

Artigos

Aplicação de uma ferramenta de Business Intelligence para o diagnóstico do uso de água subterrâneas no estado do Paraná e em seus municípios

Application of a Business Intelligence tool for the diagnosis of groundwater use in the state of Paraná and in its municipalities

Bruna Forestieri Bolonhez¹; Jhonathan Yoshiaki Namba¹

¹ Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR.

✉ bru.forestieri@gmail.com, jhonathany_n@hotmail.com

Palavras-chave:

Outorga de recurso hídricos;
Gestão de dados;
Poços.

Keywords:

Water grants;
Data management;
Wells.

Revisão por pares.
Recebido em: 25/05/2022.
Aprovado em: 14/10/2022.

Resumo

No Brasil, e no Paraná, o direito de utilização dos recursos hídricos é concedido por meio de outorgas de direito de uso. Considerando a crescente demanda pelo uso das águas subterrâneas, esse trabalho adotou como material de pesquisa os documentos de outorgas concedidas para captações em poços no estado do Paraná. Com o emprego dos bancos de dados do Instituto Água e Terra do Paraná, e realizando a modelagem de dados com a ferramenta de Business Intelligence, gerou-se um relatório interativo detalhado sobre a situação das outorgas vigentes de poços no Estado do Paraná e seus municípios até fevereiro de 2022. Com o sistema criado, tornou-se possível a rápida análise da situação de cada município e do estado como um todo, facilitando a tomada de decisão e adoção de novas medidas públicas para a melhor gestão do recurso. Demonstrando a sua aplicabilidade, avaliou-se a situação geral do estado. Neste, os poços outorgados no estado captavam um total de 617,90 milhões de m³ano⁻¹, sendo o Saneamento a principal finalidade dessas captações. Houve, em 2018, um crescimento no volume total outorgado no estado, tendo seu ápice em 2019. Em relação ao número de outorgas emitidas, o uso para fins agropecuários é o principal solicitante desde 2004. Comparando-se todos os municípios do estado, o município de Cascavel teve a maior demanda de água subterrânea (24,97 Mi m³ano⁻¹), com os novos poços apresentando uma tendência de níveis estáticos cada vez mais profundos. Assim, a aplicação dos sistemas de Business Intelligence demonstrou a sua versatilidade para análises de dados qualitativos, quantitativos e espaciais, tornando-se um recurso de grande valia para a gestão das águas.

Abstract

In Brazil and Paraná, the right to use water resources is licensed through concessions of the right of use. Considering the growing demand for the use of groundwater, this work adopted as research material the documents of water licenses for abstractions in wells in the state of Paraná. With the use of the databases of the Water and Soil Institute of Paraná and performing data modeling with the Business Intelligence tool, a detailed interactive report was generated on the situation of the current well concessions in the State of Paraná and its municipalities until February 2022. With the system created, it became possible to quickly analyze the situation of each municipality and the state as a whole, facilitating decision-making and the adoption of new public measures for better management of the resource. To demonstrate its applicability, the general situation of the state was evaluated. In this, the wells granted in the state captured a total of 617.90 million m³year⁻¹, and sanitation was the main purpose of these captures. There was in 2018, a growth in the total volume licensed in the state, having its apex in 2019. Regarding the number of permits issued, the use for agricultural purposes has been the main applicant since 2004. Comparing all municipalities in the state, the municipality of Cascavel had the highest demand for groundwater (24.97 Mi m³year⁻¹), with the new wells presenting a trend of increasingly deep static levels. Thus, the application of Business Intelligence systems demonstrated its versatility for qualitative, quantitative and spatial data analysis, becoming a resource of great value for water management.

DOI: <http://doi.org/10.14295/ras.v36i2.30144>

1. INTRODUÇÃO

Devido às suas vantagens, como melhor qualidade da água bruta e possibilidade de locação próxima aos usuários, o uso de poços e captações em mananciais subterrâneos vem crescendo no Brasil e no mundo (HIRATA; FOSTER, 2020; LALL et al., 2020). Entretanto, esse aumento no consumo pode trazer

risco à qualidade e disponibilidade do recurso (FOSTER et al., 2021), principalmente se considerada a existência de poços irregulares (MARTINS et al., 2018; PINHATTI; HIRATA, 2018). Conhecer as regiões e usos com maiores demandas favorece a tomada de decisão, trazendo maior eficiência na gestão e

identificando regiões de maior vulnerabilidade (FOSTER *et al.*, 2021; FOSTER; CHILTON, 2021).

No país, as Resoluções CONAMA n° 396/2008 e 420/2009, apoiadas na Lei 9.433/1997, estabelecem que os órgãos de gestão dos recursos hídricos, de meio ambiente e de saúde serão os responsáveis pela articulação das medidas e controle do uso da água subterrânea (BRASIL, 1997; CONAMA, 2008; CONAMA, 2009; SHUBO; FERNANDES; MONTENEGRO, 2020).

Dessa maneira, fica sob responsabilidade de cada Conselho Estadual de Recursos Hídricos estabelecer as diretrizes para o uso do recurso e para as agências estaduais de águas realizarem a emissão das outorgas (MARTINS *et al.*, 2018). Com a crescente demanda pelo uso desses recursos hídricos e, como consequência, dos dados gerados, surge a necessidade de adaptação e atualização das ferramentas de gestão e monitoramento (CONDON *et al.*, 2021; CRAVERO *et al.*, 2018; LALL *et al.*, 2020; TRINDADE; SCHEIBE, 2019)

O *Business Intelligence* (BI), ou Inteligência de Negócios, é um conjunto de metodologias e tecnologias para o apoio na tomada de decisão (SUN; SUN; STRANG, 2018). Associando extensos bancos de dados e integrando-os, a ferramenta vem facilitando a produção e análise de informações, e, com isso, promovendo uma melhor gestão nas empresas e instituições (GOHIL *et al.*, 2021; PONTES *et al.*, 2021). Sua aplicação para a gestão e o planejamento público, de recursos hídricos e de outras infraestruturas de saneamento já vem sendo realizada (SUN; SCANLON, 2019) e expandida com o uso do geoprocessamento (ANA,

2019; CHEN *et al.*, 2022; CRAVERO *et al.*, 2018; WICKRAMASURIYA *et al.*, 2013).

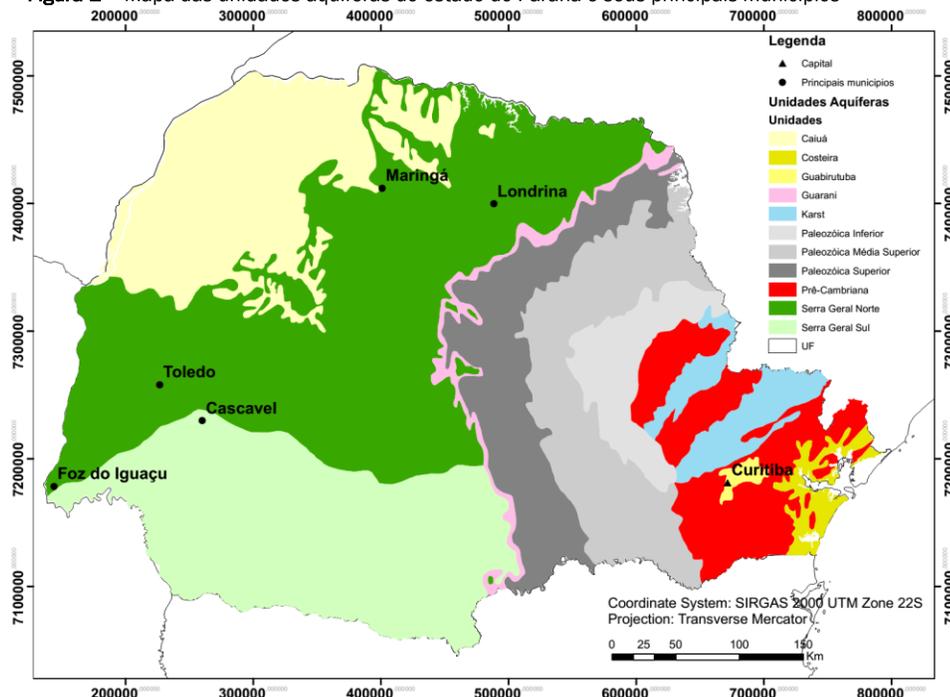
Assim, este trabalho tem como objetivo principal apresentar a aplicação de uma ferramenta de *Business Intelligence* para gestão do uso dos recursos hídricos subterrâneos. Para tal, realizou-se a criação de um sistema em BI com os dados de outorgas de uso de águas subterrâneas no estado do Paraná e de seus municípios.

2. ÁREA DE ESTUDO

O estado do Paraná (Figura 1) está localizado na região sul do Brasil, possuindo uma área de 199.299 km² e uma população estimada para 2020 de 11.516.840 habitantes (IBGE, 2021). Com 399 municípios, o estado é a quinta maior economia estadual do país. O seu principal ramo econômico é a agroindústria, o que colabora para torná-lo o segundo estado que mais produz grãos do país (IPARDES, 2021).

Segundo dados da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e do Turismo (SEDEST) (SEMA, 2010), a disponibilidade hídrica superficial dos rios estaduais no Paraná está estimada em 1.153,17 m³s⁻¹, sendo as maiores contribuições derivadas dos rios Iguaçu e Rio Ivaí. Em relação às águas subterrâneas, a publicação indica uma disponibilidade estimada em 299,88 m³s⁻¹. O Estado está sobre diversas unidades aquíferas (Figura 1), principalmente os aquíferos Guarani, Caiuá, Serra Geral, Paleozóico, Pré-Cambriana e Guabirutuba.

Figura 1 – Mapa das unidades aquíferas do estado do Paraná e seus principais municípios



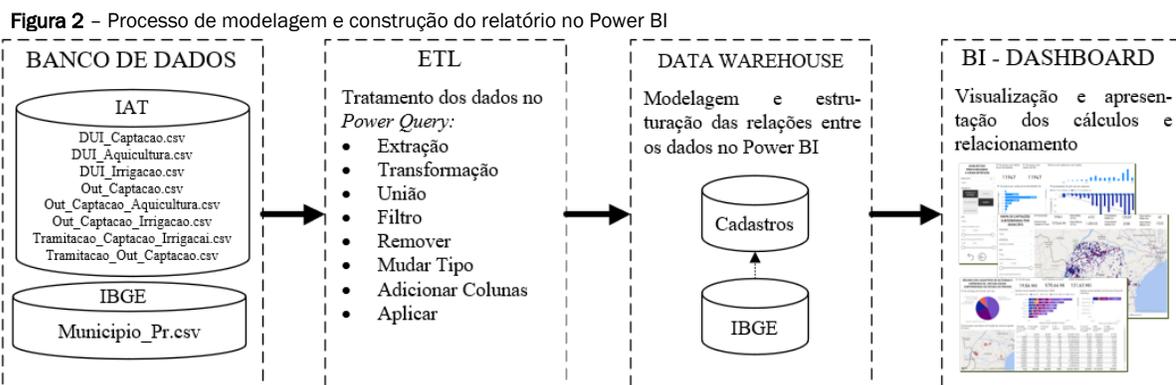
Fonte: adaptado de Suderhsa (1998).

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Paraná foi instituída em 1999, na Lei 12.726/1999. Nesta, criou-se o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que inclui o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), a agência estadual de águas do Paraná e outros órgãos complementares. Atualmente, as pautas do CERH estão incluídas na Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo, e a agência de águas está unida com a do meio ambiente e de terras no chamado Instituto de Água e Terra (IAT) (PARANÁ, 2019). Os recursos hídricos do estado são divididos entre 12 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento dos recursos hídricos (SEMA, 2010).

Até o momento, as outorgas e requerimentos de uso da água no estado podem ser feitos de forma eletrônica pelo Sistema de Informações para Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos (SIGARH). As informações sobre as outorgas e dispensas publicadas estão disponíveis por meio de um sistema de Protocolo de Transferência de Arquivo (*ftp//*) (IAT, 2021).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do sistema e a modelagem dos dados com o uso de ferramentas de *Business Intelligence*, foram realizadas quatro etapas. Estas possuíram o objetivo de programar e organizar o relacionamento entre os dados, permitindo a automação de sua configuração e facilitando sua futura atualização e manutenção. Esse processo está simplificado no modelo conceitual (Figura 2), seguindo as propostas realizadas por Peixinho e Mello (2012) e Wickramasuriya *et al.*, (2013). A primeira etapa constituiu-se na coleta e busca dos bancos de dados frente ao objetivo da pesquisa. Para esse estudo, coletaram-se os dados sobre as outorgas vigentes e em tramitação, e os cadastros de dispensas de outorga no estado do Paraná. Estes foram adquiridos no formato *Comma-separated values* (.csv) no sistema de banco de dados do IAT (IAT, 2021). Outros dados complementares, como a população, área e características básicas dos municípios do estado foram adquiridos no site do IBGE (IBGE, 2021).



A segunda etapa do processo, nomeada *ETL*, refere-se à Extração, Tratamento e Importação dos dados. Com a importação dos arquivos no software gratuito Microsoft Power BI Desktop, utilizou-se a ferramenta *Power Query* para a filtração dos dados sobre as captações em mananciais do tipo *poço*, ou seja, as que utilizam os mananciais subterrâneos. De modo a reduzir as falhas originadas nos erros de preenchimento dos documentos de outorgas (STINGHEN; MANNICH, 2019), o programa excluirá automaticamente as outorgas com a ausência dos dados de geolocalização (latitude e longitude), vazão outorgada (m^3h^{-1}), e data da publicação ou do protocolo. Para os dados disponíveis até fevereiro de 2022, nenhuma exclusão foi necessária. Para a análise das profundidades e níveis estáticos, o programa também exclui da análise as outorgas com ausência de dados sobre profundidade (m), níveis estáticos (m), ou as que a profundidade total apresentava valor inferior à profundidade do nível estático, situação incoerente à esperada para poços. Para essas análises, 31,40% do total de poços foram desconsiderados.

Os dados tratados foram em seguida modelados no software *Power BI*. Os registros das outorgas foram unidos em uma única

entidade (tabela), contendo os atributos considerados de maior interesse para a gestão. O atributo “Código do município” serviu como chave para o relacionamento com o banco de dados do IBGE, permitindo relacionar as características do município aos usos existentes das águas subterrâneas.

Os atributos “Município”, “Condição da outorga”, “Modalidade da outorga”, “Tipo de uso” e “Vazão Outorgada” também foram definidos como filtros, permitindo ao usuário final do programa especificar o objeto de estudo de seu interesse. Com o uso dos atributos “Latitude” e “Longitude” foi também possível associar os atributos a objetos, criando mapas que indicassem a localização dos municípios e a posição de cada poço.

As análises e gráficos propostos foram incluídos em um relatório interativo no estilo *Dashboard*. Neste, um painel visual é elaborado, permitindo ao usuário acesso a diferentes indicadores e informações em forma gráfica e tabular, com a inclusão de filtros para uma melhor operação e compreensão dos processos. O *Dashboard* elaborado apresenta 6 páginas, com os visuais e análises que realizam o diagnóstico das captações

subterrâneas no Paraná e de qualquer um de seus municípios, permitindo a sua fácil adaptação conforme o interesse do usuário final do programa. O Quadro 1 apresenta um resumo dos objetivos de cada página do relatório interativo.

Quadro 1 – Nome e objetivo das páginas do relatório interativo para gestão do uso das águas subterrâneas no estado do Paraná

Nome da Página	Nº da pág.	Objetivo
Página inicial	1	Guiar o usuário para as demais partes do programa, permitindo a seleção de filtros e encaminhando-o para as próximas páginas.
Resumo Geral do estado	2	Apresentar as informações gerais sobre os cadastros e outorgas vigentes, em tramitação e renovação no estado, avaliando os usos, bacias e municípios com maiores volumes captados.
Mapa de captações	3	Localizar as captações subterrâneas junto as características médias e máximas no município escolhido e os dados individuais para cada ponto.
Nº de cadastros	4	Contabilizar o número de captações subterrâneas no município escolhido, seus usos e finalidades, e sua progressão temporal.
Volumes Anuais	5	Calcular o volume captado em mananciais subterrâneos no município escolhido, seus usos e finalidades e sua progressão temporal.
Profundidade e Níveis Estáticos	6	Apresentar as características médias de profundidade e nível estático nos municípios, além da progressão temporal desses ao longo dos anos.

De modo a apresentar a aplicabilidade do uso da ferramenta, a próxima seção irá discutir a aplicabilidade do modelo para a análise do uso das águas subterrâneas no estado do Paraná e em um de seus municípios. Este foi escolhido com base na região com a maior captação de água subterrâneas em fevereiro de 2022.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o relatório elaborado, fez-se a análise geral do uso de águas subterrâneas no estado do Paraná. Assim, na página inicial (Figura 3) do relatório foi possível acessar o recurso com o resumo da situação das outorgas e dispensas de uso vigentes no estado (Figura 4).

Figura 3 – Tela inicial do relatório com filtros e aba para a navegação entre as páginas

DIAGNÓSTICO DO USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PARANÁ E EM SEUS MUNICIPIOS

FILTROS

MUNICIPIO

CONDICAO

MODALIDADE

VAZAO OUTORGADA (m³/h)

NAVEGAÇÃO ENTRE AS PÁGINAS

PÁGINA INICIAL

Resumo do Estado do PR

Mapa Geral

Nº de Cadastros por tipo de uso

Volume captado por tipo de uso

Profundidade e Níveis estáticos

Relatório interativo desenvolvido dos dados de outorga de uso da água disponibilizados pelo Instituto de água e Terra do Paraná
 (https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Outorga-de-Recursos-Hidricos)
 Arquivos atualizados em 22/02/2022

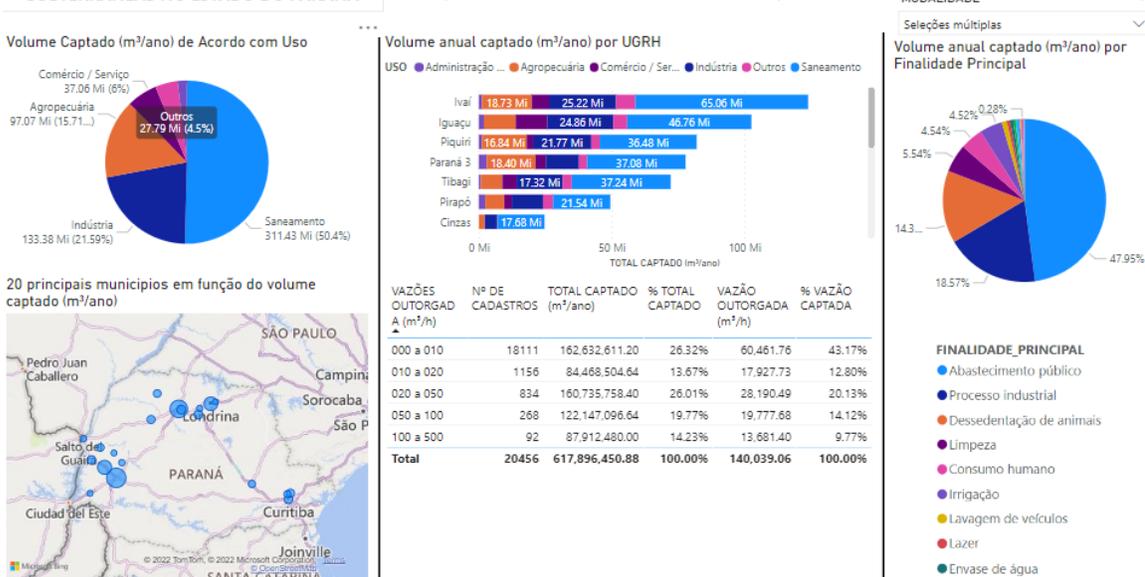
BOTÕES DE ORIENTAÇÃO

← Retorna à página inicial

← Ir para a página anterior

RELATÓRIO ELABORADO POR:

Figura 4 – Tela do relatório com o resumo geral da situação das outorgas e dispensas de uso vigentes no estado do Paraná



Com o uso do relatório, diagnosticou-se a situação das outorgas e dispensas vigentes no estado até fevereiro de 2022, que totalizaram cerca de 20.456 cadastros de uso. Estes captam cerca de 617,90 milhões de m³ano⁻¹ dos aquíferos, somando uma vazão captada aproximada de 140.039 m³h⁻¹. Dentre as dispensas de uso, essas captam 26,10 milhões de m³ano⁻¹ e uma vazão de 12.474 m³h⁻¹. Atenta-se também que 26,32% do total de captações apresenta vazões inferiores a 10 m³ h⁻¹ e 66% com valores menores a 50 m³ h⁻¹. Tal tendência demonstra uma preferência no Paraná pelo uso dos mananciais subterrâneos para a captação de pequenas vazões.

Ainda, como exposto na Figura 4, avaliou-se que os usos que mais captaram água subterrânea no estado eram: Saneamento, com 311,43 Mi m³ano⁻¹ (50,4%); para a Indústria, com 133,38 Mi m³ano⁻¹ (21,59%); e a Agropecuária, com 97,07 Mi m³ano⁻¹ (15,71%). Esse predomínio também ocorreu em níveis de bacia hidrográfica, como por exemplo na bacia do Rio Ivaí, que é a unidade de gestão com maior volume total captado no estado (123,99 Mi m³ano⁻¹, equivalente a 20,06% do total estadual), e possui no saneamento o seu maior consumo (65,06 Mi m³ano⁻¹, ou 10,53% do total estadual).

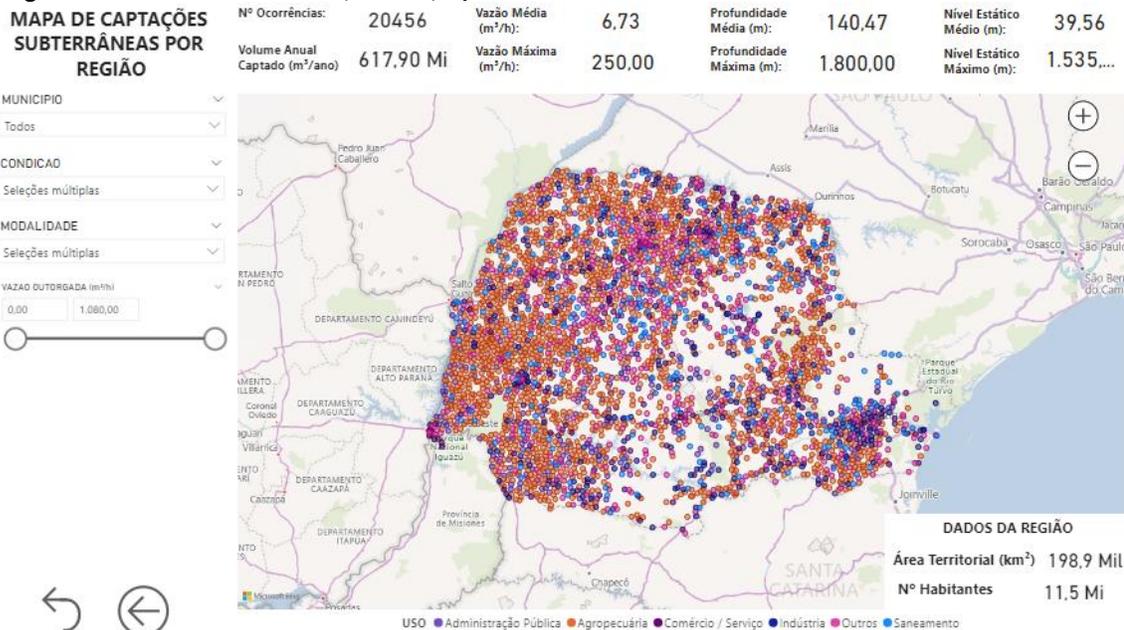
A alta porcentagem de uso de água para o saneamento justifica-se pela adoção dos mananciais subterrâneos como alternativa de menor custo para pequenos e médios municípios. No Paraná, os poços localizados em municípios com até 25.000 habitantes somam um volume anual captado de 287,93 Mi m³ano⁻¹ (46,60% do volume estadual), contabilizando 9844 cadastros de outorgas vigentes ou dispensas (48,06% dos cadastros do estado). O uso de poços permite atender as demandas da

população e indústrias, partindo de uma qualidade melhor da água bruta, acarretando uma menor necessidade de tratamento. Em conjunto, o emprego de poços permite a sua locação em um ponto mais próximo do usuário final da água.

Outra condição que favorece esse tipo de uso é a utilização de poços como solução alternativa para regiões de alta densidade populacional ou ainda com relevo de grande variação. Nesses, há a necessidade de um maior investimento em sistemas elevatórios, com o risco de ainda não ser possível atender à toda população (VILLAR; HIRATA, 2018). Assim, o uso de poços surge como solução de menor custo. Um exemplo de tal condição é o município de Cascavel, localizado na porção oeste do estado do Paraná, que é o município com o maior consumo de água subterrânea no estado (24,97 Mi m³ano⁻¹ ou 4,04% do total estadual) e possui o Saneamento como o principal tipo de uso da água (11,63 Mi m³ano⁻¹).

Uma das maiores dificuldades associadas ao grande número de poços no estado é em relação ao monitoramento e gestão desses nas regiões urbanas. A Figura 5 expõe a localização das captações de água vigentes no estado, indicando grandes densidades de poços em regiões urbanas de grandes municipalidades. Essa alta densidade de poços também ocorre em outros municípios do país e pode significar um perigo para a disponibilidade hídrica, seja pelo uso e ocupação do solo afetando o reabastecimento dos aquíferos e águas superficiais, quanto o aumento do risco de contaminação (MENEZES *et al.*, 2014; BORGES *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2018). Essa condição ainda é agravada quando considerada a existência de poços irregulares, dificilmente identificáveis (PINHATTI; HIRATA, 2018).

Figura 5 – Tela do relatório com o mapa das captações subterrâneas do estado do Paraná



Em apoio à fiscalização e à aplicação de multas para os usos irregulares, dois instrumentos que colaboram para a gestão dos recursos regulares são o enquadramento e a cobrança (BRAGA *et al.*, 2017). Segundo o diagnóstico realizado para os mananciais subterrâneos do estado do Paraná, tem-se que a maioria das outorgas de poços vigentes ainda estão aguardando classificação em um grupo de cobrança, somando um volume de 582,96 Mi m³ano⁻¹. Tal valor representa 94,35% do volume captado anualmente por poços no estado. Dessa maneira, expõe-se a atual necessidade do avanço da implementação desses instrumentos de gestão, que pode ser facilitado com o uso dessa ferramenta de inteligência de negócios.

A avaliação da quantidade de poços e dos volumes captados no estado e em cada município podem ser avaliados nas Páginas 4 e 5 do Relatório, apresentadas nas Figuras 5 e 6. Avaliando a progressão temporal dos cadastros no estado, tem-se um crescimento gradual na quantidade de cadastros e nos volumes requisitados até 2019. Em 2020 e 2021, entretanto, houve uma redução significativa desses índices, afetados pela pandemia do COVID-19 e seus impactos na economia.

O uso de água para a agropecuária foi o tipo de uso com o maior número de poços cadastrados em fevereiro de 2022 (9.670 outorgas e dispensas). Já em relação ao volume anual, o Saneamento continua a ser o uso com as maiores demandas, sendo

70,21 Mi m³ano⁻¹ requeridos somente em 2019.

Os dados do IAT (2022) indicam que 11.728 outorgas e dispensas de uso das águas subterrâneas perderão sua validade ainda em 2022. Dessa forma, também é papel da gestão a análise das interrupções no uso ou dos processos de renovações. Durante essa etapa, é ideal que, além da análise das condições de qualidade e hidrogeológicas, também seja avaliada a área de vulnerabilidade de cada poço e do aquífero, assim como as medidas de segurança adotadas (MARTINS *et al.*, 2019). Caso verificado que a captação está inadequada para a sua renovação recomenda-se a paralização do uso ou ainda tamponamento temporário desse (SUDERHSA, 2006). Assim, com a retirada de todo o conjunto de bombeamento e lacração do poço, diminui-se o risco sobre o manancial.

Para entender melhor o efeito do uso das águas subterrâneas no estado, a página 6 do relatório interativo (Figura 8) apresenta a progressão dos valores máximos e médios das profundidades dos poços e seus níveis estáticos. É importante ressaltar que somente parte dos usos cadastrados vigentes possuem dados sobre as características da perfuração, contabilizando 12.142 poços (59,12% do total). Quando avaliados todos os cadastros disponíveis, incluindo outorgas e dispensas vencidas, a porcentagem ainda é semelhante, com cerca de 63,05% do histórico de cadastros.

Figura 6 – Progressão temporal do (a) número de outorgas e dispensas de poços emitidas e (b) do número de outorgas de poços a vencer por ano segundo o uso no Paraná em fevereiro de 2022

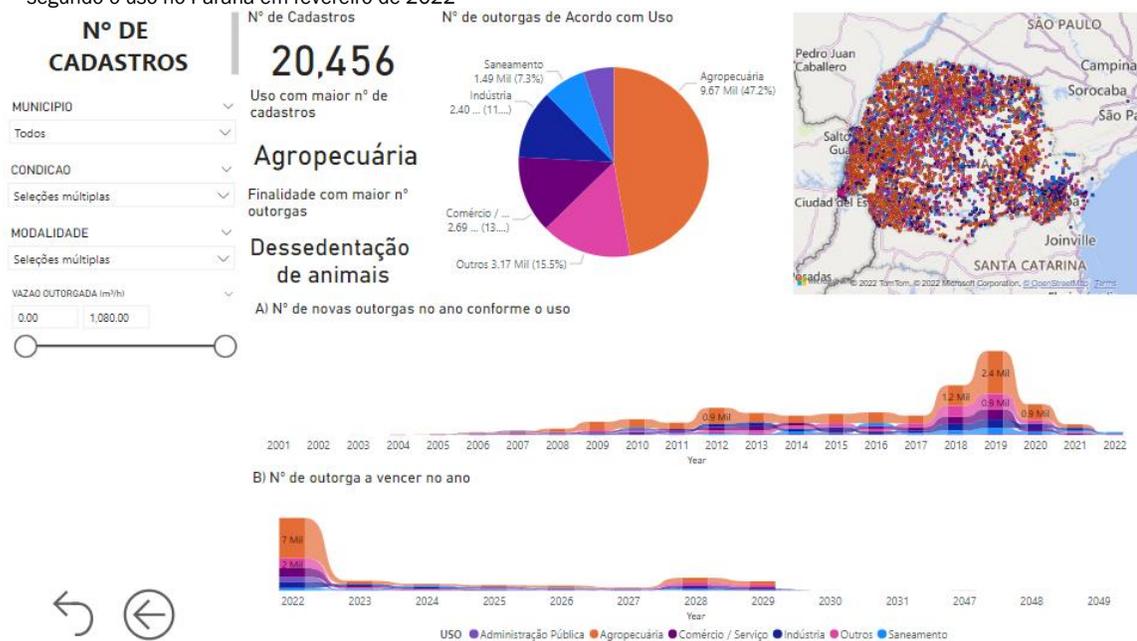


Figura 7 – Progressão temporal do (a) volume anual emitido para captação em poços e (b) volume anual emitido a vencer por ano segundo o uso no Paraná em fevereiro de 2022

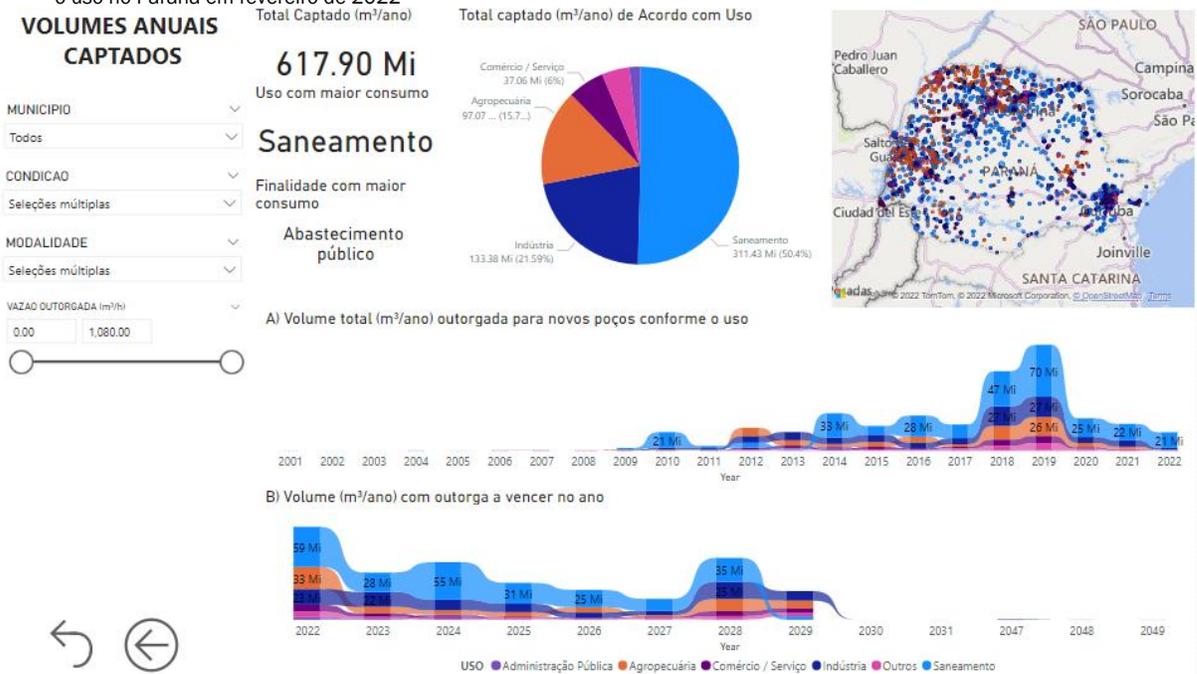
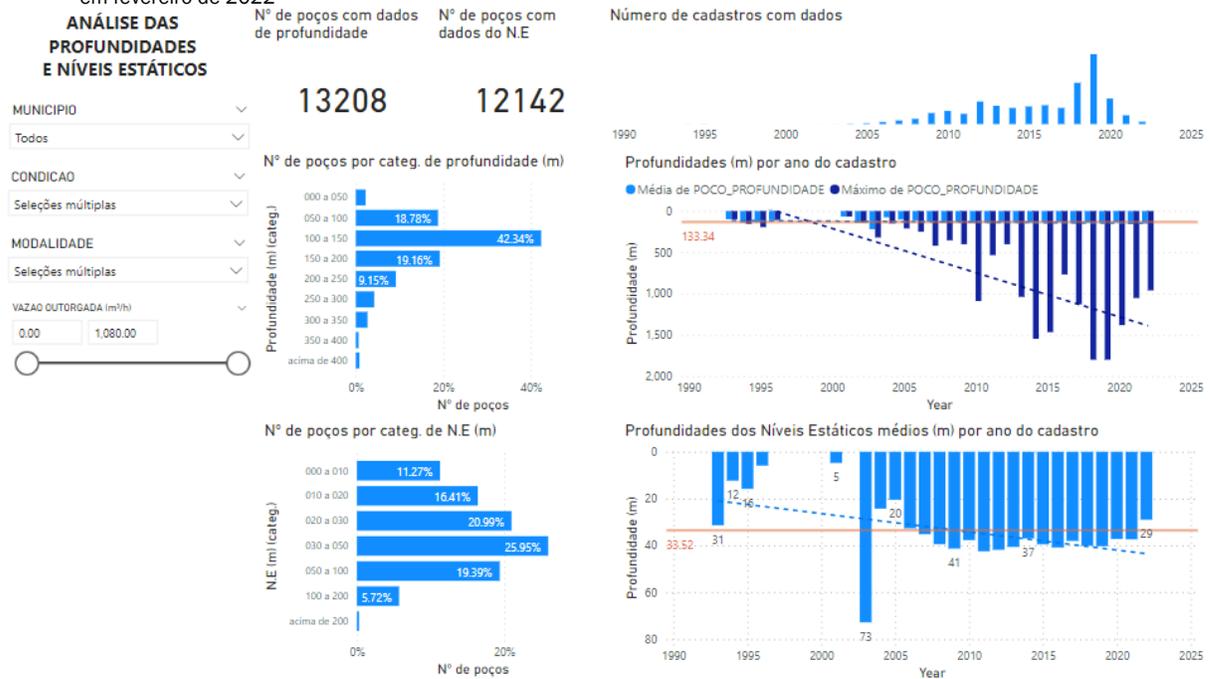


Figura 8 – Tela do relatório com a análise das profundidades e níveis estáticos dos poços com outorgas vigentes e dispensas de uso no Paraná em fevereiro de 2022



Contabilizando os dados disponíveis, os poços com suas outorgas e dispensas vigentes apresentam profundidade média de 133,34 m e nível estático médio de 33,52 m. Avaliando a distribuição em categorias, tem-se que a maioria dos poços apresenta profundidades de até 150 m, somando 63,73% do total de dados disponíveis. Em relação às profundidades dos níveis estáticos, cerca de 74,62% dos poços tinham o seu nível estático de até 50 metros. Tal situação demonstra também a preferência pela perfuração de poços de menor profundidade, justificável pelo aumento do custo de perfuração em função da profundidade.

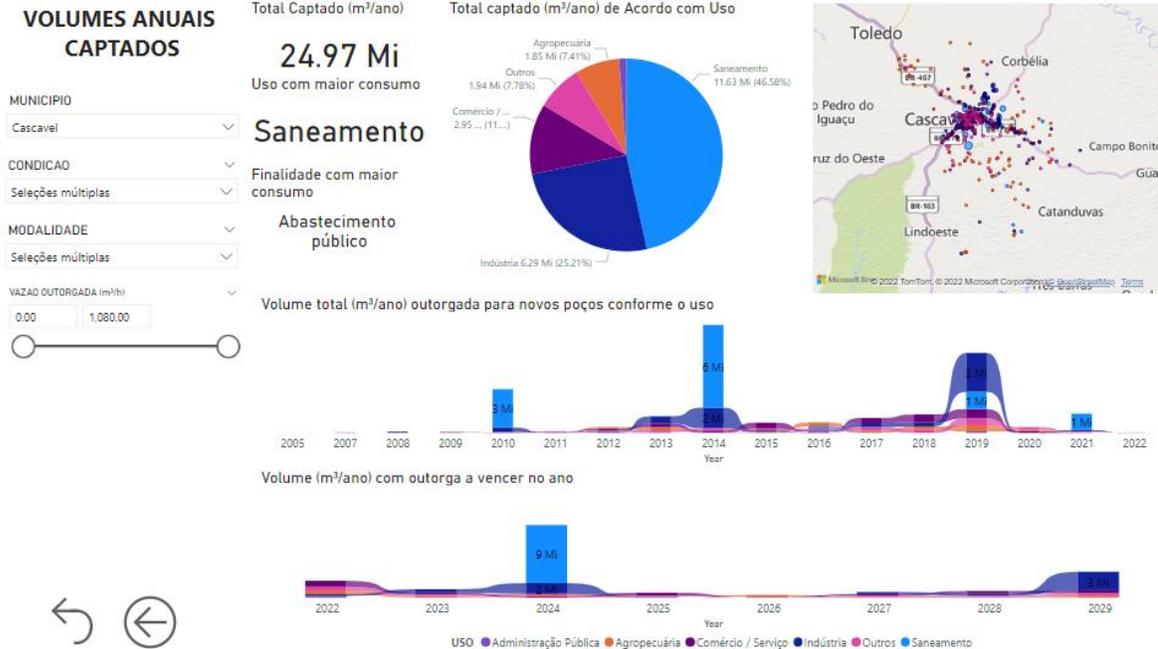
Avaliando a progressão das profundidades de cada ano, verifica-se uma tendência de aumento desses ao longo do período, em especial para as profundidades de nível estático e de profundidade máxima de perfuração. Isso pode significar um rebaixamento do lençol freático devido ao aumento das captações,

intensificada pela redução da capacidade de reabastecimento dos aquíferos.

De modo a demonstrar a aplicabilidade do relatório para o estudo individual dos municípios do estado, avaliou-se a situação das outorgas para o município de Cascavel. Como previamente discutido, esse é o município com maior volume de águas subterrâneas captado no estado, possuindo uma grande densidade de poços na sua região urbana.

Com uma área de 2.101,07 km² e uma população estimada de 332.333 habitantes para o ano de 2020, Cascavel é o quinto município com maior população do estado (IBGE, 2021). Com o uso do relatório (Figura 9), verificou-se que em fevereiro de 2022 eram captados 24,97 Mi m³ano⁻¹, distribuídos em 834 outorgas de uso de água subterrâneas e dispensas ativas ou em renovação.

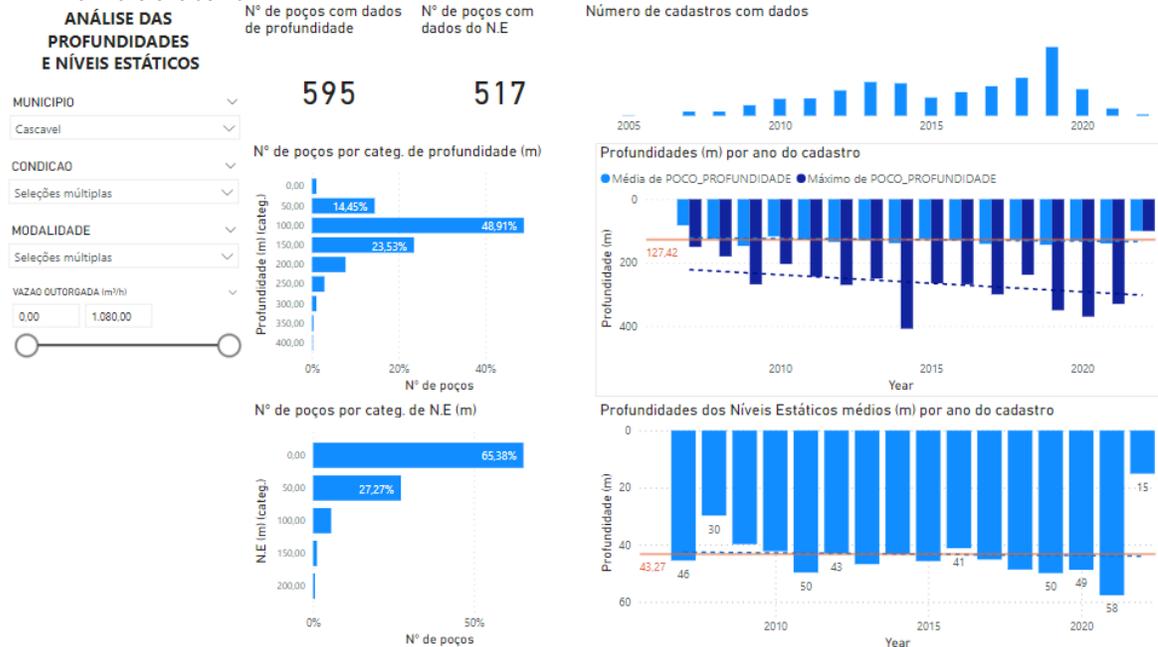
Figura 9 – Avaliação do volume anual captado por tipos de uso no município de Cascavel – PR



O Saneamento é o tipo de uso com maior volume captado no município, sendo que a escolha por esse tipo de manancial para o abastecimento humano já está presente no plano diretor de saneamento de Cascavel (CASCAVEL, 2013). Segundo a empresa responsável pelo saneamento, o abastecimento público é atendido por um sistema misto, com 25% da vazão derivada de poços e 75% derivada de captações em mananciais superficiais (Rios Cascavel, Peroba e Saltinho) (PARANÁ, 2020). Inclusive, o

poço com maior demanda no município é utilizado para fins de saneamento, captando cerca 250,0 m³h⁻¹ e 1,68 Mi m³ano⁻¹. As profundidades e níveis estáticos médios na região estão próximos ao estadual, com 127,42 m e 43,27 m, respectivamente (Figura 10). A distribuição das captações segundo a profundidade para Cascavel indicou que a maioria dos poços da região também possuem profundidade de até 150 metros e nível estático de até 50 m.

Figura 10 – Tela do relatório com a análise das profundidades e níveis estáticos dos poços com outorgas vigentes e dispensas de uso no Paraná em fevereiro de 2022



Para uma melhor compreensão dos impactos causados no nível do lençol freático devido ao uso das águas subterrâneas e de novas perfurações, é necessário o monitoramento constante dos poços e a realização de estudos específicos acerca dos aquíferos e geologia de cada localidade. Durante o tratamento e análise dos dados adquiridos no banco de dados do IAT, identificou-se uma ausência de dados e a presença de falhas em parte dos cadastrados. Com a adoção de um sistema autodeclaratório no cadastro dos usuários, esses problemas costumam ser comuns. Dessa maneira, há uma diminuição da validade dos estudos, incluindo esta pesquisa, visto esses apoiarem-se somente nos dados disponíveis que apresentaram consistência. Entretanto, o principal problema gerado por essas falhas será a dificuldade do efetivo processo de gestão dos recursos hídricos e tomada de decisões.

Além das falhas, outras informações importantes como diâmetro das perfurações, o revestimento ou perfil do solo também não estão disponíveis no banco de dados do IAT. Os dados do Serviço Geológico Brasileiro - CPRM e do Sistema de Informações sobre Águas Subterrâneas - SIAGAS permitem complementar a análise, porém ainda com certa limitação na quantidade de dados. A integração entre os dois sistemas é realizada por meio da disponibilização do código do SIAGAS na planilha do IAT. Entretanto, foram contabilizados somente 10.401 cadastros com essa informação até 2021, em sua maioria na categoria de outorgas para o uso do recurso hídrico, e que representam 33,07% do total de captações realizadas por poços no estado.

Assim, considerando as análises realizadas, demonstra-se as vantagens do uso de ferramentas de *Business Information* para a exposição e análise dos dados sobre outorgas de recursos hídricos, em específicos o de captações em mananciais subterrâneos. Além de agilizar o processo de atualização e criação de novos relatórios, a ferramenta colabora para a identificação de erros e falhas. Além disso, o relatório produzido pode ser disponibilizado em plataforma online, favorecendo o acesso a informações pela sociedade e usuários.

5. CONCLUSÃO

O relatório elaborado foi desenvolvido de forma a facilitar a investigação acerca do uso das águas subterrâneas no estado do Paraná. Durante o processo de construção do relatório interativo, foi verificada a ausência de dados sobre a perfuração (profundidade e nível estático) em parte dos poços cadastrados, condição que impactará a adequada gestão do recurso hídrico. A aplicação do modelo facilitou a integração e análise da situação do estado do Paraná, indicando que em fevereiro de 2022 há uma demanda de 617,90 Mi m³ano⁻¹ em 20.456 captações por poços. Destes cadastros, teve-se o Saneamento como o maior consumidor em termos de volume anual captado no estado (311,43 Mi m³ano⁻¹ ou 50,4%), seguida pelo uso Industrial

(133,38 Mi m³ano⁻¹ ou 21,59%) e o Agropecuário (97,07 Mi m³ano⁻¹ ou 15,71%).

O estudo da quantidade de novos documentos emitidos indicou um aumento significativo de novas demandas pelo uso das águas subterrâneas nos últimos anos, principalmente para uso na Agropecuária (número de cadastros emitidos) e Saneamento (volume anual demandado). Essa situação traz desafios para a gestão, com o aumento das solicitações e do número de poços a serem fiscalizados e monitorados. O excesso de poços e usos também traz riscos à disponibilidade do recurso hídrico, com o aumento da vulnerabilidade dos mananciais a contaminações, além do rebaixamento dos níveis do lençol freático. Com o uso do relatório, pode-se avaliar essa situação para cada um dos municípios do estado, como demonstrado com a avaliação do município de Cascavel - PR.

As discussões analisadas e as conclusões desse estudo são derivadas de informações auferidas oficialmente, representando as condições de poços em situação legalizada. Entretanto, deve-se ressaltar a presença de muitos poços irregulares, que não são contemplados nessa pesquisa.

O uso de ferramentas de Inteligência de Negócios serve, portanto, como um facilitador no processo de identificação de padrões no uso do recurso hídrico subterrâneo. Ao estar associado a um banco de dados, esse é facilmente atualizado e sua programação facilita a análise de diferentes municípios e seus diferentes usos. Em conjunto, esse pode ser disponibilizado online para consulta pela sociedade e usuários, trazendo mais transparência e integração no processo de gestão dos recursos dos mananciais do estado.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. *Usos Consuntivos da água no Brasil (1931-2030)*. Brasília: ANA, 2019.

BORGES, V.; ATAHYDE, G.; REGINATO, P.; DUTRA, T. Vulnerabilidade e risco de contaminação das águas subterrâneas no município de Cascavel - PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017. [Anais...]. Florianópolis: ABRH, 2017

BRAGA, A.C.R.; GALVÃO, C.O.; REGO, J.C.; RIBEIRO, M.M.R. Avaliação de critérios para outorga de águas subterrâneas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22, 2017. [Anais...]. Florianópolis: ABRH, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997*. Institui a Política e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, 1997.

CASCADEL. *Plano municipal de saneamento básico do município de Cascavel* - PR. 1 ed. Cascavel, 2013. 121 p.

CHEN, J. et al. Remote sensing big data for water environment monitoring: current status, challenges, and future prospects.

Earth's Future, v. 10, n. 2, fev. 2022.
<https://doi.org/10.1029/2021EF002289>

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n.º 396, de 03 de abril de 2008*. Dispõe sobre a Classificação e Diretrizes Ambientais para o Enquadramento das Águas Subterrâneas e dá Outras Providências. Brasília, 2008.

CONAMA. *Resolução n.º 420, de 28 de dezembro de 2009*. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 2008.

CONDON, L. E. et al., Global Groundwater Modeling and Monitoring: Opportunities and Challenges. *Water Resources Research*, v. 57, n. 12, dez. 2021.
<https://doi.org/10.1029/2020WR029500>

CRAVERO, A. et al., Big Data architecture for water resources management: A Systematic Mapping Study. *IEEE Latin America Transactions*, v. 16, n. 3, p. 902–908, mar. 2018.
<https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8358672>

FOSTER, S.; CHILTON, J. Policy experience with groundwater protection from diffuse pollution – A review. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 23, p. 100288, jul. 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100288>

FOSTER, S.; VILLHOLTH, KAREN; SCANLON, B.; XU, Y. Water security & groundwater. *International Association of Hydrogeologists: Strategic Overview Series*, 2021. 7 p. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/116815>. Acesso em: 22 maio 2022.

GOHIL, J. et al., Advent of Big Data technology in environment and water management sector. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, 27 abr. 2021.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-14017-y>

HIRATA, R.; FOSTER, S. The Guarani Aquifer System – from regional reserves to local use. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, v. 54, n. 1, 15 jul. 2020.
<https://doi.org/10.1144/qjegh2020-091>

IAT - INSTITUTO DE ÁGUA E TERRA. *Dados de Outorgas Emitidas*. Curitiba: IAT, 2021. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/outorga/outorgas-emitidas>. Acesso em: 22 maio 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e Estados*. Paraná. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Online. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/>. Acesso em: 22 maio 2022.

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *Paraná em números*. Curitiba: IPARDES, 2021.

LALL, U.; JOSSET, L.; RUSSO, T. A Snapshot of the World's Groundwater Challenges. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 45, n. 1, p. 171–194, 17 out. 2020.
<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025800>

MADEIRA PONTES, M. D.; DUARTE PONTES, T. L.; DUTRA DE ANDRADE, R. A adoção de sistemas de Business Intelligence & Analytics na contabilidade de gestão por entidades da Administração Pública. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, v. 29, n. 1, p. 95–114, 30 mar. 2021.
<https://doi.org/10.18359/rfce.5273>

MARTINS, M.E; MARTINS, M.F; CRUZ, J.C; ROCHA, A.L.C 2018. Análise integrada da gestão de águas subterrâneas contaminadas com a Política de Recursos Hídricos: nuances legais e desafios In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 20., 2018. [Anais...]. São Paulo: ABAS, 2018.

MENEZES, J. P. C. DE et al., Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 173–186, jun. 2014.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000200008>

PARANÁ. *Lei Estadual 20.070, de 18 de dezembro de 2019*. Autoriza a incorporação do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná e do Instituto das Águas do Paraná, pelo Instituto Ambiental do Paraná, e dá outras providências. Curitiba, 2019.

PEIXINHO, F.C; MELLO, F.L. Business Intelligence - BI aplicado à gestão das águas subterrâneas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 17., 2012. [Anais...]. São Paulo: ABAS, 2012.

PINHATTI, A; HIRATA, R. Por que existem tantos poços irregulares no Brasil? In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 20., 2018. [Anais...]. São Paulo: ABAS, 2018.

SEMA - SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. *Plano Estadual de Recursos hídricos do Paraná*. Resumo executivo. Curitiba: SEMA, 2010, 57p.

SHUBO, T.; FERNANDES, L.; MONTENEGRO, S. G. An Overview of Managed Aquifer Recharge in Brazil. *Water*, v. 12, n. 4, p. 1072, 9 abr. 2020. <https://doi.org/10.3390/w12041072>

STINGHEN, C.; MANNICH, M. Diagnóstico de outorgas de captação e lançamento de efluentes no Paraná e impactos dos usos insignificantes. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 16, n. 1, p. 10–10, 19 ago. 2019.

<https://doi.org/10.21168/rega.v16e10>

SUDERHSA - Superintendência de Desenv. de Recursos Híbridos e Saneamento Ambiental. *Mapa de aquíferos do estado do Paraná*. Curitiba: SUDERHSA, 1998. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em: 22 maio 2022.

SUN, A. Y.; SCANLON, B. R. How can Big Data and machine learning benefit environment and water management: a survey of methods, applications, and future directions. *Environmental Research Letters*, v. 14, n. 7, p. 073001, 3 jul. 2019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1b7d>

SUN, Z.; SUN, L.; STRANG, K. Big Data Analytics Services for

Enhancing Business Intelligence. *Journal of Computer Information Systems*, v. 58, n. 2, p. 162–169, 4 out. 2016. <https://doi.org/10.1080/08874417.2016.1220239>

TRINDADE, L. D. L.; SCHEIBE, L. F. Water management: constraints to and contributions of brazilian watershed management committees¹. *Ambiente & Sociedade*, v. 22, 2019. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20160267r2vu2019|2ao>

WICKRAMASURIYA, R. et al., Using geospatial business intelligence to support regional infrastructure governance. *Knowledge-Based Systems*, v. 53, p. 80–89, nov. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.08.024>