, vazão e nível d'água.

O mapeamento das integrações de mananciais superficiais e subterrâneas corrobora com os esforços das Resoluções CNRH nº126 - jun/2011 e CNRH nº202 - jun/2018. O produto deste projeto vai delinear um banco de dados hidrogeológicos nas bacias de abastecimento da Companhia de Saneamento do Paraná, acoplados aos conhecimentos das características peculiares dos aquíferos e de comportamento hidrológico dos corpos hídricos superficiais. O cruzamento das delimitações das bacias e aos aquíferos onde estão localizados, possibilitará as análises dos resultados e a expansão para o monitoramento de demais variáveis intervenientes no processo Aquífero-Rio.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho proposto em andamento, conclui-se que:

- O mapeamento das integrações de mananciais superficiais e subterrâneas corrobora com os encaminhamentos do CNRH, seja para a outorga do direito de uso ou para a gestão integrada no sentido mais amplo.
- Principalmente, a Companhia de Saneamento junto a Universidade terá a possibilidade ampliar o conhecimento para ajustar as ações cotidianas nas atividades de avaliação e gestão da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea.

O projeto prevê uma parceria interinstitucional para sua execução, sendo uma atitude proativa em relação à gestão das fontes de água superficiais e subterrânea, no sentido de garantir o acesso à água de qualidade para nossas demandas atuais e futuras.

AGRADECIMENTOS

A parceria interinstitucional Sanepar - Hidrogeologia da UFPR para sua execução.

REFERÊNCIAS

- CNRH. Resolução nº126 (30 de junho de 2011) *aprova diretrizes para o cadastro de usuários de recursos hídricos e para a integração das bases de dados referentes aos usos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos*. <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes> Consultado em outubro de 2018.
- CNRH. Resolução nº202 (28 de junho de 2018) *que estabelece diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos*. <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes> Consultado em maio de 2019.
- CRUZ, M.A.S.; TUCCI, C.E.M. & SILVEIRA, A.L.L. (1998). *Controle do escoamento com retenção em lotes urbanos*. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.3 n.4, p.19-31 Out-Dez.
- GOLDENFUM, J. A. (2003) “Pequenas Bacias Hidrológicas: conceitos básicos”, in: *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Org. por Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D. ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre - RS, pp.
- IBGE. *Os Indicadores dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. <https://indicadoresods.ibge.gov.br/objetivo/objetivo?n=6> Consultado em outubro de 2018.
- MESTRINHO, S. S. P. (2008) “Monitoramento em água subterrânea”, in: *Hidrogeologia: Conceitos e aplicações*. Org. Feitosa, F.A.C. et al. CPRM/LABHID, Rio de Janeiro, p. 673-686.
- MONTEIRO, J. C.; BACELLAR, L. A. P. (2014) *Influência dos fatores geológicos, geomorfológicos e antrópicos da produção de fluxo de base em pequenas bacias hidrográficas na APA Cachoeira das Andorinhas*, Ouro Preto (MG). Rev. Bras. Geomorfol., v. 15 n. 2, p. 173-189.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. (2018). *Future Water Priorities for the Nation: Directions for the U.S. Geological Survey Water Mission Area*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/25134>.
- ROSA FILHO, E.F. et al. (2011). *Aquíferos do Estado do Paraná*. Curitiba: Edição do Autor.. 220p.