

DOI: 10.33947/1981-741X-v22n2-5237  
**A COMPETÊNCIA DO MUNICÍPIO NA GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E A  
CONTRIBUIÇÃO DA HIDROGEOLOGIA URBANA****MUNICIPAL COMPETENCE FOR GROUNDWATER MANAGEMENT AND THE URBAN  
HYDROGEOLOGY CONTRIBUTIONS**Hermam Vargas Silva<sup>1</sup>, Didier Gastmans<sup>2</sup>, Pilar Carolina Villar<sup>3</sup>, Jose Paulo Peccinini Pinese<sup>4</sup>**RESUMO**

A Constituição Federal e a legislação infraconstitucional atribuíram ao município uma série de competências e atribuições que são fundamentais para promover a gestão dos aquíferos. O desenvolvimento territorial municipal altera a dinâmica do ciclo hidrológico em áreas urbanas, e conseqüentemente os aquíferos, comprometendo aspectos quali-quantitativos das águas subterrâneas, o que só pode ser corretamente avaliado por meio da hidrogeologia. Nesse sentido, o presente artigo pretende analisar o papel do município na proteção das águas subterrâneas, com base em suas competências e verificar quais as ações esse ente pode adotar para proteger os recursos hídricos subterrâneos com base no direito e com o suporte da hidrogeologia. A metodologia utilizada é a análise da literatura especializada e da legislação constitucional e infraconstitucional. Embora não tenha o domínio das águas subterrâneas, o município assume um papel de protagonismo na gestão dos aquíferos diante de sua competência administrativa “comum” em matéria ambiental e a “exclusiva” para organizar e prestar os serviços de *interesse local e promover o ordenamento territorial*, bem como a competência legislativa “exclusiva” em assuntos de interesse local e “supletiva”. Apesar de ser dotado desses poderes, e de instrumentos que permitam uma atuação destacada na proteção dos aquíferos, suas ações nesse ponto são deficientes e pouco usuais. A hidrogeologia fornece uma série de ferramentas e metodologias (cartografia, análise numérica, entre outros), cujos resultados podem ser acumulados e tratados por Sistemas de Informação Geográfica, que podem contribuir justamente para incentivar e orientar os municípios na adoção de políticas públicas destinadas a mitigar os impactos causados pelo desenvolvimento territorial aos aquíferos, principalmente nas áreas urbanas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Competência. Município. Gestão de águas subterrâneas. Hidrogeologia urbana.

**ABSTRACT:**

*The Federal Constitution and the infraconstitutional legislation have assigned to the municipality a series of competences and legal attributions that are fundamental to promote the management of groundwater. Municipal territorial development alters the dynamics of the hydrological cycle in urban areas, and consequently the aquifers, compromising qualitative and quantitative aspects of groundwater, which can only be correctly evaluated through hydrogeology. In this sense, this article intends to analyze the role of the municipality in the protection of groundwater, based on its competences and to verify what actions can be adopted to protect groundwater resources based on law and supported by hydrogeology. The methodology used is the analysis of specialized literature and constitutional and infraconstitutional legislation. Although it does not have the legal control of groundwater, the municipality plays a leading role in the management of aquifers in the face of its common administrative competence in environmental matters and the exclusive authority to organize and provide services of local interest and promote territorial planning, as well as legislative competence in matters of local and supplementary interest. In spite of being endowed with these powers, and of instruments that allow a prominent action in the protection of the aquifers, their actions in this point are deficient and unusual. Hydrogeology provides a series of tools and methodologies (cartography, numerical analysis, among others), whose results can be accumulated and treated by Geographic Information Systems, which can contribute precisely to encourage and guide municipalities in the adoption of public policies designed to mitigate the impacts caused by territorial development on aquifers, especially in urban areas.*

**KEYWORDS:** Legal competence. Municipality. Groundwater management. Urban hydrogeology.

<sup>1</sup> Av. Tiradentes, 202 apto 141 Maringá (PR), email: vargashermam@gmail.com

<sup>2</sup> Av. 24-A, 1515 Rio Claro (SP), email: didier.gastmans@unesp.br

<sup>3</sup> Av. Maria Máximo, 168 Ponta da Praia, email: pilar.villar@unifesp.br

<sup>4</sup> Caixa Postal 10011, Jardim Portal de Versalhes, email: pinese@uel.br

## INTRODUÇÃO

A manutenção da qualidade e da disponibilidade das águas subterrâneas é um aspecto chave para a segurança hídrica em vários municípios brasileiros. Diante dos serviços ambientais prestados por essas águas e da relação com o abastecimento público, à saúde humana, produção de alimentos e insumo do processo produtivo, os aquíferos assumem uma dimensão estratégica na garantia da segurança hídrica, ambiental, alimentar, econômica e social dos municípios. Seu papel tende a se tornar mais relevante diante do fenômeno das mudanças climáticas, já que essas águas são menos suscetíveis as alterações climáticas (Leitão, 2014). As águas subterrâneas são um bem social e do domínio técnico da hidrogeologia.

As atividades que ocorrem no território municipal e o desenvolvimento das cidades são causadores de impactos às águas subterrâneas. A construção da superfície urbana e a transformação do uso do solo alteram significativamente a dinâmica hídrica dos aquíferos e aumentam os riscos de contaminação, enquanto a concentração populacional e econômica geram uma demanda hídrica que pressiona por um uso dos aquíferos, em muitos casos de forma superior à recarga (Custodio, 2004; D'Avila; Gomez, 2011).

Apesar disso, a literatura científica concentra a sua análise no papel dos Estados e da União na gestão dos aquíferos, o que se explica diante da titularidade do domínio dessas águas e das controvérsias jurídicas envolvidas no caso dos aquíferos interestaduais e transfronteiriços ou das águas minerais (Camargo; Ribeiro, 2009; Bohn *et al.*, 2012).

O município não pode controlar a extração das águas subterrâneas, porém tem o poder de limitar e disciplinar o uso do solo, é o responsável pelo saneamento, pode legislar em matéria de interesse local e seus órgãos ambientais podem aplicar e fiscalizar os instrumentos de gestão ambiental e hídrica. Portanto, uma atuação municipal voltada para as águas subterrâneas pode contribuir sensivelmente para a proteção do recurso (Villar, 2008). Contudo, ao contrário das águas superficiais onde as consequências do seu uso podem ser facilmente percebidas, os processos que ocorrem nos aquíferos são invisíveis aos olhos. Diante de sua natureza oculta, aportar a hidrogeologia para a gestão municipal é fundamental para a manutenção da qualidade e quantidade do recurso.

Nesse sentido, o presente artigo pretende analisar o papel do município na proteção das águas subterrâneas, com base em suas competências e verificar que ações esse ente pode adotar para proteger os recursos hídricos subterrâneos com base no direito e com o suporte da hidrogeologia. Para atingir esse objetivo, foram analisadas as competências do município na gestão das águas e do solo, bem como seu papel na transformação da hidrogeologia e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico em áreas urbanas, com enfoque nas águas subterrâneas. Por fim, com base na hidrogeologia, se apresentam estratégias e ferramentas que podem ajudar os municípios a promover uma melhor gestão dos aquíferos.

A metodologia utilizada para se alcançar o objetivo proposto passou pela análise da literatura especializada e da legislação constitucional e infraconstitucional, com destaque a Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938/1981, Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997, e a Política Nacional de Saneamento, Lei nº 11.445/2007.

**AS COMPETÊNCIAS DOS ENTES ADMINISTRATIVOS E OS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS – REVISÃO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA**

Segundo Silva (1996), a competência pode ser definida como “a faculdade juridicamente atribuída a uma entidade, órgão, agente do Poder Público para emitir decisões ou indicar as diversas modalidades de poder de que se servem os órgãos, ou entidades estatais, para realizar suas funções”.

A competência em matéria de recursos hídricos se concentra na União e nos Estados, isso se justifica pela relevância da matéria e da distribuição do domínio das águas, que se dividem entre esses dois entes. Porém, por conta de sua natureza jurídica e conexão com outras áreas (planejamento territorial, ambiente, saneamento, desenvolvimento, etc.), esse recurso se torna também alvo da atuação municipal e de suas competências correlatas.

Os artigos 20, III e 26, I da Constituição Federal (doravante denominada CF), em conjunto com o art. 1º, I da Lei nº 9.433/1997 definiram a água como um bem de domínio público. Contudo, a interpretação de domínio público deve ser ampliada à luz do artigo 225 da CF, o qual estabeleceu que o meio ambiente constitui um bem de uso comum do povo. Esse conceito não elimina a percepção de bem público, mas amplia sua interpretação, pois cria uma nova categoria de bem, que extrapola a divisão clássica de bem público ou privado, prevista no artigo 98, do Código Civil, Lei nº 10.406/2002. Portanto, a ideia de domínio público das águas deve ser interpretada em conjunto com o artigo 225 da CF e o artigo 81, do Código de Defesa do Consumidor, Lei nº 8.078/1990, que definiu a natureza jurídica dos bens de uso comum (Yoshida, 2007; Fiorillo, 2018).

Os bens ambientais, nos quais se inclui a água, são bens difusos e de uso comum do povo. Esses bens pertencem a toda a coletividade e podem ser usufruídos por toda e qualquer pessoa desde que respeitados os limites jurídicos. Dessa maneira, o bem ambiental não pertence ao Poder Público ou ao particular, todos são titulares desse direito, remetendo a uma coletividade de pessoas indefinidas, o que lhe dá uma característica de transindividualidade (Yoshida, 2007, Fiorillo, 2018).

Portanto, quando a CF, nos artigos 20, III e 26, I, divide o domínio das águas entre União e Estados, ela faz referência a uma manifestação de soberania, não devendo ser confundida com a noção de patrimônio público como ocorre com os bens públicos tradicionais (bens dominicais ou de uso especial). Com base nessa nova natureza jurídica do bem ambiental, o Poder Público não é proprietário, mas sim o gestor dos bens ambientais, sendo o responsável pela sua administração (Camargo; Ribeiro, 2009).

Diante dessa característica, a CF e a legislação infraconstitucional determinaram as competências, responsabilidades e obrigações de cada um dos entes federativos em relação as águas e suas dimensões relacionadas. Cada um dos entes administrativos, União, Estados, Município e Distrito Federal, possuem capacidades específicas em relação as águas.

O artigo 22, IV, da CF, (BRASIL, 1988) atribuiu a competência privativa da União para legislar sobre águas. Porém, isso não significa que apenas a União possa editar normas sobre o tema, pois a CF também estabeleceu a competência concorrente (art. 24) e a comum (art. 23), bem como colocou parte dos recursos hídricos sob domínio dos Estados (Camargo; Ribeiro, 2009). Além disso, atribuiu aos municípios a

competência exclusiva para promover o ordenamento territorial municipal e os serviços locais, bem como legislar sobre assuntos de interesse local.

Dessa maneira, a ideia de competência privativa prescrita no artigo 22, IV, se restringe à criação do direito de águas, que pode versar sobre:

“Domínio de álveos, aluvião, avulsão, álveo abandonado, retorno das águas ao leito anterior, mudança de curso, direito dos ribeirinhos, garantias de uso gratuito, direito de acesso às águas, inalienabilidade das águas, condições de obrigatoriedade dos prédios inferiores receberem águas que correm dos superiores, desvio das correntes, curso das águas nascentes, hierarquia de uso das águas públicas e multas e sanções sobre a desobediência a várias dessas disposições” (Pompeu, 2006, p. 47).

A competência para estabelecer o direito de águas pertence à União, contudo, se a capacidade de legislar em matéria de águas se referir a vertente ambiental ou ao poder de editar normas administrativas para os bens que estão sob o domínio de um determinado ente, se utiliza como referência a ideia de domínio das águas (art. 20 e 26), o qual obriga ao seu detentor o dever de administrar seus bens, bem como os artigos 23 e 24 da CF, que tratam, respectivamente, da competência comum e concorrente (Granziera, 2003; Pompeu, 2006; Camargo; Ribeiro, 2009).

O artigo 26, inciso I, da CF determina que se incluem entre os bens dos Estados “as águas [...] subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito”. O domínio estadual das águas subterrâneas garantiu aos Estados o poder-dever de geri-las, portanto, esses entes podem editar normas administrativas para esse fim. Por não possuir o domínio, a União não poderia editar normas específicas para administrar as águas subterrâneas, embora possa estabelecer normas gerais, como por exemplo, a exigência de outorga para a exploração dos recursos hídricos subterrâneos.

Não há águas de domínio municipal, logo os municípios não possuem capacidade de editar normas administrativas para sua gestão, porém detêm competência exclusiva para legislar sobre assuntos de interesse local e promover o ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano (art. 30, I e VIII da CF), bem como, detêm competência para administrar serviços públicos que se relacionam com essas águas, como é o caso do abastecimento público de água.

O artigo 24 da CF prescreve que compete, concorrentemente, a União, aos Estados e ao Distrito Federal elaborar leis sobre florestas, caca, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição, o que claramente inclui a salvaguarda das águas na perspectiva da qualidade ambiental. Dessa maneira, o Estado, com base nas regras gerais emitidas pela União, destaque para a Lei Federal nº 9.433/1997, estão autorizados por meio da competência concorrente a estabelecer normas específicas para os recursos hídricos que estão sob seu domínio.

Além disso, o art. 23, incisos VI e XI, da CF, atribui a União, Estados, Distrito Federal e Município a competência comum de “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” e “registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios”. Para realizar esse poder-dever em relação aos recursos hídricos, os Estados e Municípios precisam editar normas que vão dar sustentação a sua atuação pública. No caso dos

municípios, a edição de normas de cunho ambiental para os recursos hídricos com base na competência comum só se justifica se fundamentada na ideia de interesse local diante da necessidade de organizar o ordenamento territorial, ou ainda quando tratarem de questões relacionadas aos serviços públicos de interesse local de sua competência, como é o caso do saneamento (Pompeu, 2006).

Percebe-se que em matéria ambiental vigora um regime de multiplicidade e sobreposição de esferas de atuação. Observa-se na leitura do artigo 225 da CF, que se impõe ao Poder Público e a toda a coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado. Logo, a leitura do artigo 22, IV da CF, deve se dar em conjunto com os outros tipos de competência, sempre observando o artigo 225 da CF.

Sendo assim, os Estados podem baixar normas administrativas para a gestão das águas que se encontram sob seu domínio, observando os critérios determinados nas regras gerais editadas pela União, bem como podem criar normas ambientais destinadas a protegê-las. Contudo, não podem criar normas de direito de águas. Além disso, podem exercer a competência suplementar na ausência de lei federal. Da mesma maneira, os municípios, embora não sejam titulares do domínio das águas, podem ter um papel destacado na proteção das águas, conforme se verificará no próximo item (Aguinaga, 2007).

## **A COMPETÊNCIA DOS MUNICÍPIOS EM MATÉRIA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

A CF ampliou consideravelmente a responsabilidade do município ao elevá-lo a categoria de ente federativo, o que conferiu autonomia política, jurídica, administrativa e financeira (Santos, 2012). Esse processo veio acompanhado de uma descentralização de recursos e atribuições, dando aos municípios diversas obrigações e competências e um papel de destaque nos mecanismos de coordenação federativa. Nesse contexto, a Constituição atribuiu as seguintes competências relacionadas às águas (Granziera, 2003; Pompeu, 2006):

- Competência administrativa exclusiva para organizar e prestar os serviços públicos de interesse local [...] e promover o ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano (vide art. 30 da CF);
- Competência administrativa comum em matéria ambiental, o que permite que tenham ações destinadas a proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; preservar as florestas, a fauna e a flora; promover a melhoria das condições de saneamento básico; registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (vide art. 23 da CF);
- competência legislativa exclusiva em assuntos de interesse local (art. 30, I, da CF);
- competência legislativa supletiva que permite aos municípios suplementar a legislação federal e estadual (art. 30, II, da CF).

Com base nessas competências, a legislação infraconstitucional ampliou o leque de obrigações conferidas aos municípios. O quadro 1 pretende apresentar as principais atribuições dos municípios relacionadas as águas.

**Quadro 1: Competências Municipais relacionadas às águas.**  
*Table 1: Municipal competencies related water.*

Competência do Município	Base Legal
Organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, nos quais se inclui os serviços de saneamento: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas	artigo 30, inciso V da CF e Lei 11.445/2007.
Promover o ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano (art. 30, VIII), podendo utilizar todos os instrumentos previstos na Lei 10.257/2002, com especial ênfase ao plano diretor, ao zoneamento municipal e a criação de espaços territoriais protegidos	art. 182 da CF e Lei Complementar 140/2011, art. 9º, IX e X
Proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas	Art. 23, VI da CF, Lei Complementar 140/2011.
Executar e fazer cumprir no município as políticas nacionais, estaduais e municipais relacionadas à proteção do meio ambiente, exercendo a gestão dos recursos ambientais no âmbito de suas atribuições.	Lei Complementar nº140/2011, art. 9º, I, II e III).
Promover a integração de programas e ações de órgãos e entidades da administração pública federal, estadual e municipal, relacionados à proteção e à gestão ambiental no município.	Lei Complementar nº 140/2011, art. 9º, IV
Promover o desenvolvimento de estudos e pesquisas direcionados à proteção e à gestão ambiental, divulgando os resultados obtidos.	Lei Complementar nº 140/2011, art. 9º, VI
Organizar e manter o Sistema Municipal de Informações sobre Meio Ambiente e prestar informações aos demais entes.	Lei Complementar nº 140/2011, art. 9º, VII e VIII
Promover e orientar a educação e conscientização pública ambiental.	Lei Complementar nº 140/2011, art. 9º, XI
Promover o licenciamento ambiental das atividades ou empreendimentos de impacto ambiental de âmbito local, conforme tipologia definida pelos respectivos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente, considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade; ou localizados em unidades de conservação instituídas pelo Município, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs).	Lei Complementar nº 140/2011, art. 9º, XIV
Fiscalizar o cumprimento das normas ambientais por meio dos órgãos ambientais municipais	Art. 23, VI da CF e Lei Complementar 140/2011, art. 17, § 3o
Participar da composição dos Comitês de Bacia	Art. 3º da Lei 9.433/1997
Promover a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estadual de recursos hídricos.	Art. 31 da Lei 9.433/1997
Formular a política pública de saneamento básico e prestar diretamente ou por delegação os serviços de saneamento, definindo o ente responsável pela regulação e fiscalização, bem como os seus procedimentos.	Art. 9º da Lei 11.445/2007
Elaborar os planos de saneamento básico de forma compatível com os planos de bacia	Art. 9º e 19 da Lei 11.445/2007
Realizar a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos seus respectivos territórios	Art. 10 da Lei 12.305/2010
Contribuir de forma conjunta com a União e Estados para a manutenção e organização do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sijit), fornecendo as informações necessárias sobre os resíduos sob sua esfera de competência.	Art. 12 da Lei 12.305/2010
Elaborar os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos,	Art. 18 da Lei 12.305/2010
Fornecer no âmbito de sua competência as informações solicitadas pela coordenação do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária.	Art. 2º da Lei 9.782/1999
Exercer a vigilância da qualidade da água, em articulação com os responsáveis pelo controle da qualidade da água para consumo humano e inspecionar a qualidade da água no sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento.	Portaria MS de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, Art. 12, I e III
Garantir informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde	Portaria MS de Consolidação nº 5/2017, art. 12, V e VI
Executar as diretrizes de vigilância da qualidade da água para consumo humano definidas no âmbito nacional e estadual	Portaria MS de Consolidação nº 5/2017, art. 12, VIII

Organizado pelos autores.

Da observação do quadro 1, percebe-se que o município assume um papel de protagonismo em relação as águas subterrâneas, possuindo atribuições para a execução da política de ordenamento territorial, ambiental, saneamento e da vigilância sanitária. Do ponto de vista ambiental, o município pode controlar e fiscalizar atividades poluidoras e o cumprimento da legislação ambiental, bem como, implementar políticas públicas para incentivar a conservação de determinados espaços ambientais ou a educação ambiental. Além disso, assume a responsabilidade pelo levantamento de dados e promoção do conhecimento ambiental e, pode legislar sobre assuntos de interesse ambiental local.

A Lei Federal nº 10.257/2001, ao promover o planejamento e controle do uso e ocupação do solo urbano, deixou clara a conexão entre desenvolvimento territorial local e meio ambiente. Essa norma garantiu que o município tivesse a sua disposição uma série de instrumentos dedicados a promover uma política urbanística compatível com as particularidades ambientais podendo-se destacar os planos diretores, o zoneamento ambiental e a criação de espaços territoriais protegidos (Carvalho; Braga, 2001). A proteção dos aquíferos demanda restrições ao uso e ocupação do solo que é uma competência municipal e pode ser exercida por meio da aplicação desses instrumentos de direito urbanístico.

Além disso, esse ente é o responsável pelo saneamento, seja diretamente ou por meio de concessão, portanto pode negociar cláusulas de prestação do serviço que incluam as questões ambientais

e hídricas. As águas subterrâneas têm um papel fundamental no abastecimento público, pois constituem a única fonte disponível para esse fim em quase 40% dos municípios brasileiros (Ana, 2010; Villar, 2016), bem como contribuem para garantir a segurança hídrica nos sistemas mistos (águas superficiais mais as águas subterrâneas). Portanto, beneficiam de forma direta e indireta cerca de 90 milhões de habitantes, em 2.917 municípios, seja como fonte exclusiva ou pela composição dos volumes nos sistemas mistos (Ana, 2010; Villar, 2016). A maioria dessas cidades possui menos de 50 mil habitantes e são considerados pequenos municípios (Ana, 2010).

Outra atribuição que lhe compete correlacionada ao saneamento é o controle da qualidade da água distribuída à população por meio da vigilância sanitária.

As ações do município no sentido de compatibilizar suas atribuições (gestão do solo, saneamento, ambiente ou sanitárias) com a gestão dos aquíferos demandam uma base técnica que oriente o processo de tomada de decisão, bem como o desenho, aplicação e avaliação das políticas públicas dedicadas ao recurso. A hidrogeologia é fundamental nesse processo, principalmente porque o processo de uso e ocupação territorial altera significativamente o funcionamento dos aquíferos.

## **A HIDROGEOLOGIA URBANA COMO UM MEDIADOR TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO MUNICIPAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Diante do exposto, resta claro que o município, mesmo não possuindo o domínio das águas subterrâneas, apresenta uma série de obrigações relacionadas à proteção do recurso, bem como, em muitos casos depende dele para garantir água aos seus habitantes, tarefa cada vez mais difícil diante da concentração populacional, degradação das reservas hídricas e alterações nos regimes de chuvas associadas as mudanças climáticas.

Nesse contexto, a hidrogeologia, entendida como o ramo da hidrologia que estuda as águas subterrâneas, é fundamental para compreender o comportamento dos aquíferos e sua interação com o uso que se dá ao solo e águas superficiais no contexto do meio ambiente urbano. Deve-se considerar que o desenvolvimento territorial ocorrido especialmente, no último século, vem transformando a paisagem natural, promovendo drásticas alterações no ciclo hidrológico (Feitosa *et al.*, 2008).

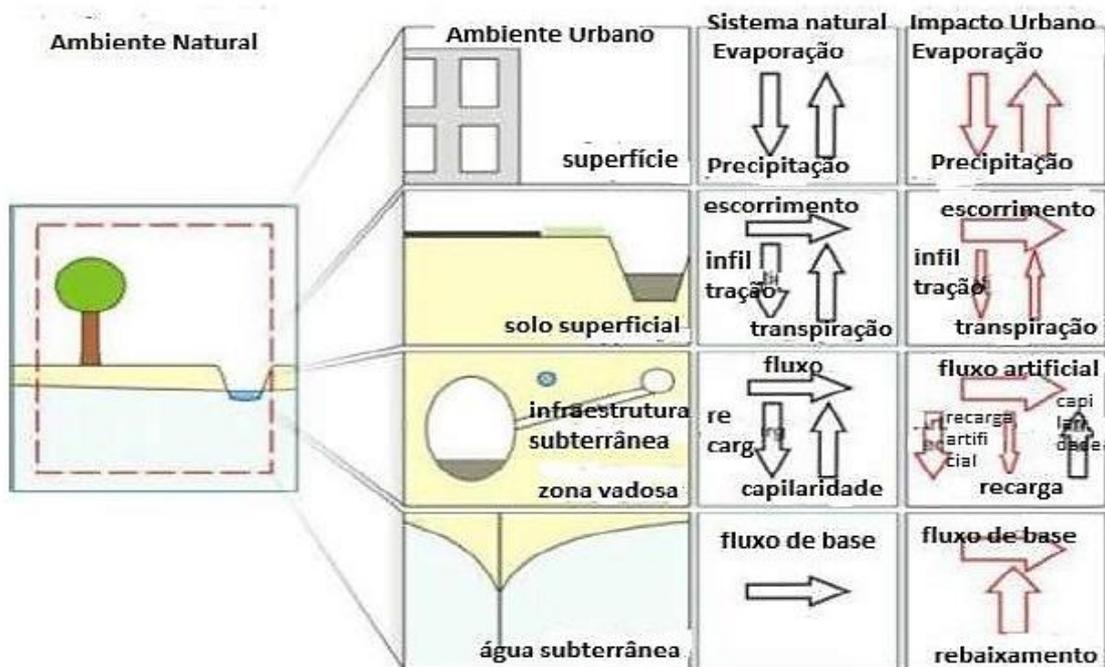
A diversidade de usos que se dá no solo do município é capaz de promover a alteração dos sistemas ambientais trazendo o desafio de se manter a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas. Esse processo se dá de forma mais intensa nas áreas urbanas diante da relevância das alterações territoriais promovidas nesse espaço, que incluem usos residenciais, industriais, comerciais, bem como os associados à construção da infraestrutura urbana e espaços públicos. Nesse contexto, a hidrogeologia urbana visa justamente analisar como os processos e atividades urbanas impactam os aquíferos e buscar formas de mitigar e monitorar tais impactos, podendo contribuir para o desenho de melhores práticas de gestão municipal e um uso mais eficiente dos instrumentos de direito urbanístico (Custodio, 2004; D'Avila, Gomez, 2011).

O uso intenso, a impermeabilização do solo e a contaminação dos aquíferos alteram as condições de fluxo da água no ciclo hidrológico, especialmente a hidrogeologia natural do aquífero. Os fluxos que podem ser alterados pela implantação do meio urbano serão: a evaporação, o fluxo superficial e por

consequência, o fluxo de base da água subterrânea (Figura 1). Por outro lado, haverá modificação do fluxo na sua recarga e nas franjas capilares (Schirmer; Leschik; Musolff, 2013). A figura apresentada trás varias informações importantes para a avaliação do fluxo da água no meio urbano; a que se realçar o escoamento e a infiltração que atualmente são mal calculadas; por outro lado, a existência ou não de fluxo artificial para recarga do aquífero (livre ou confinado) e as alterações no fluxo de base dos rios, com as consequentes alterações dos níveis dinâmicos dos poço tubulares.

**Figura 1:** Impacto urbano sobre o ciclo das águas. As flechas vermelhas indicam fluxos de água que foram modificados ou introduzidos pela urbanização.

*Figure 1: Urban impact on the water cycle. Red arrows indicate water flows that have been modified or introduced by urbanization.*



**Fonte:** Modificado de Schirmer; Leschik; Musolff (2013).

A introdução da estrutura urbana, por meio do revestimento das superfícies e de equipamentos de infraestrutura, como por exemplo, as redes de distribuição de água e de coleta de esgotos podem provocar alterações no meio natural. Enquanto a superfície impermeabilizada aumenta naturalmente o escoamento superficial, reduzindo a infiltração para o solo, alterando o ciclo natural de evaporação e precipitação, estruturas subterrâneas podem produzir vazamentos de efluentes e comprometer a qualidade da água que infiltra no solo, aumentando o risco de sua contaminação. Por outro lado, vazamentos de redes de água irão de alguma forma induzir a recarga dos aquíferos. Assim, a mudança do ciclo hidrológico em áreas urbanizadas pode interferir na recarga do aquífero, nos fluxos superficiais, alterando o fluxo de base, que alimenta os rios (Custodio, 2004).

As diversas atividades exercidas nas áreas urbanas, sociais e econômicas, necessitam de água como insumo básico, aumentando o consumo de água subterrânea, seja para prover o abastecimento, seja



**Figura 3:** Mostra as relações entre a água subterrânea e a urbe.  
**Figure 3:** Shows the relationships between groundwater and the city.



Fonte: Modificado de Custodio (2004).

A utilização racional das águas subterrâneas nos municípios depende da observação de alguns parâmetros, como a recarga e a capacidade de armazenamento do aquífero, caso contrário poderá ocorrer o rebaixamento do nível freático, causando a compactação do reservatório, com perda dos poços produtores, chegando até na subsidência do terreno (Cao; Han; Moser, 2013).

No processo de uso e ocupação do solo deve-se levar em consideração o mapeamento das principais fontes de contaminação instaladas e potenciais, para a criação dos elementos administrativos que permitam a proteção das áreas mais vulneráveis. Portanto, o ente municipal necessita buscar formas de investigar as condições hidrodinâmicas do aquífero para o seu manejo, preservação e, investigar as possibilidades de alterações que as novas áreas urbanizadas vão causar (Llamas; Custodio, 2001).

### ações dos municípios para o gerenciamento das águas subterrâneas

A alteração decorrente do processo de urbanização nos aquíferos faz com que os municípios tenham a obrigação jurídica de buscar a sustentabilidade das águas subterrâneas. Sem políticas de disciplinamento do uso e ocupação do solo, não há como integrar a gestão territorial e hídrica no âmbito das bacias hidrográficas (Pizella, 2015). Além disso, os municípios tem um interesse direto na proteção das águas subterrâneas, já que elas garantem, em muitos casos, a principal fonte hídrica para as redes de abastecimento público (Villar, 2016). Diante do sistema ambiental criado pela legislação brasileira, a sustentabilidade hídrica e ambiental é formada por uma série de questões que influenciam a forma como a União, Estados e Municípios promovem a gestão hídrica e do solo. Neste sentido, Kemper (2004) entende que: “a intensificação do uso do solo e os riscos decorrentes, fazem que seja necessário encontrar modelos de ação, que estimulem um maior envolvimento dos entes públicos, sendo necessária a sua capacitação para que atuem como guardiões da água subterrânea”.

A Lei nº 10.257/2001 estabelece uma série de instrumentos para ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana. No caso da integração política hídrica e de ordenamento territorial se destacam dois instrumentos específicos, os planos diretores e o zoneamento municipal. O Plano Diretor, que tem como objetivo orientar o uso e ocupação do solo urbano. Nesse

processo de planejamento, esse instrumento se relaciona com os Planos de Bacia e a gestão hídrica, pois o planejamento territorial municipal deve considerar as condições ambientais do município, garantindo usos conformes a vulnerabilidade dos aquíferos (Machado, 2013). Por sua vez, o zoneamento municipal permite delimitar geograficamente áreas territoriais nas quais vigorem “regimes especiais de uso, proteção e fruição da propriedade” em virtude de suas condições ambientais (Ministério do Meio Ambiente, 2018).

Com esta visão, e para que os recursos hídricos venham a ser protegidos e utilizados de maneira sustentável, é necessário que o município assuma um papel de destaque no gerenciamento dos recursos hídricos de forma cooperativa com o Estado e União, que são os titulares do domínio das águas. O governo municipal assume o papel de principal aplicador das diretrizes relacionadas ao planejamento territorial da política hídrica, pois é a autoridade responsável por aplicar a gestão hídrica no âmbito local, tornando-se o interlocutor com a sociedade, regulando ações coletivas e individuais, públicas e privadas, que vão ocorrer no seu território para um crescimento urbano planejado e ordenado e compatível com a proteção das águas (Carneiro *et al.*, 2002).

Diante da intrínseca relação água e solo no caso dos aquíferos, o município tem um papel de destaque na gestão das águas subterrâneas. Infelizmente, a inclusão da proteção dos aquíferos como uma condicionante do processo de urbanização nos instrumentos jurídicos urbanos deixa a desejar. Apesar disso, se percebe o início de uma preocupação do legislativo municipal e da sociedade em relação a estabelecer mecanismos de proteção para essas águas. Municípios como, Poá, Tietê e Ribeirão Preto têm buscado a cooperação de órgãos técnicos estaduais para entender melhor a relação entre a dinâmica urbana e dos aquíferos (Varnier; Oda; Iritani, 2006).

Dessa aliança, entre a hidrogeologia urbana e o direito tem proporcionado algumas experiências de planejamento urbano municipal que buscam incorporar a relação águas subterrâneas e uso do solo, ainda que sua aplicação prática apresente dificuldades. Por exemplo, o município de Poá incluiu entre suas ações estratégicas da política municipal o mapeamento e cadastro dos poços tubulares (art. 109, XII da Lei Complementar nº 3.201/2006).

Já o município de Ribeirão Preto declarou a área de recarga do aquífero Guarani como Zona de Uso Especial – ZUE impondo restrições à ocupação, aos usos permitidos e aos índices urbanísticos como forma de garantir a recarga e a qualidade das águas do recurso (arts. 56, I, b; 67, II, IX, XI da Lei Complementar 2.866/2018), bem como, trouxe como diretriz a adoção de sistemas de drenagem associados a técnicas de recarga artificial nos parcelamentos do solo implantados nas áreas de recarga (art. 53, § 4).

Por sua vez, em decorrências de estudos técnicos (Aguinaga, 2007), o município de Manaus incluiu como uma condicionante para a estruturação do seu espaço urbano a proteção das áreas de recarga dos lençóis de águas subterrâneas (art. 62, IV da Lei Complementar nº 2/2014). Percebe-se que o conhecimento técnico contribui para fomentar ações específicas para os aquíferos no âmbito municipal.

Assim, o município pode e deve incluir ações concretas para a proteção dos recursos hídricos subterrâneos como o estabelecimento de restrições ao uso e ocupação das áreas de recarga, programas para o incentivo da recarga ou uso mais sustentável dos aquíferos, cadastros de poços ou de fontes poluidoras, etc. Além disso, por ser a entidade administrativa local que tem a melhor dimensão sobre os

processos que ocorrem no seu território, ela tem um papel importante na aplicação e fiscalização do cumprimento das leis sobre as águas subterrâneas (Andrade, 2011; Stanger; Stefano, 2013).

## **A APLICAÇÃO DA HIDROGEOLOGIA NA GESTÃO MUNICIPAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DOS SISTEMAS DE GEORREFERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES**

Como visto anteriormente, o município tem um papel importante na gestão dos recursos hídricos subterrâneos, possuindo competências e instrumentos legais que podem ser utilizadas para garantir a proteção das águas subterrâneas. Por isso, o município pode e deve atuar em uma série de atividades que promovam a proteção das águas subterrâneas, como: a) estabelecer restrições ao uso e ocupação do solo, especialmente nas áreas de recarga; b) fiscalizar os critérios para perfuração de poços tubulares destinados ao saneamento; c) fiscalizar o cumprimento do perímetro de proteção dos poços, se houver previsão na lei estadual; d) se inexistente na lei estadual, com base na competência complementar o município pode estabelecer perímetros de proteção de poços; e) exigir que se atendam as obrigações técnicas relacionadas às águas subterrâneas (monitoramento, outorga, perímetro de proteção do poço - PPP, entre outras) nos contratos de prestação de serviço de saneamento; f) exigir ações específicas para as águas subterrâneas nos contratos de prestação de serviços de saneamento, tais como criação de zonas de recarga ou pagamento por serviços ambientais aos proprietários rurais que possuam vegetação em áreas de recarga; g) criar unidades de conservação para a proteção das áreas de recarga dos aquíferos; h) propor adoção de técnicas compatíveis com as características hidrogeológicas locais e instrumentos que garantam a sua adoção, como por exemplo sistemas de recarga artificial em parcelamentos de solo, taxas de drenagem ou tecnologias que permitam a manutenção da permeabilidade do solo; i) instituição de cadastros municipais de poços ou redes municipais de monitoramento; ou ainda, j) impor programas de monitoramento de todas estas situações (Souza, 2006; Souza, 2010).

A implementação dessas ações deve ser embasada em conhecimento hidrogeológico local, auxiliar no desenvolvimento das ferramentas técnicas de ordenamento e controle, acima elencadas e que tornem o gestor municipal habilitado para a realização das atividades mencionadas no âmbito político-institucional (Foster, 2009). Nesse sentido, a hidrogeologia pode contribuir, por meio de levantamentos que permitam:

- Mapeamento das vazões retiradas e as variações dos níveis piezométricos e os riscos relacionados a vulnerabilidade natural do sistema;
- Avaliação das prováveis vazões, níveis de sustentabilidade e dos riscos associados as retiradas acima das possibilidades oferecidas pelo aquífero;
- Avaliação da subsidência do terreno pela ação da variação do nível piezométrico;
- Controle do abandono de poços;
- Controle sobre a infiltração de efluentes e águas servidas;
- Controle sobre a qualidade pelo uso de fertilizantes e pesticidas;
- Procedimentos para recarga dos aquíferos no meio urbano, que são um dos aspectos mais difíceis, pois são afetados pelas ocupações (uso do solo), das superfícies impermeáveis e dos solos compactados.

A hidrogeologia pode produzir informações que contribuiriam para a formulação dessas ferramentas de gestão, de forma a apoiar sua inclusão pelos municípios no ordenamento territorial, nos contratos de prestação de serviços de saneamento ou nos programas de incentivo por pagamentos de serviços ambientais ou ainda na educação e conscientização de usuários e sociedade sobre os aquíferos.

Além disso a partir do conhecimento hidrogeológico é possível se estabelecer um modelo conceitual, que permita a criação de um conjunto de avaliações e de estimativas sobre suas características e seu funcionamento hidráulico. Cada estimativa corresponde a um cenário, que pode ser integrado a outro, com o propósito de determinar o uso atual ou prever sua evolução futura no tocante ao recurso subterrâneo (Vázquez-Suñé; Sánchez-Vila, 1999; Vázquez-Suñé *et al.*, 2010). Esse tipo de informação é estratégica quando se pensa no dever municipal de garantir a água de qualidade para seus habitantes, especialmente em um contexto de alta variabilidade climática e progressiva deterioração das reservas hídricas.

Desses métodos de agregar e gerenciar informações se destaca o SIG (Sistema de Informação Geográfica) como forma de gerenciar as informações acumuladas pelos diversos meios de análise hidrogeológica, e com isso aumentar a eficiência da gestão municipal. O SIG permite que se elabore um banco de dados que dê suporte à criação dos produtos acima listados, bem como se identifiquem as áreas prioritárias para a atuação política. O georreferenciamento dos poços, suas características hidráulicas e geológicas, as informações hidrodinâmicas dos aquíferos, dentre outras, permitirão a junção das informações técnicas do meio físico e a construção de uma visão tridimensional, fundamental para a gestão do recurso hídrico subterrâneo (Cabral; Demétrio, 2008), concebendo o entrelaçamento dos dados de superfície com os subterrâneos, caracterizando as suas relações com as atividades antrópicas promovendo simulações para cenários futuros de qualidade e quantidade das águas subterrâneas.

A criação de SIG como suporte a gestão municipal das águas subterrâneas são comuns em várias cidades do mundo, especialmente na Europa. Como exemplo, a cidade de Barcelona (Espanha) em 1995, criou um modelo matemático que é usado pelas autoridades para o processo de tomada de decisão (Vázquez-Suñé; Sánchez-Vila, 1999). A cidade do Porto (Portugal) também utiliza uma ferramenta em SIG para a gestão das suas águas subterrâneas (Carneiro; Carvalho, 2010). Da mesma maneira, Bucareste (Romênia) também apresenta uma plataforma de SIG para a gestão das suas águas subterrâneas (Gaitanaru *et al.*, 2016).

A difusão deste método de agregar e gerenciar informações como forma de fundamentar as ações políticas municipais se justifica diante da possibilidade de construir modelos que permitam uma melhor compreensão dos usos e conflitos relacionados com a interação de água e uso do solo. Dessa forma, contribuem para auxiliar a administração (tanto do estado, como do município) a estabelecer uma política de gestão dos recursos hídricos subterrâneos para o longo prazo, bem como contribuem para envolver a sociedade no processo de tomada de decisão das políticas hídricas (Frances; Paralta, 2011; Rosseto *et al.*, 2017; Rosseto, 2016).

## CONCLUSÕES

A repartição de competências, promovida pela CF e a legislação infraconstitucional, garantiram ao município um papel de destaque na gestão das águas subterrâneas, mesmo que esse ente não possua o domínio desse recurso, que pertence aos Estados. A competência administrativa comum em matéria ambiental e a exclusiva para organizar e prestar os serviços de interesse local e promover o ordenamento territorial, bem como a competência legislativa exclusiva em assuntos de interesse local e supletiva impõem aos municípios uma série de obrigações ligadas à proteção dos aquíferos, especialmente no tocante a conformação de suas políticas de ordenamento territorial, proteção ambiental, saneamento e vigilância sanitária.

Apesar de o município ser dotado de uma série de competências correlatas com a gestão das águas subterrâneas e possuir instrumentos que permitam uma atuação destacada na proteção dos aquíferos, suas ações nesse ponto são deficientes e pouco usuais. A hidrogeologia pode contribuir justamente para incentivar e orientar os municípios na adoção de políticas públicas destinadas a mitigar os impactos causados pelo desenvolvimento territorial aos aquíferos, principalmente nas áreas urbanas.

O conhecimento hidrogeológico permite que os instrumentos de direito urbanístico, com destaque aos planos diretores e zoneamento ambiental, incorporem de forma fundamentada a gestão dos aquíferos como uma de suas metas, por exemplo, como ocorreu no município de Ribeirão Preto. Além disso, permite a formação de redes de monitoramento que congreguem dados dos usuários e promovam um uso mais eficiente do recurso ou ainda, ajudem a estabelecer prioridades de atuação e fiscalização por parte dos órgãos municipais. Assim as ferramentas da hidrogeologia permitem incluir a gestão dos aquíferos na formulação das políticas municipais de uso e ocupação do solo e nas regras para a prestação dos serviços de saneamento básico, bem como contribuem para uma melhor fiscalização do uso e ocupação do solo ou no cumprimento da legislação de uso das águas subterrâneas, e podem estimular a criação de unidades de conservação para proteger as áreas de recarga.

A hidrogeologia é capaz de fornecer informações importantes que podem embasar os instrumentos jurídicos de proteção, uma vez que podem ser analisados conjuntamente com informações acerca da utilização do espaço pelos municípios na forma de SIGs, como métodos de agregação de informação técnica e desta, maneira manipulam a integração dos dados e sua espacialização facilitando a compreensão dos usos e conflitos relacionados à água e ao uso do solo, contribuindo para o engajamento da sociedade e usuários no processo de gestão.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de estudos proporcionada para a realização deste trabalho. Ao CNPq (310.608/2017) e à Fundação Araucária do Estado do Paraná, Brasil, pelo suporte financeiro por meio dos projetos do Convênio CNPq/Fundação Araucária: 61.0088/06-8 e Convênio Fundação Araucária/Uel: 063/08. Também dos projetos da Fundação Araucária do Estado do Paraná 15.880,19.733 e 25.247.



CAO, G.; HAN, D.; MOSER, J. Groundwater exploitation management under land subsidence constraint: Empirical evidence from the hangzhou-jiaxing-huzhou plain, China. **Environmental Management**, v. 51, n. 6, p.1109-25, 2013.

CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; AZEVEDO, J. P. S. **O planejamento do uso do solo urbano e a gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí na Baixada Fluminense, 2002** Disponível em: <[http://web.observatoriodasmetrolopolos.net/download/cm\\_artigos/cm\\_19\\_125.pdf](http://web.observatoriodasmetrolopolos.net/download/cm_artigos/cm_19_125.pdf)>.

CARNEIRO, J.; CARVALHO, J. M. Groundwater modelling as an urban planning tool: issues raised by a small-scale model. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrology**. v.43. p.157-170, 2010.

CARVALHO, P. F. de; BRAGA, R. (orgs). **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**. Rio Claro: LPM-UNESP. p. 95-109, 2001.

CUSTODIO, E. Hidrogeología urbana: una nueva rama de la ciencia hidrogeológica. **Boletín Geológico y Minero**. v. 115, Número especial, p. 283–288, 2004.

D’AVILA, R. A.; GOMEZ, H. de L. Importância de la hidrogeologia urbana: ciencia clave para el desarrollo urbano sostenible. **Boletín Geológico y Minero**. v. 63, n. 3, p. 463–477, 2011.

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMÉTRIO, J.G.A. **Hidrogeologia: conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM:LABHID. 2008. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/hidrogeologia/mapas-e-publicações/livro%22hidrogeologia%3ª%20conceitos-a-aplicações%22-1130.html>>.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de direito ambiental**. São Paulo: Saraiva. 2018.

FOSTER, S. Urban water supply security- making the best use of groundwater to meet the demands of expanding population under climate change. **IAH publ.** **334**, p. 221–228, 2009. Disponível em: <<http://www.susana.org/images/documents/07-cap-dev/b-conferences/08-iys-symposium-bgr/presentations/1-foster-2008-water-supply-security-bgr.pdf>>.

FOSTER, S. D.; HIRATA, R.; HOWARD, K. W. F. Groundwater use in developing cities: policy issues arising from currents trends. **Hydrogeology Journal**. v. 19, p. 271–274, 2011.

FRANCÉS, A. P.; PARALTA, E. A. Utilização de aplicações informáticas em cartografia ambiental e análise de sistemas hidrogeológicos: exemplos de aplicação. In: A HIDROINFORMATICA EM PORTUGAL. 2011, Lisboa. **Anais...** Lisboa. 2011.

GAITANARU, D.; GOGU, R.; BOUKHEMACHA, M. A.; SERPESCU, I. Hydrogeological Data and Visualization Tools for Urban Areas. In: SEMINAR ON URBAN HYDROGEOLOGY, 25TH. Trondheim, Noruega. **Anais...** Trondheim, Noruega. 2016. Disponível em: A COMPETÊNCIA DO MUNICÍPIO NA GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E A CONTRIBUIÇÃO DA HIDROGEOLOGIA URBANA – uma proposta para um pequeno município. [86ac9/1456744150900/Hydrogeological+data+and+visualization+tools+for+urban+areas\\_D.+Gaitanaru\\_NGU+2016.pdf](http://86ac9/1456744150900/Hydrogeological+data+and+visualization+tools+for+urban+areas_D.+Gaitanaru_NGU+2016.pdf).

GOMES F. Geoprocessamento em Ambiente SIG aplicado a hidrogeologia. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMÉTRIO, J.G.A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM:LABHIDRO, p. 293-319, 2008.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de aguas: disciplina jurídica das águas doces**. São Paulo: Atlas. 2003.

KEMPER, K. E. Preface Groundwater-from development to management. **Hydrogeology Journal**, v. 12, p. 3–5, 2004.

LEITÃO, R.I.M.N. **Sustentabilidade na gestão do ciclo urbano da agua: simulação e análise de cenários**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Univ. de Coimbra-Faculdade. de Ciencia e Tecnologia. Coimbra-PT, 2014.

LLAMAS, M. R.; CUSTODIO, E. **Intensive use of groundwater**: challenges and opportunities. Lisse, Países Baixos. 2001.

LONGLEY, P. A.; MAGUIRRE, D. J.; GOOCHILD, M. F.; RHIND, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Porto Alegre: Bookman. 2013.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Malheiros. 2013.

MENTE, A. Cartografia Hidrogeológica. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMÉTRIO, J.G.A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM:LABHIDRO, p. 709–723, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Zoneamento ambiental municipal**: o meio ambiente contribuindo para o planejamento urbano (recurso eletrônico). Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. Departamento de Gestão Ambiental Territorial Brasileiro, DF: MMA. 2018.

PIZELLA, D. G. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na Gestão Hídrica. **Rev. Amb. Agua** (on line). v.10, n.3 p. 635-645. 2015.

POMPEU, C. T. **Direito das águas no Brasil**. São Paulo: Revista dos Tribunais. 2006.

ROSSETO, R. Integrazione tra modello nemerici e sistemi informativi territoriali. In: INTEGRAZIONE DEL CODICE MODFLOW (USGS) IN QGIS 2016, Pisa. **Anais...** Pisa: Scuola Superiore Sant'Anna. 2016.

ROSSETO, R.; FILIPPIS, G. De; BORSI, I.; FOGLIA, L.; CANNATA, M.; CRIOLLO, R.; VÁSQUEZ-SUNÉ, E. Spatial analysis and simulation tools for groundwater management: the FREEWAT platform. **Acque sotterranee-italian journal of groundwater**. v. 22, n. 293, p. 07-12, 2017.

SANTOS, A. P. Autonomia Municipal no Contexto Federativo Brasileiro. **Revista paranaense de desenvolvimento econômico e social - RDP**. v. 120, p. 209-230, 2012.

SCHIRMER, M.; LESCHIK, S.; MUSOLFF, A. Current research in urban hydrogeology – A review. **Advances in water resources**. v. 51, p. 280–291, 2013.

SILVA, J. A. **Curso de direito constitucional positivo**. São Paulo: Malheiros. 1996.

SOUZA, L. C. de. Mudança de paradigmas urbanísticos em face da necessária proteção das águas subterrâneas: a ordenação do solo da cidade a partir de seu subsolo através do zoneamento especial ambiental. In: ANAIS DO XIV CBAS. 2006, Curitiba - PR. **Anais...** ABAS/Curitiba - PR. 2006.

SOUZA, L. C. A Efetividade da Proteção das Águas Subterrâneas no Brasil. In: CONG BRAS APRODAB. 8º. 2010, Rio de Janeiro - RJ. **Anais...** Rio de Janeiro - RJ: PUC - Rio. 2010.

STANGER, A. C.; STEFANO, E. DE. A importância do direito urbanístico na criação de cidades sustentáveis. **Revista negócios em projeção**, v. 4, n. 1. 2013. Disponível em: <[www.revista.faculdadeprpeao.edu.br/index.php/projecao1/artivle/view/206/222](http://www.revista.faculdadeprpeao.edu.br/index.php/projecao1/artivle/view/206/222)>.

VARNIER, C.; ODA, G. H.; IRITANI, M. A. A experiência do Instituto Geológico em estudos de proteção dos recursos subterrâneos no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14º. 2006, Curitiba - PR. **Anais...** Curitiba - PR: ABAS. 2006.

VÁSQUEZ-SUNÉ, E.; SANCHEZ-VILA, X. Groundwater modelling in urban areas as a tool for local authority management: Barcelona case study (Spain). In: IAH (Org.). In: Impacts of urban growth on surface water and groundwater quality - Symposium HS5 IAH publ. 259. **Anais...**, 1999. Birmingham. Disponível em: <[http://hydrologie.org/redbooks/a259/iahs\\_259\\_0065.pdf](http://hydrologie.org/redbooks/a259/iahs_259_0065.pdf)>.

VÁSQUEZ-SUNÉ, E.; CARRERA, J.; TUBAU, I.; SÁNCHEZ-VILA, X.; SOLER, A. An approach to identify urban groundwater recharge. **Hydrology and earth system sciences**. v. 14, p. 2085–2097, 2010.

VILLAR, P. C. **Gestão das áreas de recarga das áreas de recarga do Aquífero Guarani: o caso do município de Ribeirão Preto, São Paulo.** 2008. 184 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de São Paulo/SP. 2008.

VILLAR, P. C. Groundwater and the Right to Water in a Context of Crisis. **Ambiente & Sociedade** (on line). V.19, p. 85-102, 2016.

YOSHIDA C. Y. M. Água: bem privado, bem público ou bem difuso. Implicações jurídicas-econômicas-financeiras e sócio-ambientais. In: YOSHIDA, C.Y.M. (org.). **Recursos hídricos: aspectos éticos, jurídicos econômicos e sócio-ambientais.** Campinas: Alínea. Cap. 2. 2007.