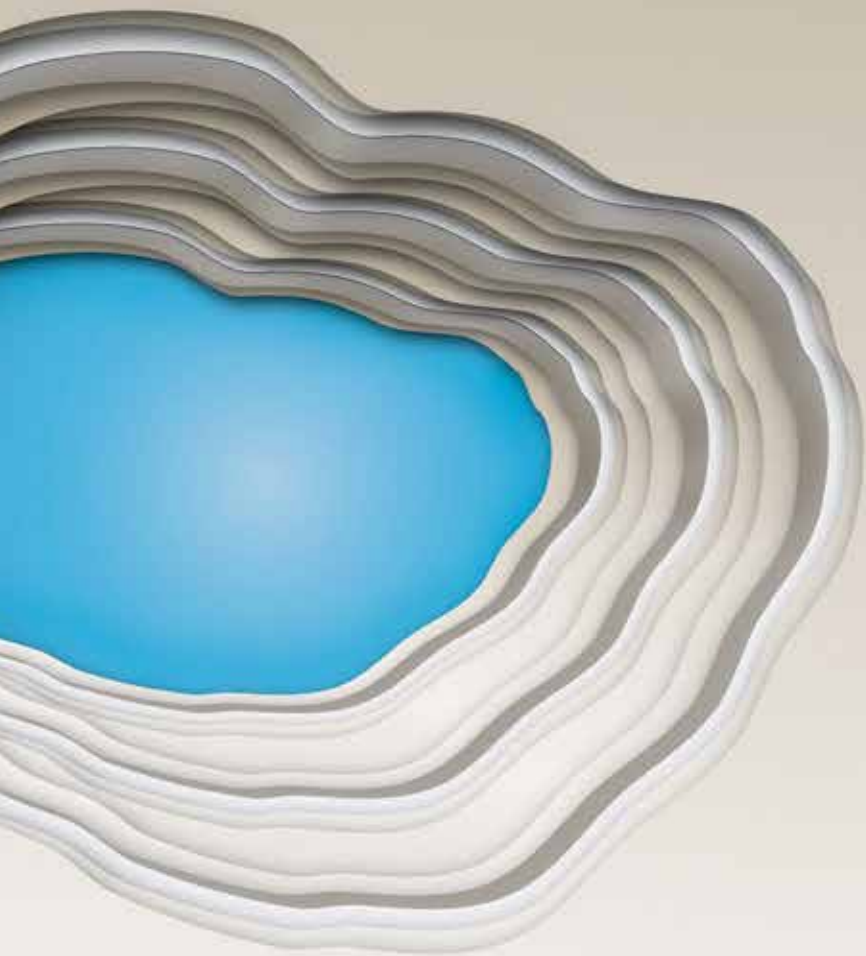




As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil

RICARDO HIRATA
ALEXANDRA SUHOGUSOFF
SILVANA SUSKO MARCELLINI
PILAR CAROLINA VILLAR
LAURA MARCELLINI



USP



As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil

RICARDO HIRATA

ALEXANDRA SUHOGUSOFF

SILVANA SUSKO MARCELLINI

PILAR CAROLINA VILLAR

LAURA MARCELLINI



Apoio



Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Não-Derivados (CC BY-NC-ND 4.0).

É permitido fazer o download deste trabalho e compartilhá-lo com outras pessoas, desde que o crédito seja atribuído aos autores.

O trabalho não pode ser alterado de forma alguma ou utilizado comercialmente.

Para informações adicionais, consulte <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>.



BY



NC



ND

As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil. / Ricardo Hirata, Alexandra Suhogusoff, Silvana Susko Marcellini, Pilar Carolina Villar, Laura Marcellini. São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências, 2019.

ISBN digital 978-85-63124-07-4

doi: 10.11606/9788563124074

1. Águas subterrâneas 2. Recursos hídricos 3. Saneamento 4. Brasil

7	Préfacio
9	Palavras introdutórias
11	Resumo
13	1. Introdução
15	2. A importância das águas subterrâneas para a sociedade brasileira
21	3. A importância das águas subterrâneas no abastecimento público de cidades
27	4. O papel das águas subterrâneas para a sustentabilidade dos ecossistemas
31	5. A perigosa relação entre a qualidade das águas subterrâneas e a falta de saneamento básico à população
35	6. As águas subterrâneas como alternativa para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas globais e o atendimento da região semiárida
39	7. Conclusões
41	8. Recomendações
42	Agradecimentos
43	Referências
45	Painel 1- As distintas formas de se obter água subterrânea
47	Painel 2 - O uso e a importância das águas subterrâneas pelo mundo
49	Painel 3 - A irregularidade, a ilegalidade e o desconhecimento da existência de captações de água subterrânea
51	Painel 4 - O papel oculto das águas subterrâneas na segurança hídrica da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (Região Metropolitana de São Paulo)
53	Painel 5 - A falta de saneamento e a contaminação dos aquíferos urbanos brasileiros – os casos de Natal (RN) e Urânia (SP)
57	Painel 6 - O Programa Água Doce e o abastecimento de populações rurais no Semiárido brasileiro
59	Glossário
63	Sobre os autores

A black and white photograph of a well. The well is a circular concrete structure with a wooden frame around it. A metal bucket is hanging from a chain attached to the frame. The background shows a cornfield and some trees. The word "Contenido" is written vertically in white text on the right side of the image.

Contenido

As águas subterrâneas como um recurso estratégico para o desenvolvimento de uma nação

As águas subterrâneas são fundamentais para cumprir os compromissos da Agenda 2030 e seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no Brasil, pois garantem o abastecimento público de milhares de pessoas, sustentam sistemas de irrigação para a produção de alimentos, são utilizadas como insumo para a produção industrial e mantêm importantes ecossistemas. Seu uso promove o progresso local, contribuindo para o crescimento econômico, erradicação da pobreza, promoção da dignidade humana e o bem-estar das populações.

No Brasil, à semelhança de outros países, esses recursos estão diretamente ligados à segurança hídrica, principalmente em um contexto de mudanças climáticas globais. Apesar de sua importância para o abastecimento urbano, indústria e irrigação, sua gestão ainda é precária e faltam dados sobre seu uso ou sobre os impactos causados por uma infraestrutura de saneamento deficiente.

O Instituto Trata Brasil, junto com o Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS|USP), ao editar o livro, “As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil”, promove um amplo diagnóstico sobre uso das águas subterrâneas, demonstrando sua relevância para o abastecimento público e privado, bem como pontua os principais desafios para sua gestão.

Os resultados evidenciam o papel socioeconômico e ambiental desse recurso invisível aos olhos, mas indispensável para diversos usuários e para a natureza, com destaque ao abastecimento público dos pequenos municípios e para o fornecimento de água para milhões de empreendimentos agrícolas e urbanos pelo país. O estudo mostra que 90% dos 17,6 bilhões de m³/ano (557 m³/s) de água subterrânea explorada são captados através de poços tubulares privados, colocando luz ao papel que o auto-abastecimento individual desempenha na segurança hídrica nacional. Além disso, sinaliza os principais pontos a serem fortalecidos na gestão, especialmente a regularização dos poços por meio da outorga ou cadastro, e investimentos na melhoria e ampliação das redes de esgoto. A falta de tais redes públicas, que afeta quase metade da população brasileira juntamente com os vazamentos das mesmas, gera mais de 4,3 bilhões de m³/ano de efluentes que atingem os aquíferos, fazendo desse o maior problema que impacta a qualidade dos aquíferos.

Dessa forma, acredito que o estudo contribui efetivamente para a governança das águas subterrâneas, mostrando dados inéditos que exibem o quão fundamental são esses recursos para a sociedade brasileira, que cada vez mais está exposta a crises hídricas.



Jorge Rucks

Diretor do Centro Regional para a Gestão das Águas Subterrâneas da América Latina e o Caribe (CeReGAS), UNESCO

Melhorar o saneamento básico e a informação à sociedade: fatores-chave para a proteção das águas subterrâneas

Há anos convivemos com diversos problemas na infraestrutura mais básica e importante para a população brasileira - o saneamento básico. Apesar de ser “básica”, o Brasil ainda apresenta grande precariedade no acesso das pessoas à água tratada e aos serviços de esgotamento sanitário.

De acordo com os novos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS 2017), a situação do país ainda é crítica. Quase 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água tratada, mais de 100 milhões ainda não possuem serviços de coleta de esgoto e apenas 46% dos esgotos gerados no país são tratados.

Estima-se que, por ano, o nosso subsolo receba uma carga exorbitante de esgoto, com cerca de 4.329 Mm³/ano de dejetos despejados ininterruptamente na natureza. Seria o equivalente a 5 mil piscinas olímpicas de esgoto jogados por dia. Esse lançamento ocorre principalmente vindo de residências não conectadas à rede de coleta de esgotos, seja das casas das áreas irregulares, favelas e assentos que convivem com as áreas regulares das grandes cidades, mas que ainda não têm as redes.

Essa falta de acesso faz com que as águas subterrâneas e os aquíferos sejam os mais afetados, contaminando e degradando o meio ambiente e seus recursos. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008) apontam que a falta de saneamento básico faz com que haja o ininterrupto lançamento de esgotos em fossas sépticas, fossas negras e sumidouros, a céu aberto ou mesmo diretamente nos cursos d'água.

A questão que se coloca é que o uso das águas subterrâneas é cada vez mais indispensável para a agricultura, indústria, comércio e, sobretudo, para a segurança hídrica das cidades. Dados do PAI-NEL SANEAMENTO BRASIL apontam que atualmente mais de 30 milhões de brasileiros (17,7%) já são atendidos por águas subterrâneas e esse número vai crescer. Mas também vemos que há mais de 2,5 milhões de poços tubulares (artesianos) privados que fornecem água para o abastecimento complementar de quase todas as cidades e em mais de 1 milhão de propriedades rurais pelo país.

É fundamental fazer um planejamento mais sério para o uso das águas subterrâneas de forma a usarmos melhor esse potencial de água que temos, mas, ao mesmo tempo, proteger esses corpos hídricos do lançamento de esgotos e outras contaminações. Esses recursos precisam ser tratados de forma prioritária tanto pelas autoridades quanto pela população.

Precisamos ampliar a cobertura dos serviços sanitários, fundamental para uma maior proteção de nossas águas, mas também ampliar a informação do tema para a sociedade de forma a que as pessoas procurem apoio técnico antes de usar essas águas, que cobrem mais fiscalização das autoridades e pelas empresas de água e esgotos. Somente juntando esforços conseguiremos usar melhor esse recurso tão relevante para a vida de todos.



Edison Carlos
Presidente Executivo do Instituto Trata Brasil

RESUMO

Se por uma maldição, em um cenário apocalíptico, todos os aquíferos brasileiros secassem, ou seja, as águas subterrâneas deixassem de existir, o país mudaria radicalmente, a ponto de tornar-se irreconhecível. Tal desgraça não somente causaria sérios problemas para o abastecimento de 52% dos municípios no país, que atualmente são total ou parcialmente abastecidos pelas águas subterrâneas, mas impactaria sobretudo o setor privado, que extrai mais de 17,5 bilhões de metros cúbicos por ano ($557 \text{ m}^3/\text{s}$) desse recurso. através de 2,5 milhões de poços tubulares, ou seja, vazões suficientes para suprir toda a população brasileira.

Muitas cidades teriam o seu abastecimento colapsado, não porque a rede pública seja alimentada pelas águas subterrâneas, mas porque os poços privados, muitos dos quais irregulares e desconhecidos do governo, complementam a hoje deficiente rede pública de muitas cidades. Metrópoles como São Paulo, Recife, São Luiz e Fortaleza enfrentariam sérios problemas de abastecimento.

Além do prejuízo nas cidades e no campo, que poderia ser de mais de R\$ 75 bilhões por ano, os danos ecológicos seriam atroz. As águas subterrâneas perenizam, através das descargas dos aquíferos, os rios, lagos, pântanos e mangues. Caso elas se esgotassem, a vida desses ecossistemas mudaria completamente e muitas espécies desapareceriam.

A despeito dessa importância, as águas subterrâneas no país não têm recebido a devida atenção, e há registros cada vez mais comuns de problemas de superexploração e contaminação, resultado da falta de gestão do recurso hídrico e do planejamento territorial.

Esta publicação detalha pela primeira vez a importância dos recursos hídricos subterrâneos no país e busca bases técnicas para uma gestão realista, que evite que a maldição do desaparecimento das águas subterrâneas venha a ocorrer no Brasil.



1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas são aquelas que se encontram abaixo da superfície do solo, preenchendo completamente os poros das rochas e dos sedimentos, e constituindo assim os chamados aquíferos. Críticas para a segurança hídrica global, as águas subterrâneas representam 97% das águas doces e líquidas do planeta, o que torna os aquíferos o maior reservatório de água potável da humanidade.

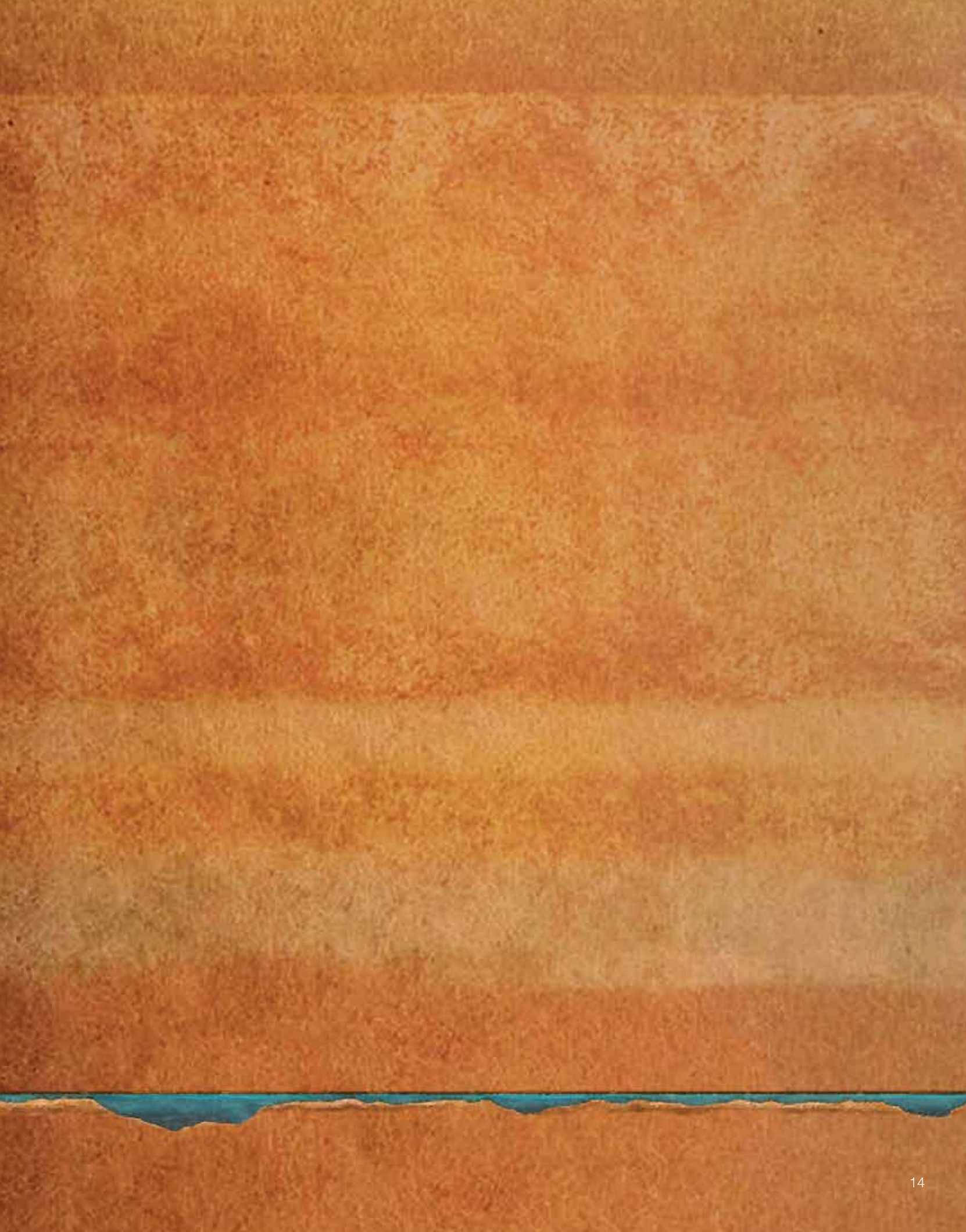
As águas subterrâneas são essenciais para a vida, não apenas por abastecerem as cidades e o campo e servirem de insumo para diversas atividades econômicas, mas também por sustentarem vários sistemas aquáticos como rios, lagos, mangues e pântanos. Sem as águas subterrâneas, as florestas em regiões de clima seco ou tropical não sobreviveriam, tampouco os ambientes aquáticos existiriam ou cumpriam as suas funções ambientais.

Ao contrário das águas superficiais, as águas subterrâneas não se revelam facilmente aos olhos, fato que compromete sua gestão: ***longe dos olhos, longe do coração***. A natureza velada desse recurso subterrâneo acoberta sua importância social, ambiental e econômica, bem como dificulta o diagnóstico sobre sua situação e a consolidação de políticas públicas específicas. A percepção da sociedade sobre a existência desse recurso e de sua importância econômica e ambiental é deficiente mesmo nos municípios ou setores econômicos onde essas águas constituem a principal fonte hídrica. O desconhecimento sobre o seu papel e das ações necessárias para a sua proteção torna os aquíferos mais vulneráveis ao risco de contaminação ou ao mau uso, o que pode acarretar, neste último caso, sua superexploração.

No Brasil, as águas subterrâneas são extraídas por meio de poços tubulares (popularmente conhecidos como artesianos ou semiartesianos), poços escavados e de nascentes (Painel 1). Infelizmente, o número real de poços no país é desconhecido. Apesar da obrigatoriedade por lei do registro e/ou de autorização de extração (outorga) de água, o número de captações regulares é de pouco mais de 1%, no caso dos poços tubulares. A quantidade de água extraída ou o seu valor são mascarados por essa condição de clandestinidade e qualquer estudo que busque identificar o papel do recurso hídrico subterrâneo deve superar a falta de dados oficiais.

Assim, este estudo apresenta a importância que o recurso subterrâneo tem para o abastecimento público e privado no Brasil, seus valores econômicos, o seu papel ecológico e impacto da falta de saneamento na qualidade dos aquíferos no país. A divulgação desses dados para a sociedade contribui para tornar o invisível, visível, e incentivar a proteção desse patrimônio hídrico e ambiental, que garante água para a subsistência, bem-estar humano, desenvolvimento socioeconômico e manutenção de ecossistemas e seus serviços ambientais.

O foco principal do estudo foram os poços tubulares, já que são as captações que extraem os maiores volumes de água subterrânea para o desenvolvimento de atividades econômicas de qualquer localidade.



2. A IMPORTÂNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA A SOCIEDADE BRASILEIRA

A água subterrânea é o recurso natural mais extraído do subsolo brasileiro. O total de água bombeada para os mais variados fins pelos mais de 2,5 milhões de poços tubulares¹ supera os 17.580 Mm³/ano (557 m³/s)², ou seja, volume que seria suficiente para abastecer a cada ano a população atual brasileira ou 10 regiões metropolitanas do porte de São Paulo, o equivalente a 217 milhões de pessoas.

Inúmeras atividades econômicas utilizam as águas subterrâneas para suprir suas necessidades pelo país (Figura 1), sendo o seu uso distribuído entre atendimento doméstico (30%), agropecuário (24%), abastecimento público urbano (18%) e abastecimento múltiplo (14%), cujo destino é em grande parte diversificado para a prestação de serviços urbanos.

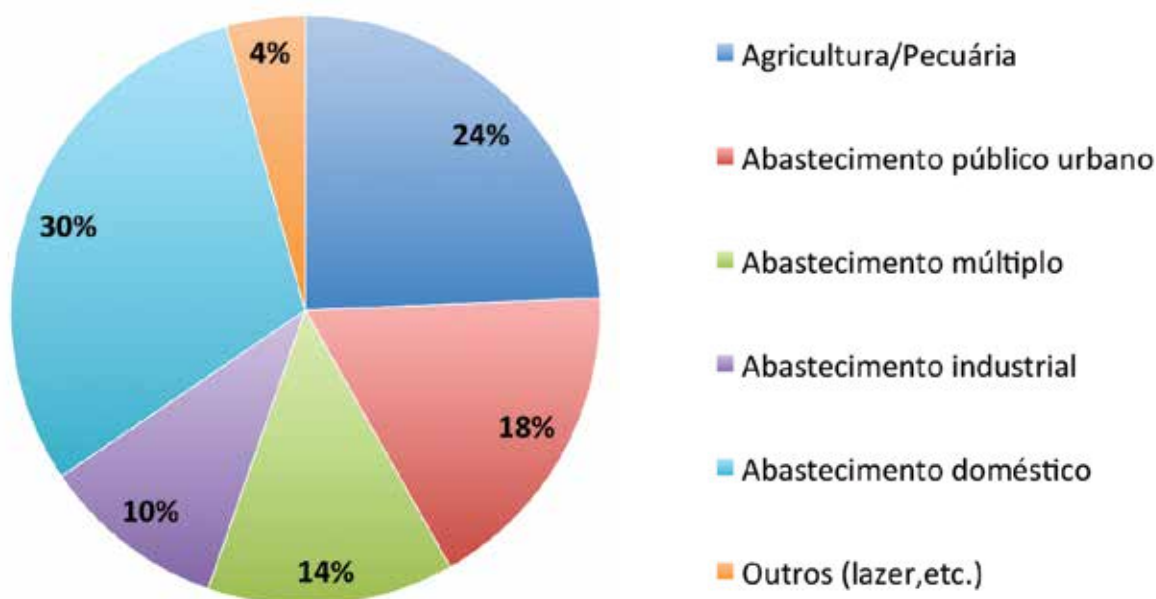
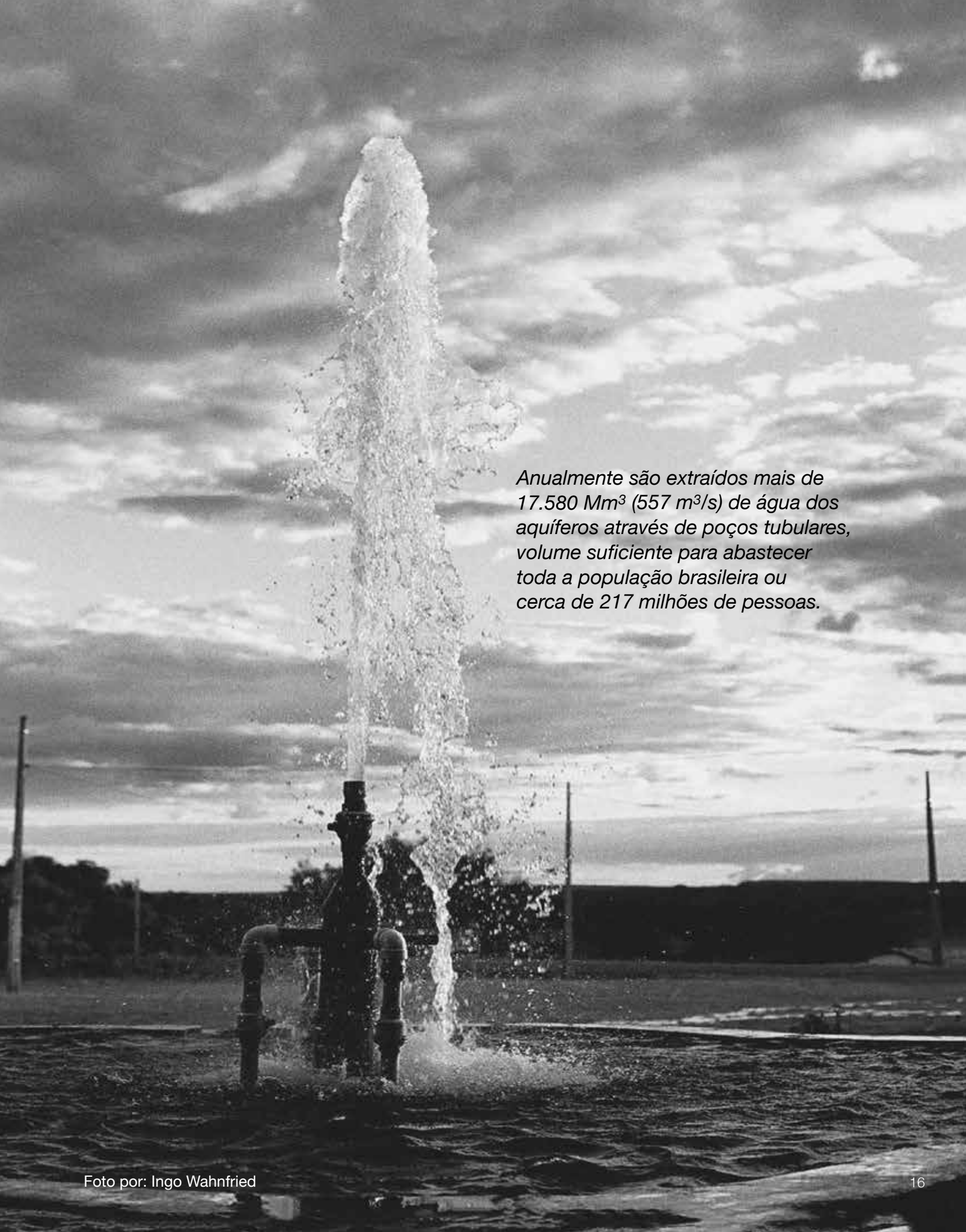


Figura 1. Perfil de usuários de água subterrânea no país (CPRM 2018).

Alguns estados são mais dependentes desse recurso. Para o uso urbano, destacam-se os estados de São Paulo, Piauí, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia e Paraná (Figura 2). Já para o uso rural, o principal estado usuário de águas subterrâneas é Minas Gerais, seguido de São Paulo, Bahia, Tocantins e Rio Grande do Sul (Figura 3).

¹Dados de poços escavados e de nascentes são praticamente inexistentes. Por possuírem vazões baixas, essas captações não foram consideradas nessa publicação, embora seu número seja bastante expressivo. Somente para a zona rural brasileira, o Censo Agropecuário do IBGE (2017) reporta que há aproximadamente 3 milhões de captações por poços escavados e nascentes. Esses tipos de captações constituem a principal fonte de água em regiões periurbanas sem rede de água, em povoados nas montanhas e serras e pequenas propriedades rurais. O número de poços tubulares foi baseado em projeções entre dados do Censo Agropecuário, que reporta que há pelo menos 1,03 milhão de propriedades rurais com pelo menos um poço tubular, e a conjuntura apresentada no SIAGAS, que mostra que há mais poços nas cidades do que no campo (CPRM 2018).

² O valor considera a soma entre 1,5 milhões de poços tubulares urbanos, de vazões médias de 4 m³/h, 6 horas de operação (24 m³/dia) por 12 meses de funcionamento e 1 milhão de poços tubulares rurais, de vazões médias de 4 m³/h, 6 horas de operação e 6 meses de funcionamento, pois são usados para a irrigação preponderantemente.



Anualmente são extraídos mais de 17.580 Mm³ (557 m³/s) de água dos aquíferos através de poços tubulares, volume suficiente para abastecer toda a população brasileira ou cerca de 217 milhões de pessoas.

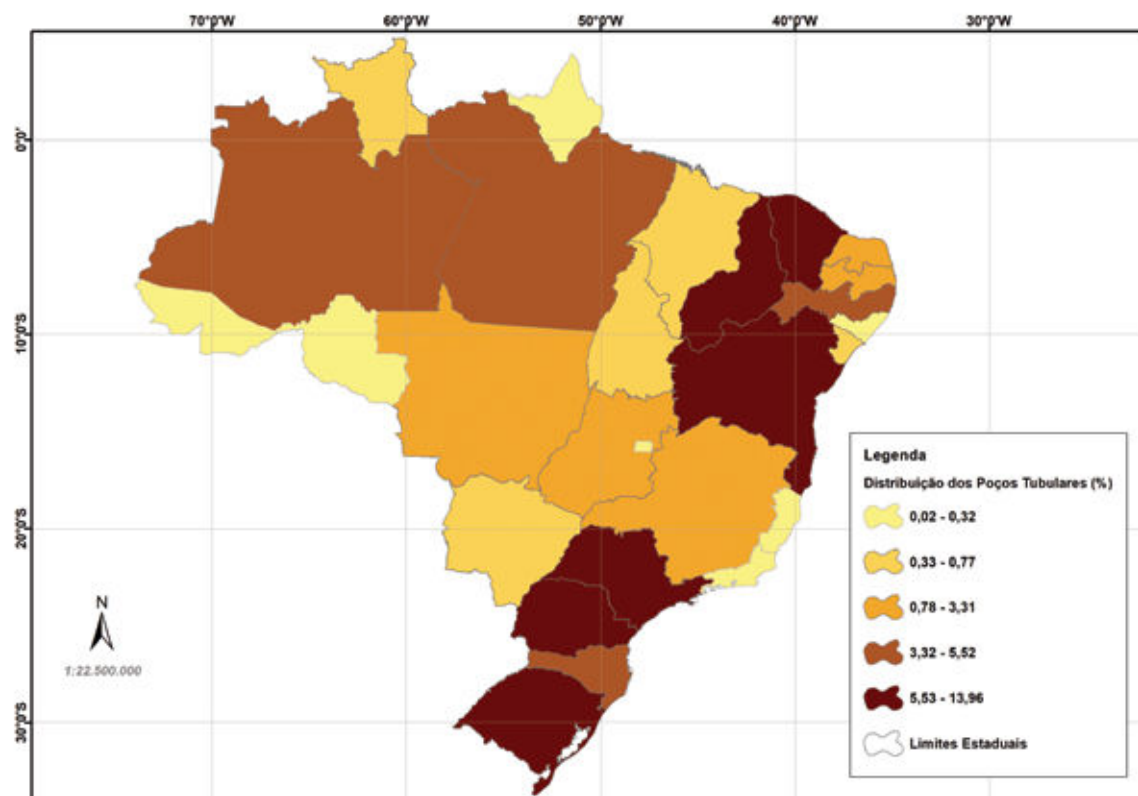


Figura 2. Dependência dos estados brasileiros por água subterrânea para uso urbano segundo a distribuição de poços tubulares (CPRM 2018).

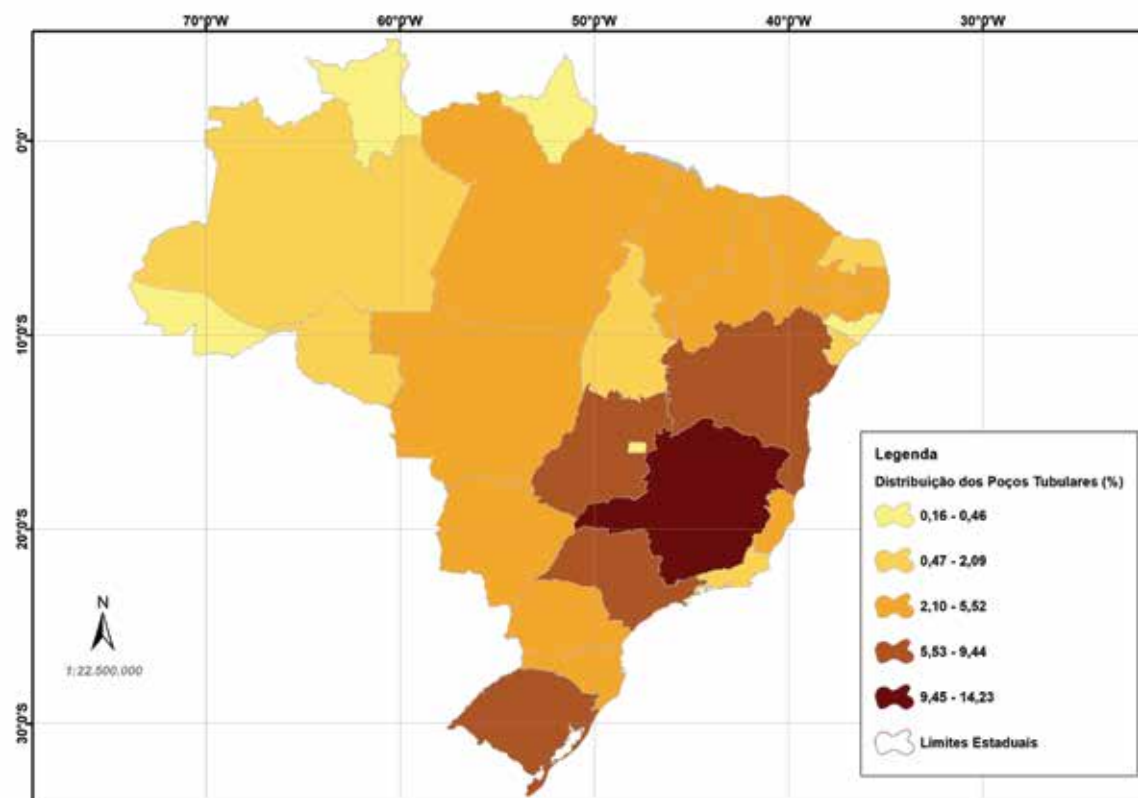


Figura 3. Dependência dos estados brasileiros por água subterrânea para uso rural segundo a distribuição de poços tubulares (IBGE 2017).

Se toda a água subterrânea extraída fosse oferecida ao preço médio praticado pelos prestadores do serviço público de água, que é de R\$ 3,36/m³ (SNIS 2016), a receita total chegaria ao patamar de 59 bilhões de reais por ano. Desse modo, é possível estimar que esse é o valor anual da água subterrânea para a economia brasileira. Esse cálculo é uma simplificação, pois nem toda água subterrânea é utilizada para fins de abastecimento, bem como seu preço para os usuários agrícolas e industriais é mais baixo, ao passo que seu uso para fins de engarrafamento representa valores consideravelmente superiores. Esse tipo de estimativa pode ser defendido na medida em que o abastecimento público é o principal usuário e que quase toda a água extraída de poços tubulares é potável e possui qualidade igual ou superior àquela distribuída pelos prestadores dos serviços públicos de água.

Ademais, o valor da água adotado acima aproxima-se daquele calculado por Bertolo et al (2019) para a água extraída de poços tubulares em terrenos cristalinos (R\$ 2,77) e sedimentares (R\$ 2,75) perfurados na cidade de São Paulo (SP). Nesses custos estão incluídos a perfuração do poço, equipamento de bombeamento, tratamento para remoção de ferro, manutenção, análises químicas, energia elétrica e custos legais para uma vida útil de 30 anos.

Em qualquer uma das estimativas de valor da água supracitadas, o cálculo realizado avalia apenas o papel do recurso como insumo, desconsiderando sua importância na prestação dos serviços ecossistêmicos.

Da mesma forma, o total de 2,5 milhões de poços tubulares existentes no país tem acumulado um investimento de 75 bilhões de reais³, referente aos serviços de perfuração e instalação de revestimentos e equipamento de bombeamento. Esse valor remonta a apenas 6,5 anos de todos os investimentos anuais já realizados no saneamento do país (SNIS 2016).

O recurso hídrico subterrâneo é quase sempre a única opção de água potável no campo e nas periferias das cidades, que não dispõem de rede pública de água. Além disso, as águas subterrâneas obtidas através da perfuração de poços particulares surge como fonte alternativa ou complementar em resposta às falhas no abastecimento público ou ao seu menor custo diante dos valores cobrados pela água fornecida pelos prestadores do serviço público.

Diversos usuários, residenciais, de serviços ou industriais, preferem utilizar as águas subterrâneas mesmo tendo disponibilidade de rede de água potável. Essa procura justifica-se em vista da boa qualidade das águas subterrâneas, dos baixos custos de extração e da autonomia de se possuir uma fonte hídrica exclusiva (Painel 2).

³ O valor considera a existência de 2,5 milhões de poços ao custo individual de 30 mil reais para a sua construção, que corresponde a uma média entre poços simples perfurados em rocha (a maioria) e não revestidos e poços complexos, com filtros e revestimentos. Dado fornecido por empresas de perfuração de poços.

As águas subterrâneas têm viabilizado o desenvolvimento de diversas atividades econômicas, haja vista as seguintes vantagens:

- (a) a água subterrânea possui excelente qualidade natural, geralmente potável, permitindo seu uso direto com pouco ou nenhum tratamento na maioria das captações;
- (b) o aquífero tem uma grande capacidade de armazenamento de água, tornando as vazões dos poços estáveis, mesmo após longos períodos de estiagem;
- (c) desde que respeitados os cuidados e a legislação sobre o tema, os poços podem ser perfurados em quase qualquer localidade, propiciando o abastecimento sem a necessidade de longas linhas de adução;
- (d) a construção de captações pode ser escalonada no tempo. À medida que a demanda por água aumenta, pode-se perfurar mais poços, evitando-se grandes investimentos iniciais;
- (e) o poço é uma obra simples e rápida e há várias empresas perfuradoras detentoras de tecnologias modernas e adequadas. Um poço em terreno cristalino pode ser finalizado em apenas uma semana e poços em sedimentos, em até um mês;
- (f) os poços apresentam baixo custo de operação e manutenção, podendo funcionar de forma autônoma, sem a necessidade de atenção contínua de um técnico.

Essas características têm implicado na perfuração de poços tubulares de forma crescente em todo o país, viabilizando inclusive aqueles negócios e empreendimentos distantes de rios ou da rede pública de água. Somente entre os anos de 2010 e 2015, houve um aumento de 9 vezes nas concessões de outorgas no país (ANA 2016).

Riscos e cuidados a serem tomados na perfuração de poços

O uso das águas subterrâneas não é isento de riscos, dentre os quais citam-se:

- (a) obtenção de vazões mais baixas que as esperadas em vista da heterogeneidade hidrogeológica
- (b) baixa qualidade da água devido à contaminação do local do poço por atividades existentes no seu entorno (esgotos, deposição de resíduos sólidos, armazenamento de produtos e combustíveis, etc.) ou por características naturais da rocha;
- (c) diminuição da produção ou perda do poço devido à superexploração do aquífero ou às interferências geradas no fluxo subterrâneo pela operação de poços próximos;
- (d) interdição do poço ou impossibilidade de perfurá-lo pela existência de restrições legais.

O uso das águas subterrâneas está condicionado à obediência de diversas formalidades legais que incluem: i) o registro do poço e a obtenção de autorizações no âmbito dos órgãos públicos (outorga de direito de uso de recursos hídricos, declaração de uso isento, licença de perfuração, etc.); ii) a possibilidade de cobrança pelo uso do recurso hídrico, se esse instrumento estiver implantado na bacia, e iii) a necessidade de realizar monitoramento da qualidade da água. A inobservância das exigências legais pode gerar a responsabilidade ambiental do usuário, implicando, por exemplo, no pagamento de multas ou até no fechamento do poço. Por isso, antes de perfurar um poço, deve-se verificar as condicionantes legais com o órgão responsável pela gestão de recursos hídricos estadual.

Em suma, é recomendável a contratação de estudo técnico prévio para avaliar a viabilidade do recurso, seja do ponto de vista hidrogeológico, seja jurídico, bem como incluir os custos administrativos. Em muitos casos, o custo das águas subterrâneas é mascarado pela irregularidade ou ilegalidade do poço (Painel 3). Ainda que de forma incipiente, percebe-se que os órgãos ambientais, o Ministério Público e os prestadores dos serviços de água têm buscado coibir o uso clandestino das águas subterrâneas, por meio da solicitação do fechamento de poços ilegais ou impondo a regularização dos irregulares.



3. A IMPORTÂNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ABASTECIMENTO PÚBLICO DE CIDADES

Segundo a ANA (2010), 52% dos 5.570 municípios brasileiros são abastecidos total (36%) ou parcialmente (16%) por águas subterrâneas (Figura 4). A exploração desse recurso hídrico é inversamente proporcional ao tamanho das cidades. As águas subterrâneas são a opção exclusiva para 48% dos municípios com população menor que 10 mil habitantes e para 30% daqueles com 10 a 50 mil habitantes.

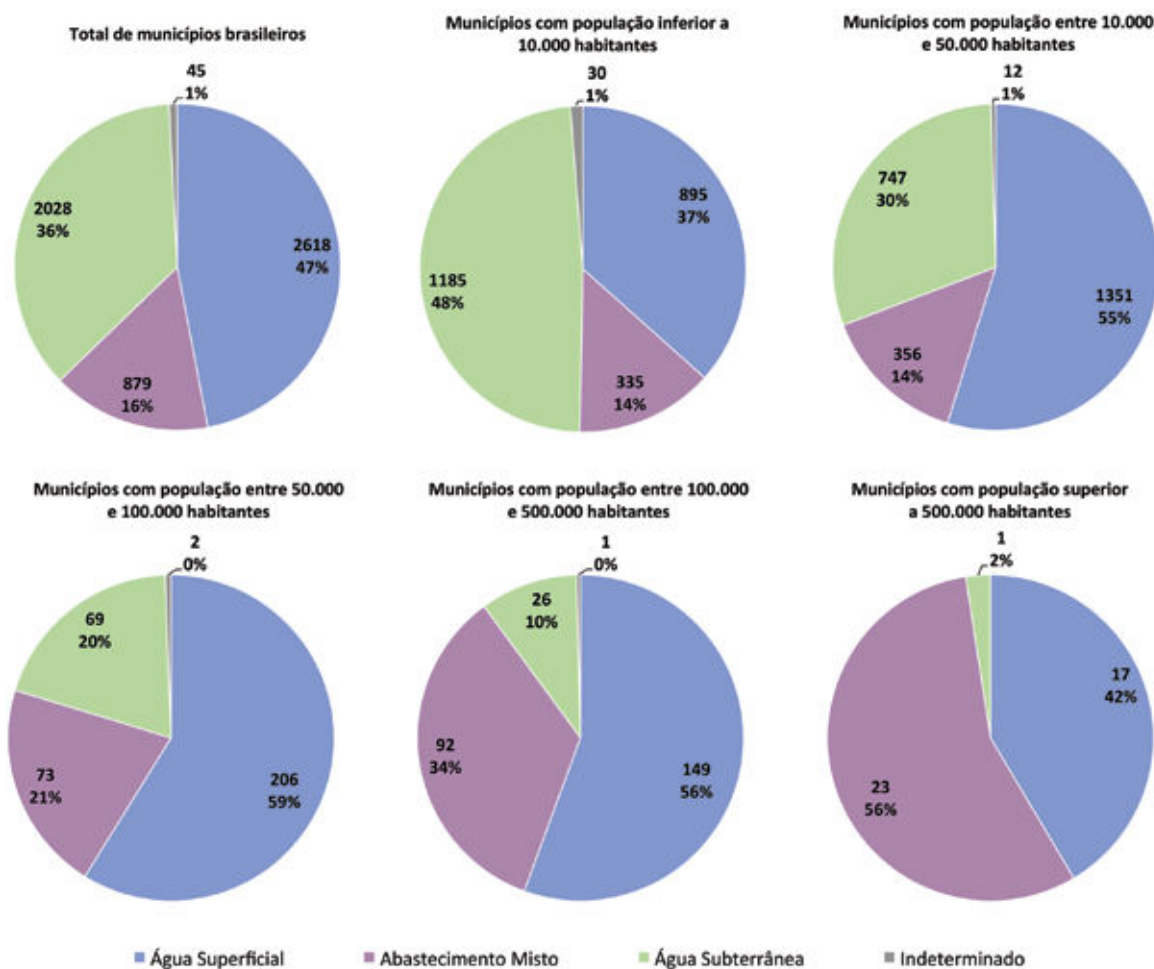


Figura 4. Municípios brasileiros abastecidos por águas subterrâneas – total e por intervalos de tamanho populacional (ANA 2010).

52% dos 5.570 municípios brasileiros dependem total (36%) ou parcialmente (16%) das águas subterrâneas para o abastecimento público.



Os municípios menores são os mais vulneráveis socioeconomicamente, pois via de regra possuem as populações mais pobres e menor capacidade técnica e financeira para superar os problemas advindos da variabilidade hídrica, e, portanto, estão menos preparados para o enfrentamento das novas realidades prenunciadas pelas mudanças climáticas globais, particularmente aqueles situados nas regiões Nordeste e Norte do Brasil (Figura 5).

Em termos populacionais, dos 172 milhões de brasileiros que têm acesso à rede pública de água, somente 30,4 milhões (17,7%) são atendidos pelas águas subterrâneas, ao passo que os 141,6 milhões restantes (82,3%) são servidos por fontes superficiais. Essa proporção decorre do fato de que as maiores cidades são prioritariamente supridas pelas águas superficiais. Em municípios maiores que 500 mil habitantes, somente 2% deles contam com as águas subterrâneas para o abastecimento integral de suas demandas. Em outros 56%, o abastecimento é misto (Figura 4), no qual o recurso subterrâneo geralmente atende aos bairros mais distantes dos centros urbanos.

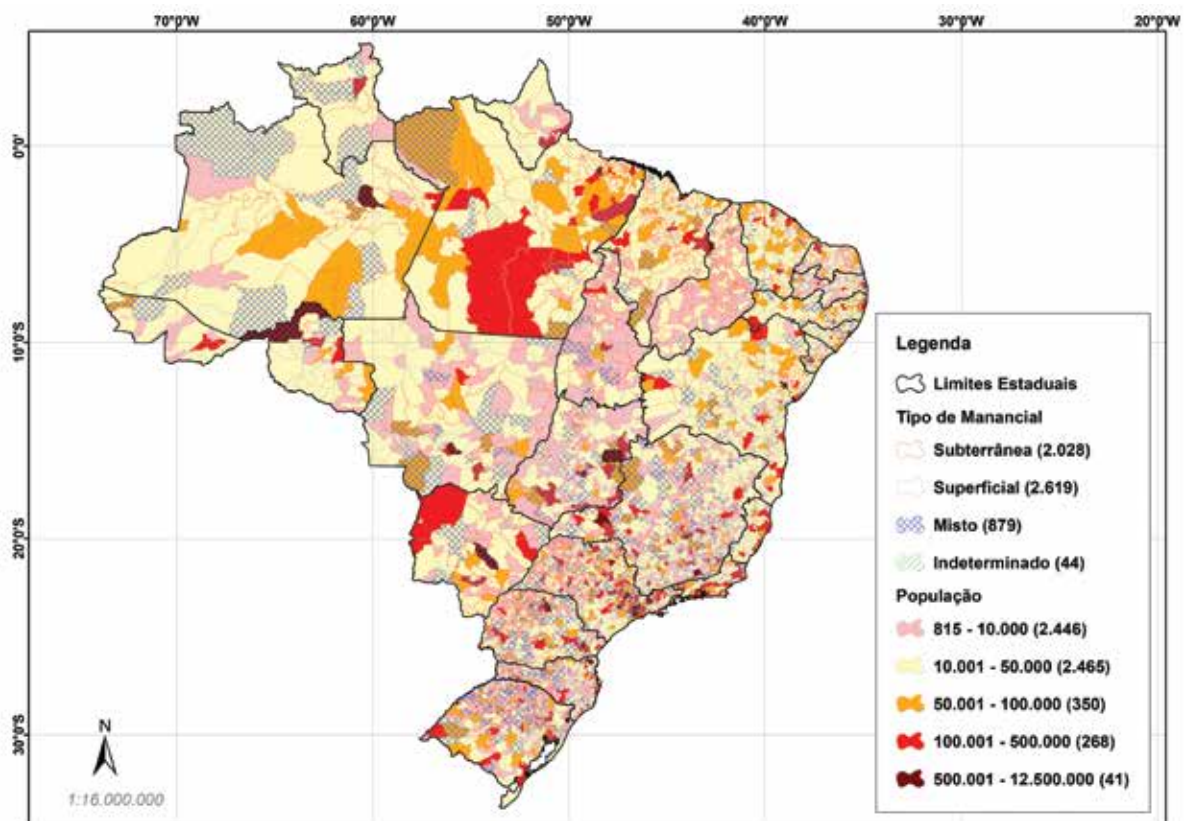


Figura 5. Distribuição dos municípios segundo o uso de água subterrânea, superficial e misto e intervalo de tamanho populacional (ANA 2010).

Assim, o total de água extraída de aquíferos para o abastecimento público em todo o país é de 1.660 Mm³/ano ou 52,6 m³/s (Figura 6), ou seja, o equivalente para abastecer dois terços da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A participação no abastecimento público de água é diferenciada em cada estado da federação. São Paulo, por exemplo, é de longe o maior consumidor de água subterrânea em volume, extraindo 484 Mm³/ano, seguido por Minas Gerais, com 139 Mm³/ano, Paraná, com 132 Mm³/ano e Maranhão, com 110 Mm³/ano. Já a dependência por esse recurso subterrâneo é maior no estado de Roraima (75%), seguido por Rio Grande do Norte (67%), Maranhão (63%) e Mato Grosso do Sul (58%) (Figura 7).

Embora os dados oficiais (SNIS 2016) mostrem que em cidades maiores as águas superficiais são o recurso mais utilizado, é necessário avaliar o papel do abastecimento complementar de poços tubulares privados nos centros urbanos. Um exemplo é a RMSP, onde 99% do abastecimento público é realizado por água superficial (ANA 2010). Entretanto, em 2015, estimou-se a existência de mais de 13 mil poços tubulares privados, que, no seu conjunto, extraíam mais de 11 m³/s, implicando em uma dependência de 18% das águas subterrâneas e não apenas de 1% (Hirata et al. 2015, Bertolo et al. 2015) (Painel 4). Em Recife (PE), oficialmente, o abastecimento hídrico subterrâneo da cidade é inexistente, porém os poços privados atendem a 25% da população (Hirata & Montenegro 2018). A importância desse recurso revela-se ainda maior à medida que o sistema público de água não tem condições de substituir essa produção privada. Esse tipo de dependência pode ser observado em outras capitais ou cidades de grande a médio porte no interior brasileiro.

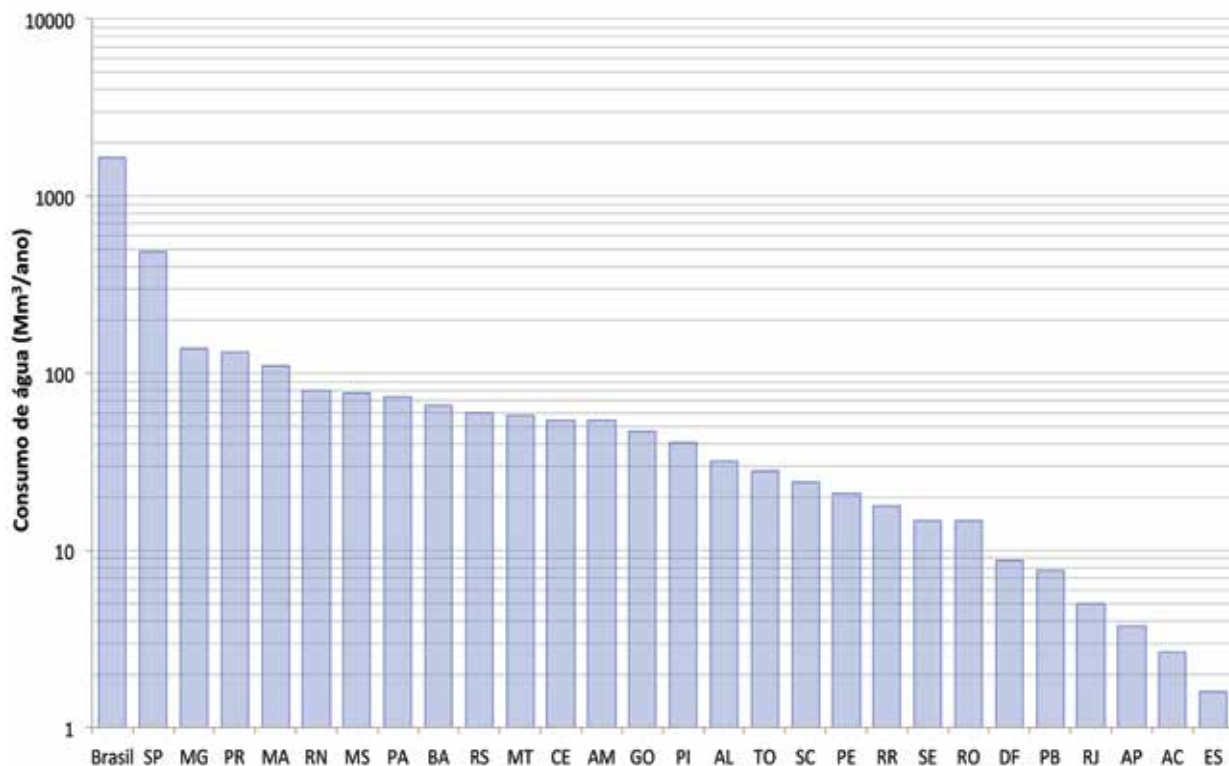


Figura 6. Consumo de água subterrânea pela população atendida por rede de abastecimento de água por estados e no Brasil (dados ANA 2010, SNIS 2016, IBGE 2017).

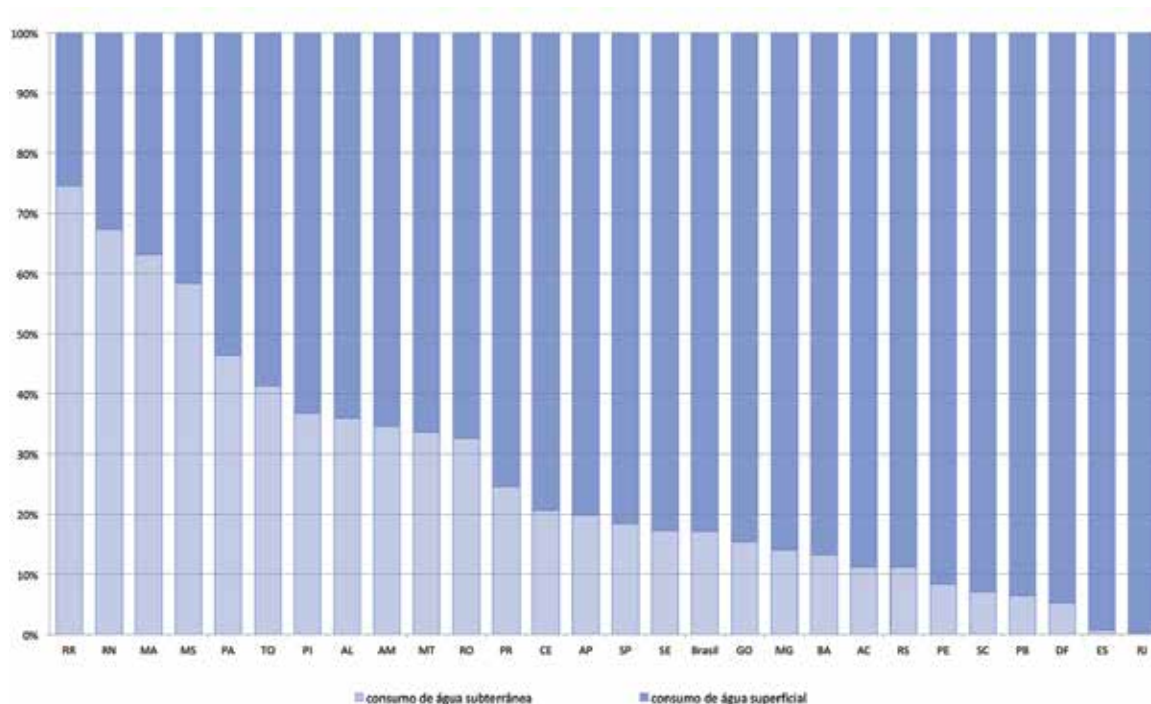


Figura 7. Proporção entre consumo de água superficial e subterrânea por população atendida por rede de abastecimento público de água por estados e no Brasil (dados ANA 2010, SNIS 2016, IBGE 2017).

Outro número que esconde a relevância das águas subterrâneas é a proporção da população não assistida pela rede de abastecimento público. No país, cerca de 35 milhões de pessoas não têm água encanada em seus domicílios (SNIS 2016). Como saída, grande parte dos domicílios recorrem a poços escavados e tubulares ou a aduções de água de nascente para suprir suas necessidades hídricas e de saneamento. Desse modo, as águas subterrâneas vêm atendendo às populações socialmente mais vulneráveis e pobres no Brasil.

As águas subterrâneas são fundamentais para o abastecimento de pequenas cidades. Mesmo para localidades que possuem rede pública, a presença de um grande número de poços privados atenua significativamente os sérios problemas de oferta hídrica, evitando assim um colapso no abastecimento urbano. As pessoas não assistidas pelos prestadores do serviço público de água e esgoto, somadas àquelas que contam com água encanada e que utilizam as águas subterrâneas por poços privados em centros urbanos, resultam em um número de usuários de água subterrânea muito maior que o reportado nas estatísticas oficiais.



No Brasil, estima-se que haja mais de 2,5 milhões de poços tubulares, cujos custos envolvidos em perfuração e instalação somam mais de 75 bilhões de reais. Esse valor é equivalente a 6,5 anos de todos os investimentos aplicados em saneamento no país em 2016.

4. O PAPEL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA A SUSTENTABILIDADE DOS ECOSISTEMAS

As águas subterrâneas são parte integral do ciclo hidrológico. As águas no interior de um aquífero fluem de forma lenta, desde a zona de recarga, onde geralmente infiltram-se as precipitações atmosféricas, até a zona de descarga, onde as águas subterrâneas vertem diretamente em corpos de água superficial, como rios, lagos, pântanos e o mar.

A descarga das águas dos aquíferos para um corpo superficial é seguramente a mais importante função ecológica que desempenham as águas subterrâneas (Figura 8). Durante a estiagem, os rios, pântanos, mangues e lagos não recebem águas das chuvas e a sua perenidade é assegurada pelo fluxo de base, ou seja, pela descarga de água advinda dos aquíferos. Quando, por algum motivo climático, geológico ou de interferência antrópica, essa descarga não ocorre, o corpo de água superficial seca. A perenidade desses corpos superficiais não apenas contribui para o fluxo de água em si, como também é necessária para manter a vida aquática e a vegetação de margem, para propiciar o transporte de sedimentos ao longo de seus canais e para promover a diluição de efluentes e resíduos lançados imprópriamente no seu curso, além de propiciar beleza cênica.

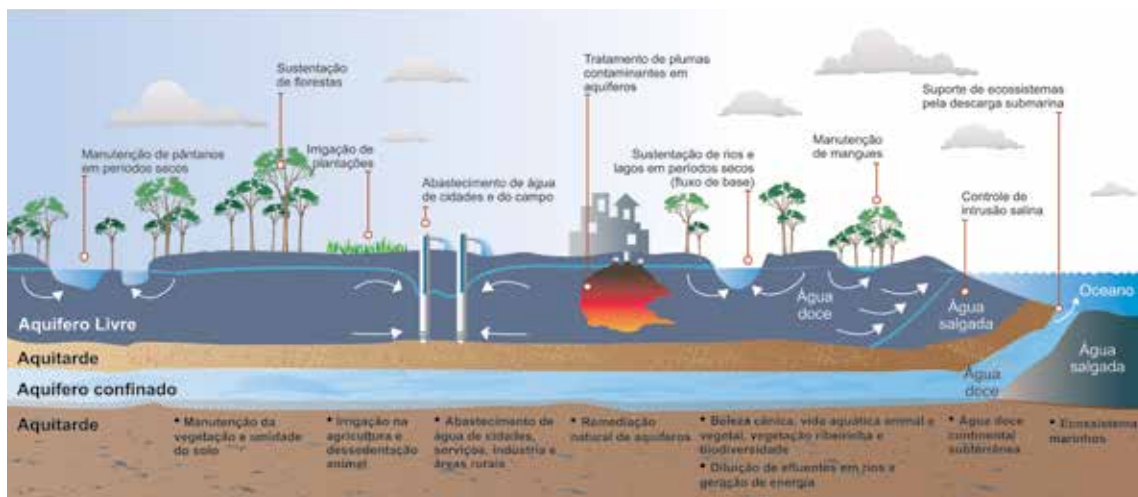


Figura 8. Serviços desempenhados pelas águas subterrâneas e aquíferos.

Em áreas tropicais, as águas subterrâneas respondem por 30 a 40% da vazão de um rio, assim como asseguram a sua perenidade em épocas de estiagem.

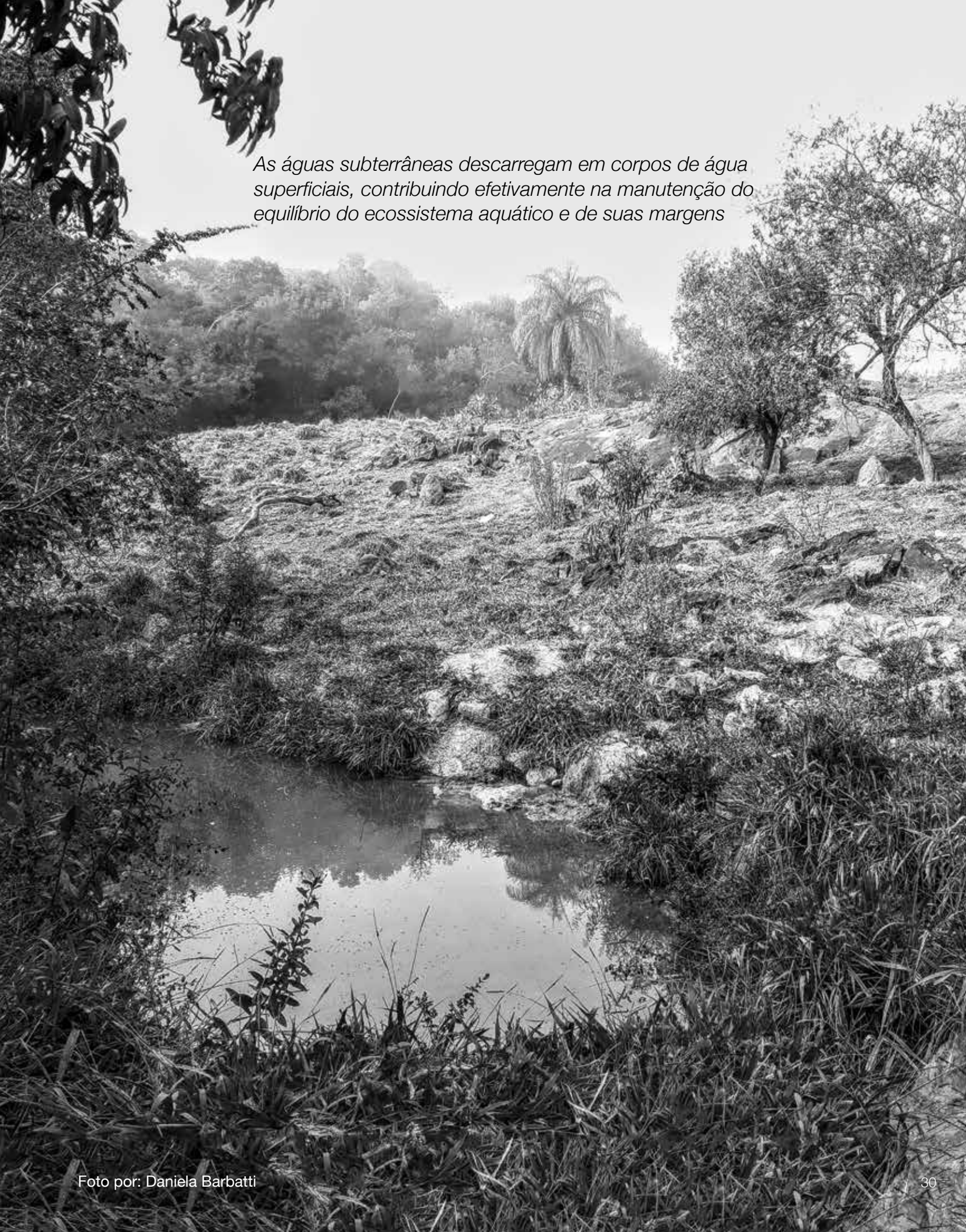


No Brasil, 90% dos rios são alimentados por águas subterrâneas (ANA 2017a). Geralmente em áreas tropicais, o fluxo de base representa 30-40% do total de vazão de um rio. Na estiagem, a água do rio pode provir quase que inteiramente do fluxo de base, mesmo em rios de grande porte como o São Francisco. Em um estudo recente, calculou-se que a contribuição subterrânea no fluxo total do rio na região de descarga do Aquífero Urucuia era superior a 80% durante os períodos de seca (ANA 2013, 2017a). A existência do lençol freático garante também que plantas de porte, como árvores, obtenham água durante o período de estiagem, quando o solo não recebe chuvas.

Outro papel crucial das águas subterrâneas é a sua descarga ao mar. O fluxo de águas subterrâneas impede o ingresso da água salgada marinha no continente e, conseqüentemente, a não salinização de aquíferos costeiros, além de atuar na regulação da salinidade de mangues. Em algumas situações, as descargas dos aquíferos no fundo oceânico sustentam comunidades ecológicas específicas que vivem em ambientes de mistura de água doce e água salgada.

Os aquíferos também possuem potencial para diluir e degradar compostos contaminantes que acabam se infiltrando no solo a depender de suas características hidrogeológicas e geoquímicas e da própria natureza e intensidade da contaminação. A zona de solo e o próprio aquífero constituem grandes reatores biogeoquímicos com capacidade de tratar os contaminantes, mas o aquífero propriamente dito pode diluir grandes plumas de contaminantes dissolvidos.

Assim, o papel das águas subterrâneas vai muito além do abastecimento de água às populações ou mesmo da produção de bens e serviços. A relação água superficial e subterrânea e os sistemas ecologicamente dependentes dos recursos hídricos são pouco aparentes, mas não menos importantes, e a não existência das águas subterrâneas faria com que o planeta fosse muito mais seco e menos diverso biologicamente.



As águas subterrâneas descarregam em corpos de água superficiais, contribuindo efetivamente na manutenção do equilíbrio do ecossistema aquático e de suas margens

5. A PERIGOSA RELAÇÃO ENTRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E A FALTA DE SANEAMENTO BÁSICO À POPULAÇÃO

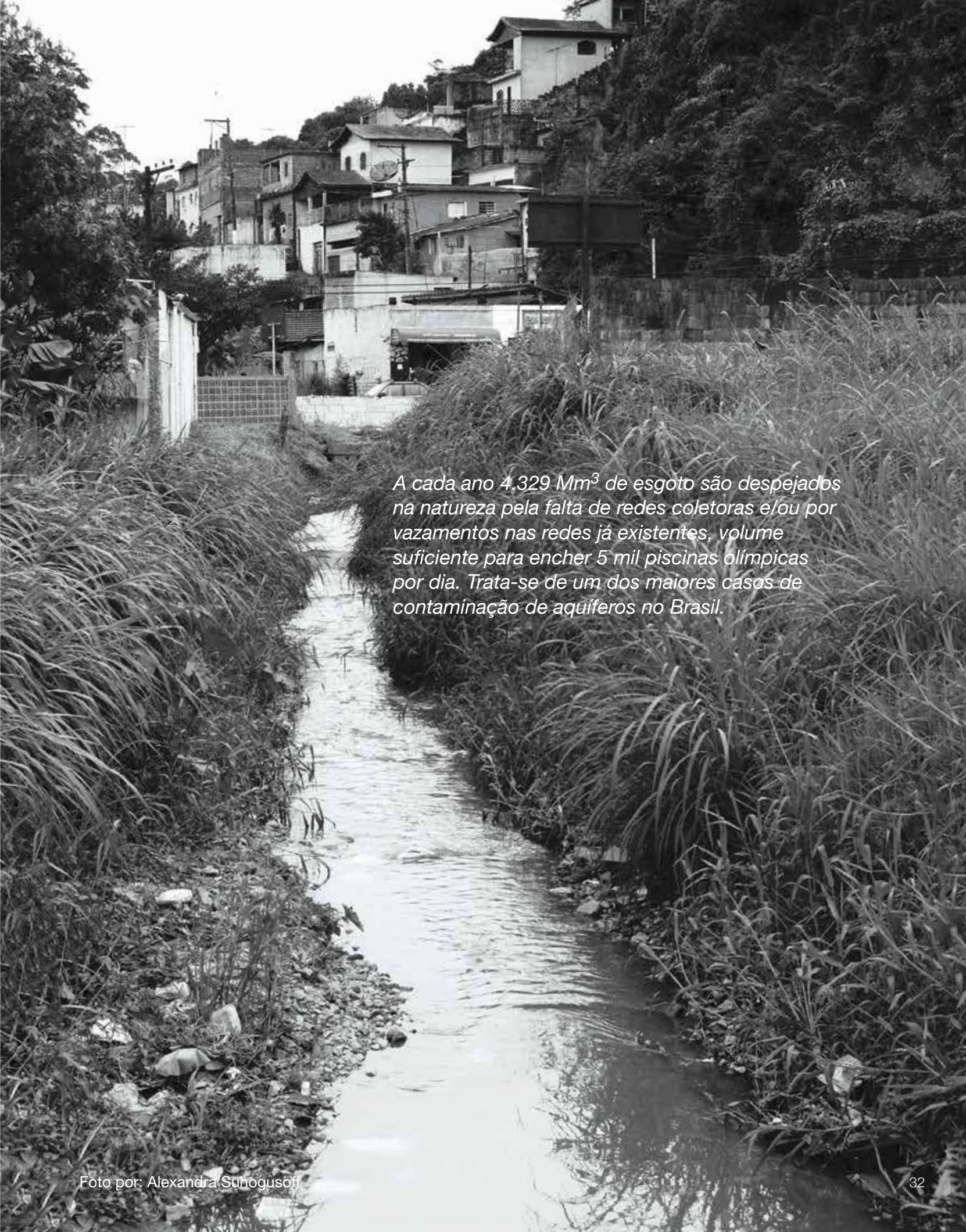
As águas subterrâneas apresentam geralmente excelente qualidade natural e, na maior parte das vezes, dispensa-se o tratamento pós-extração, como é comum às águas de rios, lagos e açudes. Um exemplo disso é a água mineral, que é naturalmente potável e corresponde a um tipo de água subterrânea, porém nem toda a água subterrânea possui as características necessárias para ser considerada mineral. Os problemas de qualidade natural das águas subterrâneas relacionam-se a determinados elementos químicos que são incorporados à água oriundos do intemperismo e dissolução de minerais nas rochas. Geralmente os mais comuns correspondem ao ferro, manganês e dureza e mais raramente ao flúor, cromo, bário e arsênio (Hirata et al. 2006, Bertolo et al. 2007).

Com a forte urbanização e a intensificação das atividades antrópicas, sobretudo após os anos 1960, têm sido crescentes os relatos de contaminação de aquíferos e das águas subterrâneas. Segundo a CETESB (2018), existem aproximadamente 6 mil áreas declaradas contaminadas no Estado de São Paulo, embora se estime que o número seja 10 vezes maior. Tal percepção é baseada nos históricos de contaminação em outros países e já reportados por autores como Hirata et al. (2015) e Barbosa et al. (2017). Essas contaminações provêm de atividades pontuais, responsáveis pela degradação de áreas de algumas centenas de metros quadrados, como as originadas pela estocagem de produtos perigosos, deposição de resíduos sólidos e lançamento de efluentes industriais.

A falta de redes de esgotamento sanitário e as precárias condições das redes existentes, devido a falhas de projeto e manutenção, são as causas de degradação de aquíferos ambientalmente mais preocupantes, responsáveis pelos maiores casos de contaminação em volume e área no Brasil (Hirata et al. 2015) (Painel 5).

No país, 39% de todo o esgoto gerado não é coletado: 12% é destinado para sistemas individuais de tratamento *in situ* e 27% não é coletado, tampouco tratado. Ademais, apenas 44% do total de esgoto é coletado e tratado e 17%, embora coletado, é despejado posteriormente em corpos hídricos superficiais (Figura 9).

Na ausência de redes coletoras, o destino da maior parte do esgoto é o lançamento no solo, através de fossas negras e sumidouros (99%), e apenas 1% é despejado em cursos de água superficial (IBGE, 2008). O volume anual relativo à parcela não coletada representa aproximadamente 3.785 Mm³ (Figura 9), dos quais 99% infiltram-se nos solos anualmente, ou seja, 3.747 Mm³/ano.



A cada ano 4.329 Mm³ de esgoto são despejados na natureza pela falta de redes coletoras e/ou por vazamentos nas redes já existentes, volume suficiente para encher 5 mil piscinas olímpicas por dia. Trata-se de um dos maiores casos de contaminação de aquíferos no Brasil.

Fossas sépticas, mesmo as corretamente construídas, contaminam as águas subterrâneas com nutrientes, em especial o nitrogênio (Robertson et al. 1991), cuja degradação muitas vezes não é atingida devido à capacidade de atenuação limitada dos aquíferos. As grandes plumas de contaminação de nitrato sob cidades sem rede de esgoto é consequência desse problema.

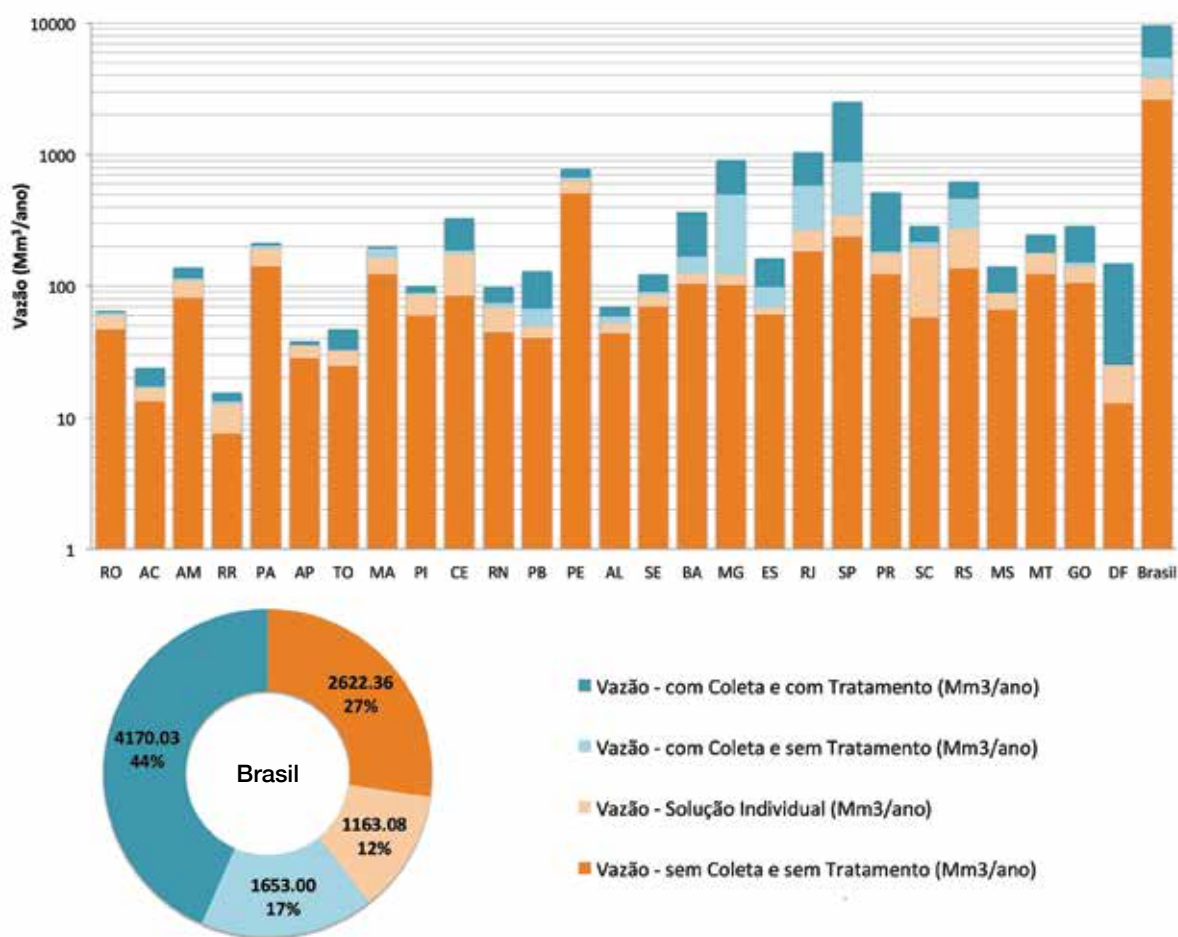


Figura 9. Destinação do esgoto urbano no Brasil e nos estados (ANA 2017).

Há nítida correlação entre a densidade de sistemas de saneamento in situ, como fossas sépticas e negras, e as maiores concentrações de nitrato e cloreto em aquíferos (Foster & Hirata 1988, Suhogusoff et al. 2013). Em áreas de alta densidade populacional, como em favelas e assentamentos, o problema é mais notável e preocupante, pois a falta de água encanada impele os habitantes a recorrerem às águas subterrâneas através de poços escavados, que costumam ser contaminados pelas próprias fossas negras e sépticas instaladas em suas cercanias.

São numerosos os casos reportados e documentados de contaminação de aquíferos em áreas sem rede de esgoto no exterior (Foster et al. 2002) e no Brasil (Suhogusoff et al. 2013, Hirata et al. 2015, Varnier et al. 2017).

Embora a instalação de redes de esgoto seja a maneira mais eficiente e comum para se evitar a contaminação de aquíferos urbanos, sua simples presença não é suficiente para assegurar a proteção desses reservatórios. Os materiais empregados na construção dessas redes antes da década de 1990, compostos predominantemente por cerâmica, concreto ou ferro, encontram-se em franca deterioração e volumes expressivos de esgoto acabam vazando, causando a contaminação dos aquíferos. Estima-se que o vazamento deva ser superior a 10% do total de esgoto coletado, causando a infiltração de 582 Mm³/ano de efluente urbano.

A contaminação de aquíferos gerada pela falta de manutenção da rede de esgoto urbano é corroborada por vários estudos no Estado de São Paulo, sobretudo aqueles conduzidos pelo Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas da Universidade de São Paulo (CEPAS|USP) e pelo Instituto Geológico da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (IG/SIMA) nas cidades de Marília, São José do Rio Preto, São Paulo, Bauru, Urânia, Andradina e Presidente Prudente (Hirata et al. 2015, Varnier et al. 2018) e também em várias capitais no Norte e Nordeste do país, incluindo Belém, Fortaleza, Natal, Recife (Hirata et al. 2015). A diversidade de usos e ocupação do território somada à geologia dessas cidades permitem conjecturar que o problema de contaminação de aquíferos urbanos pelo vazamento de esgotos das redes coletoras pode estar ocorrendo em praticamente todas as cidades brasileiras onde a instalação precedeu a década de 1990.

Estudos desenvolvidos em aquíferos sob cidades providas de redes de esgoto têm mostrado que os casos de contaminação são mais pronunciados nas seguintes condições:

- (a) em áreas de maior densidade populacional, pois com a geração de mais esgoto, há mais vazamento e este atinge o aquífero em maiores quantidades;
- (b) em áreas de redes de esgoto mais antigas, pois as taxas de vazamento são maiores para as tubulações instaladas antes de 1990. O vazamento ocorre porque além da falta de manutenção, os materiais do passado são tecnologicamente menos resistentes à corrosão e aos impactos mecânicos causados pela acomodação dos solos e pela própria variação de fluxo do efluente;
- (c) em porções mais rasas do aquífero, mostrando que as concentrações de contaminantes vão diminuindo com a profundidade.

Assim, estima-se que a cada ano o subsolo do país receba uma carga total de esgoto de 4.329 Mm³/ano, que corresponde à soma entre o esgoto gerado pela falta de rede coletora (3.747 Mm³/ano) e aquele proveniente do vazamento da própria rede, desprovida de manutenção (582 Mm³/ano). Esse volume é equivalente ao enchimento de aproximadamente 1,8 milhão de piscinas olímpicas por ano (ou quase 5 mil piscinas/dia).

A lição aprendida, com base nos vários casos de contaminação de aquíferos urbanos pelo esgoto sanitário, é que qualquer urbanização deveria ser precedida pela instalação de uma rede de esgoto, construída com materiais modernos, como plásticos resistentes e com juntas adequadas e duráveis, e regularmente mantida. Nas áreas antigas da cidade, a troca da rede de esgoto deve ser prioritária, sob pena de se perder o aquífero urbano devido à sua contaminação. Embora essa seja uma solução de engenharia indispensável, cabe ressaltar que uma vez eliminada a fonte de contaminação, algumas décadas serão necessárias para que o aquífero faça sua autodepuração, se nenhuma intervenção humana for realizada.

6. AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COMO ALTERNATIVA PARA ENFRENTAR OS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E O ATENDIMENTO DA REGIÃO SEMIÁRIDA

As mudanças climáticas globais (MCG) referem-se a alterações significativas no regime de chuvas, temperatura, evaporação e umidade em relação aos valores históricos de uma região. As causas dessas mudanças estão associadas ao aquecimento que o planeta vem experimentando como resultado das crescentes emissões de gases de efeito estufa oriundos de atividades antrópicas, sobretudo nas últimas três décadas (IPCC 2018). No Brasil, os efeitos observados têm sido o aumento da ocorrência de extremos climáticos, com chuvas fortes e intensas durante o período úmido e chuvas reduzidas e espacialmente irregulares nos períodos secos.

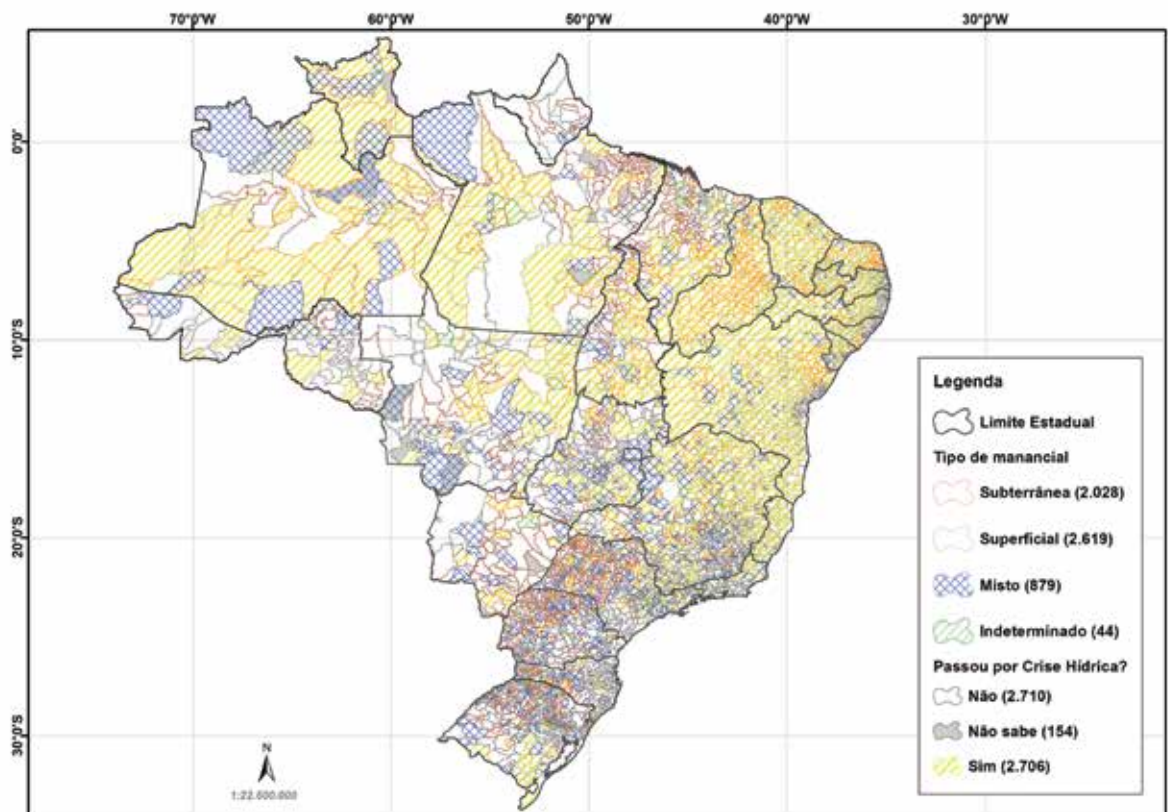


Figura 10. Municípios brasileiros que sofreram crise hídrica no período de 2013-2017, segundo o abastecimento preponderante (dados ANA 2010, IBGE 2017).



1.518 municípios abastecidos por água superficial no país passaram por crise hídrica nos últimos 10 anos, contra 840 abastecidos por água subterrânea.

Períodos longos e anômalos de estiagem vêm ocorrendo pelo país e também têm sido atribuídos às MCG pelos cientistas. Recentemente, entre os anos de 2013 e 2017, o país foi acometido por períodos de seca prolongados e atípicos, o que afetou boa parte do seu território, traduzindo-se em uma crise hídrica intensa que atingiu 2.706 municípios (IBGE 2017b) (Figura 10).

Contrapondo os resultados dos municípios que declararam situação de crise hídrica com as fontes de abastecimento de água utilizadas, observa-se que as cidades abastecidas exclusivamente por água subterrânea (36%) foram menos impactadas pela longa estiagem de 2013-2017 que aquelas abastecidas exclusivamente pelas águas superficiais (47%) (Tabela 1).

Tabela 1. Municípios brasileiros que sofreram a crise hídrica (2013-2017) em função do tipo de manancial predominante (IBGE 2017).

Manancial	Não passou por crise % (Nº de municípios)	Passou por crise % (Nº de municípios)	Não Soube Informar % (Nº de municípios)	Total % (Nº de municípios)
Superficial	18,7 (1.044)	27,3 (1.518)	1,0 (57)	47 (2.619)
Subterrâneo	20,1 (1.122)	15,1 (840)	1,2 (66)	36 (2.028)
Misto	9,3 (520)	5,9 (329)	0,5 (30)	16 (879)
Indeterminado	0,43 (24)	0,34 (19)	0,02 (1)	1 (44)
Total	48,7 (2.710)	48,6 (2.706)	2,8 (154)	100 (5.570)

Dos 5.570 municípios brasileiros, 48,6% (2.706) passaram por crise hídrica. Desses, 56% (1.518) usavam água superficial e apenas 31% (840) água subterrânea. Isso demonstra como os sistemas de abastecimento que utilizam águas subterrâneas são mais resilientes em longos períodos de estiagem.

A maior resiliência dos municípios abastecidos por águas subterrâneas deve-se ao fato dos aquíferos naturalmente armazenarem grandes volumes de água, o que possibilita sustentarem longas e contínuas extrações de água, mesmo na ausência de recarga através das chuvas. As águas superficiais, por outro lado, são extremamente vulneráveis às secas.

Dessa forma, as cidades e o campo poderiam estar mais preparados para o enfrentamento de estiagens caso as águas subterrâneas fossem incorporadas de forma integrada com os recursos hídricos superficiais aos sistemas de abastecimento.

Os aquíferos podem regularizar as ofertas de água de fontes mais vulneráveis à estiagem, como as provenientes de rios, açudes e lagos. Assim, um empreendimento hidrologicamente mais seguro poderia se beneficiar de estratégias conjuntivas, ou seja, que incluem o uso e a distribuição de águas superficiais e subterrâneas. Durante os períodos de cheia, a extração de água superficial poderia ser intensificada, enquanto na estiagem a água subterrânea poderia ser a opção principal. Em um outro arranjo, o excesso de água superficial tratada poderia ser usado para recarregar os aquíferos, de forma a restituir a perda do armazenamento da última estiagem por meio de sistemas de recarga artificial.

Em regiões sujeitas a longos períodos secos, como o semiárido brasileiro, a situação crítica de esvaziamento de açudes vem sendo contornada com a implementação de fornecimentos alternativos de águas, incluindo principalmente o uso da água subterrânea. O estado do Ceará, por exemplo, perfurou mais de 3 mil poços nos últimos três anos exclusivamente para o abastecimento das populações das cidades e da zona rural, em resposta aos sete anos de seca que tem acometido a região (Teixeira 2018) (Painel 6).

*Cidades dependentes do recurso subterrâneo
são mais resilientes à estiagem e têm mais
condições de enfrentarem os desafios impostos
pelas mudanças climáticas globais.*



7. CONCLUSÕES

As águas subterrâneas são responsáveis por uma revolução no Brasil. Longe das estatísticas oficiais de saneamento, de forma paulatina e silenciosa, as cidades e o campo têm recorrido a esse recurso para suprir as suas necessidades de água, viabilizar os seus negócios e melhorar a qualidade de vida da população. As águas subterrâneas são geralmente mais baratas e mais acessíveis que as águas superficiais para os pequenos e médios usuários. Por estarem em quase todas as partes, permitem que o seu uso não necessite de longas e caras adutoras.

Como os aquíferos encontram-se sob a superfície, longe dos olhos, esse recurso é ignorado pela sociedade e governantes, o que prejudica sua gestão e controle social. Mais de 88% dos poços tubulares são desconhecidos, ou seja, não estão em nenhum cadastro oficial dos órgãos gestores, que têm a responsabilidade do controle do acesso e uso do recurso. Essa estatística mascara ainda mais a importância das águas subterrâneas implicando em prejuízos sociais, ambientais e econômicos para a sociedade brasileira.

Estrategicamente, é preciso analisar o recurso hídrico subterrâneo sob duas perspectivas. A primeira é sobre a grande capacidade de armazenamento dos aquíferos, que permitiria garantir e regularizar o abastecimento de cidades, bem como a irrigação, mesmo em longos períodos de estiagem, fenômeno que tende a se agravar diante das mudanças climáticas globais. A segunda é que, no contexto hídrico atual, as águas subterrâneas tornaram-se imprescindíveis.

Elas fazem parte do abastecimento urbano de 52% das cidades brasileiras e os 2,5 milhões de poços tubulares existentes no Brasil, a maioria privados, extraem mais de 17.580 Mm³/ano (557 m³/s), ou o suficiente para abastecer toda a população do país.

Importante notar que o uso adequado das águas subterrâneas exige conhecimento técnico e deve obedecer formalidades legais, tais como o registro do poço, a obtenção da outorga, a eventual cobrança do uso do recurso hídrico e o monitoramento da qualidade da água extraída. A inobservância das exigências legais pode gerar a responsabilização ambiental do usuário, implicando, por exemplo, no pagamento de multas ou até no fechamento do poço. Por isso, antes de perfurar um poço, o interessado em explorar água subterrânea deve verificar as condicionantes legais com o órgão responsável pela gestão de recursos hídricos estadual.

Em suma, o não reconhecimento da importância das águas subterrâneas, em vista do caráter oculto desse recurso, faz com que sua gestão seja limitada e marcada por graves deficiências. Além dos riscos de extração de água acima das capacidades do aquífero, há também problemas de degradação da qualidade. Nesse quesito, um dos maiores impactos é aquele advindo da falta de esgotamento sanitário ou da insuficiente manutenção de redes coletoras já existentes. Cerca de 4.329 Mm³/ano de esgotos são injetados nos aquíferos, contaminando-os e restringindo a disponibilidade hídrica subterrânea para as populações.

A gestão e proteção adequadas do recurso hídrico subterrâneo requer, sobretudo, conhecimento do seu potencial e do quanto é explorado atualmente. Conhecer para proteger.



A maioria dos 35 milhões de brasileiros sem água encanada dependem das águas subterrâneas.

8. RECOMENDAÇÕES

A importância das águas subterrâneas para a sociedade brasileira, e para a manutenção do meio ambiente aquático e de florestas, é inequívoca. Isto, no entanto, é pouco conhecido pela sociedade. Portanto é necessário e urgente realizar ações visando a sua proteção. Tais ações devem estar ligadas a quatro grandes pilares: i) comunicação com vistas à conscientização da sociedade e do governo sobre o real papel social e ambiental e valor econômico das águas subterrâneas; ii) fortalecimento dos órgãos de controle e gestão dos recursos hídricos, sobretudo daqueles que atuam na fiscalização e disciplinamento do uso das águas; iii) ampliação da cobertura da rede de coleta e tratamento de esgotos; e iv) criação de programas permanentes de proteção das águas subterrâneas, baseados em pesquisa e estudos técnicos.

Sendo assim, recomendam-se:

(a) Promover mudanças nas políticas públicas que culminem em práticas de gestão integrada de recursos hídricos, como preconizada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), abrangendo as áreas de saneamento e águas subterrâneas e o planejamento territorial e das atividades econômicas e o meio ambiente.

(b) Ampliar a execução de estudos hidrogeológicos, com o objetivo de identificar oportunidades de exploração sustentável dos recursos hídricos subterrâneos para ampliação da oferta de água para a sociedade e de aumentar a resiliência do abastecimento por meio do uso conjuntivo das águas subterrâneas e superficiais, a partir de investimentos em pesquisa e monitoramento do recurso.

(c) Proporcionar a inclusão dos prestadores de serviços públicos de saneamento em parcerias com órgãos de governo e comitês de bacia para a execução de políticas públicas voltadas à gestão das águas subterrâneas, por meio de planos de monitoramento e fiscalização conjuntos.

(d) Criar programas de identificação de áreas críticas do recurso hídrico subterrâneo, ou seja, onde os aquíferos apresentam maior perigo de contaminação e de superexploração, como forma de orientar as políticas de proteção das águas subterrâneas.

(e) Planejar e ampliar a implantação de redes de esgoto e estações de tratamento dando-se prioridade a novas áreas de ocupação humana em detrimento às áreas de ocupação urbana mais antigas, onde o aquífero já se encontra contaminado. Nas áreas antigas, as companhias de saneamento deveriam implementar programas sistemáticos de reparação e substituição das antigas tubulações por materiais mais resistentes ao tempo.

(f) Trazer o tema águas subterrâneas e o recurso hídrico subterrâneo para a formação acadêmica de profissionais universitários e técnicos por meio de novos cursos, com uma abordagem moderna da gestão urbana e de meio ambiente. As universidades e centros de pesquisa devem promover a capacitação e atualização profissional de técnicos atuantes no setor, tanto do lado dos contratantes como dos ofertantes de serviços voltados às águas, para ganhar celeridade na evolução das políticas públicas no país.

(g) Criar programas permanentes de comunicação para orientação e conscientização dos usuários de águas subterrâneas sobre as necessidades de regularização dos poços e de estudos técnicos prévios à perfuração de poços e sobre os impactos da perfuração e extração das águas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus sinceros agradecimentos aos colegas Luiz Carlos Ferrari (CEPAS|USP), Amélia João Fernandes (IG|SIMA) e Claudia Varnier (IG|SIMA) pela leitura criteriosa do texto e as valiosas contribuições decorrentes.

Vários resultados apresentados nessa publicação somente foram possíveis graças ao financiamento de pesquisa de projetos da FAPESP (Processos 2014/05697-2; 2013/22469-0; 2011/50553-0), e bolsas da CAPES e CNPq de estudantes de pós-graduação.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). 2010. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional/Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape - Brasília: ANA : Engecorps/Cobrape.

Agência Nacional de Águas (Brasil). 2013. Estudos Hidrogeológicos na Bacia Hidrográfica do São Francisco - Sistema Aquífero Urucuia/Areado e Sistema Aquífero Bambuí. 2013. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/?wpfb_dl=1825>. Acesso em: 4 ago. 2017.

Agência Nacional de Águas (Brasil). 2016. Outorgas Emitidas pelas Unidades da Federação vigentes em Julho de 2016 (shp). Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=a13c9093-34bd-403f-88db-6ffbad2069e6>.

Agência Nacional de Águas (Brasil). 2017. Atlas esgotos : despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental . -- Brasília: ANA.

Barbosa, M.; Bertolo, R; Hirata, R. 2017. Method for environmental data management applied to megasites in the state of Sao Paulo, Brazil. Journal of Water Resource and Protection, v. 9, p. 322-338.

Bertolo, R; Hirata, R; Aly Jr, O. 2019. Método de valoração da água subterrânea impactada por atividades contaminantes no Estado de São Paulo. Revista Água Subterrânea, 33(3):303-313.

Bertolo, R; Hirata, R; Fernandes, A. 2007. Hidrogeoquímica das águas minerais envasadas do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, v. 37, p. 515-529.

Bertolo, R; Hirata, R; Conicelli, B.; Simonato, M; Pinhatti, A; Fernandes, A. 2015. Água subterrânea para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo: é possível utilizá-la em larga escala? Revista DAE, v. 63, p. 6-17

BRASIL. IBGE, Perfil do Municípios Brasileiros, 2017. Disponível em : <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/saude/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?=&t=downloads>>

BRASIL. IBGE/PNSB 2008. Disponível em : <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multi-dominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=o-que-e>>

BRASIL. IBGE, Perfil do Municípios Brasileiros, 2017. Censo Agropecuário. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=downloads>>

CETESB. 2018. Gerenciamento de áreas contaminadas. <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>

CPRM. 2018. SIAGAS: Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>

Conicelli, B. 2014. Gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado. São Paulo

Foster, S & Hirata, R. 1988. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. 2. ed. LIMA: Pan American Sanitary Engineering and Environmental Science Center (CEPIS/PAHO/WHO), 91p

Foster, S; Hirata, R; Gomes, D; D'Elia, M; Paris, M. 2002. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environments agencies. 1. ed. Washington: World Bank Group, 2002. v. 1. 103p.

Hirata, R.; Zobbi, J; Fernandes, A; Bertolo, R. 2006. Hidrogeología del Brasil: Una breve crónica de las potencialidades, problemática y perspectivas. Boletín Geológico y Minero, Madrid, v. 217, n.1, p. 25-36.

Hirata, R; Foster, S; Oliveira, F. 2015. Águas Subterrâneas Urbanas no Brasil: avaliação para uma gestão sustentável. 1. ed. São Paulo: Instituto de Geociências e FAPESP, 2015. v. 1. 112p.

Hirata, R & Escolero, O. 2017. Groundwater governance in São Paulo and Mexico metropolitan areas: some comparative lessons learnt. In: Karen G. Villholth; Elena López-Gunn; Kirstin Conti; Alberto Garrido; Jac van der Gun. (Org.). Advances in Groundwater Governance. 1ed.Boca Raton: CRC Press, 2017, v. 1, p. 579-594.

Hirata, R & Montenegro, S. 2018. Eaux souterraines et sécurité hydrique dans la RMR. In: Paul Cary; Armelle Giglio; Ana Melo. (Org.). Affronter le manque d'eau dans une métropole. Le cas de Recife, Brésil. 1ed.Paris: Septentrion Presses Universitaires, v. 1, p. 67-74.

IPCC. 2018. The Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>
Margat, J. & Van der Gun, J. 2013. Groundwater around the World, CRC Press/Balkema.

National Ground Water Association (NGWA). 2016. Facts About Global SM Groundwater Usage. Ohio – USA: Acesso em: <http://futuredirections.org.au/wp-content/uploads/2016/01/global-ground-water-use-fact-sheet.pdf>.

Robertson, W; Cherry, J; Sudicky, E. 1991. Groundwater contamination from two small septic systems on sand aquifers. Groundwater 29(1):82-92 <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1991.tb00500.x>

SERVMAR & FABHAT. 2012. Mapeamento de áreas com potenciais riscos de contaminação das águas subterrâneas da UGRHI-06 e suas regiões de recarga MA/12298/12/MBL. Relatório Técnico. São Paulo.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, ano de referência 2016. Disponível em : <http://www.snis.gov.br/component/content/article?id=161>

Suhogusoff, A. V.; Hirata, R. C. A.; Ferrari, L. Water quality and risk assessment of dug wells: a case study for a poor community in the city of São Paulo, Brazil. Environmental Earth Sciences (Internet), v.68, p.899-910, 2013.

Teixeira, F. 2018. Água subterrânea e a convivência com o semiárido. Palestra no Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Site: http://www.abas.org/xxcabas/apresentacoes/t2_16-30_francisco-teixeira.pdf

Varnier, C; Hirata, R; Aravena, R. 2017. Examining nitrogen dynamics in the unsaturated zone under an inactive cesspit using chemical tracers and environmental isotopes. Applied Geochemistry, v. 78, p. 129-138.



PAINEL 1 - AS DISTINTAS FORMAS DE SE OBTER ÁGUA SUBTERRÂNEA

As águas subterrâneas são extraídas por meio de poços ou pelo aproveitamento direto de nascentes.

As nascentes são pontos de descarga natural dos aquíferos que interceptam a superfície de um e que depois darão origem a corpos de água superficiais, como rios ou lagos (Figura P1-1).

Os poços são divididos em duas categorias principais: i) poços tubulares, popularmente chamados de artesianos ou semiartesianos, e ii) poços escavados, que recebem diversos nomes segundo a região do Brasil.

Poço tubular: trata-se de uma perfuração cilíndrica e vertical realizada por meio de máquinas, revestida com material em PVC aditivado ou em aço na forma de tubos e filtros, para captar água de um aquífero. Poços tubulares podem atingir profundidades de até 2.000 m. Em terrenos cristalinos (rochas duras), o diâmetro costuma variar entre 4 e 6 polegadas e, em sedimentares, entre 4 e 8 polegadas, podendo chegar a até 18 polegadas.

O poço artesiano é aquele poço tubular em que a água eleva-se de forma natural, sem ajuda de bombas, jorrando acima da superfície do solo. Nem todo poço tubular é artesiano. No entanto, algumas empresas perfuradoras empregam de forma equivocada o termo poço artesiano como sinônimo para qualquer poço tubular perfurado. Já o poço semiartesiano é aquele poço tubular que atinge profundidades de no máximo 60 m (Figura P1-2).

Poço escavado: consiste de uma perfuração efetuada manualmente com o auxílio de ferramentas simples (pás, baldes, enxadas) e revestida por bloco cerâmico, tijolo ou anel de concreto para retirada de água do aquífero. Em média, esses poços possuem até 25 m de profundidade e diâmetro de um a dois metros. Esse tipo de poço também é denominado de cacimba, poço raso, poço caipira, poço amazonas, poção etc. (Figura P1-3).



Figura P1-1. Nascente (Foto por: Instituto Trata Brasil)



Figura P1-2. Poço tubular (Foto por: Antonio Pinhatti)



Figura P1-3. Poços escavado (Foto por: Alexandra V. Suhogusoff)

PAINEL 2 - O USO E A IMPORTÂNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELO MUNDO

A captação anual estimada de água subterrânea no mundo, tendo 2010 como ano de referência, supera os 1.000.000 Mm³, colocando esse recurso na posição de substância com maior nível de extração do subsolo. As águas subterrâneas têm um papel fundamental em diversos países, estando presentes no abastecimento das populações, irrigação e indústria (Tabela P2-1).

Tabela P2-1: As nações com as maiores extrações anuais estimadas de águas subterrâneas para todos os usos (NGWA 2016, adaptado de Margat & van der Gun 2013, e dados próprios).

País	Extração de água subterrânea			
	Vazão anual estimada em 2010 (Mm ³ /ano)	Uso na irrigação (%)	Uso doméstico e urbano (%)	Uso industrial (%)
Índia	251.000	89	9	2
China	111.950	54	20	26
Estados Unidos	111.700	71	23	6
Paquistão	64.820	94	6	0
Irã	63.400	87	11	2
Bangladesh	30.210	86	13	1
México	29.450	72	22	6
Arábia Saudita	24.240	92	5	3
Brasil	17,580	24 (*)	66 (**)	10
Indonésia	14.930	2	93	5
Turquia	13.220	60	32	8
Rússia	11.620	3	79	18
Síria	11.290	90	5	5
Japão	10.940	23	29	48
Tailândia	10.740	14	60	26
Itália	10.400	67	23	10

(*) agricultura e pecuária

(**) inclui uma parcela do abastecimento rural doméstico, saneamento em indústrias, e serviços urbanos.

As águas subterrâneas são fundamentais nos cinco continentes. Na América, além de Estados Unidos e México, que são considerados grandes usuários, esses recursos desempenham um papel importante no abastecimento público de países como Belize, Costa Rica, Equador, Venezuela, Bolívia, Peru e Uruguai. No norte da África, países como Argélia, Chade, Egito, Líbia, Marrocos e Sudão, também dependem desses recursos não apenas para o abastecimento público, como também para a irrigação. Na Austrália, as águas subterrâneas são fonte prioritária para os vários usos, incluindo o abastecimento público. Nos países europeus, a importância dos recursos subterrâneos gerou a aprovação de uma diretiva europeia específica (Diretiva nº 2006/118/CE),

na qual se reconhece que essas fontes hídricas representam as massas de água doce mais sensíveis e importantes da União Europeia. Essa afirmação justifica-se, pois 75% dos europeus são abastecidos por águas subterrâneas. O suprimento hídrico da Dinamarca e da Áustria é garantido, quase exclusivamente, pelas águas subterrâneas. Tais recursos também representam uma fonte importante no abastecimento público e na irrigação para a Alemanha, França, Itália e Espanha. A Ásia é o continente que possui o maior número de grandes usuários em termos de volumes de água, dentre os quais destacam-se Índia, China, Paquistão, Irã, Bangladesh, Arábia Saudita, Indonésia, Turquia, Japão e Tailândia.

No caso específico do Brasil, em 2015, somente os usos legalizados extraíam 6.620 Mm³/ano de água subterrânea. Como se sabe que os poços regulares são a minoria, esse volume está muito aquém da real exploração. Estima-se que o Brasil extraia em média 17.580 Mm³/ano, transformando-o em um usuário significativo de águas dentro do contexto mundial (Tabela P2-1).

Percebe-se que as águas subterrâneas são utilizadas por países com perfis socioeconômicos bastante distintos e que seu uso prioritário varia, mas de forma geral a agricultura é o principal usuário. A exploração das águas subterrâneas é influenciada por características relacionadas ao tipo de atividade econômica, condições climáticas, demandas pelo uso da água, presença de recursos hídricos superficiais, características do aquífero, capacidade tecnológica de perfuração, custo-benefício das várias fontes de água e a tradição pelo uso de uma ou outra fonte. Há uma grande dificuldade para obtenção de dados confiáveis sobre a exploração de águas subterrâneas e sua distribuição entre os usuários, não apenas no Brasil, mas no mundo.



PAINEL 3 - A IRREGULARIDADE, A ILEGALIDADE E O DESCONHECIMENTO DA EXISTÊNCIA DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

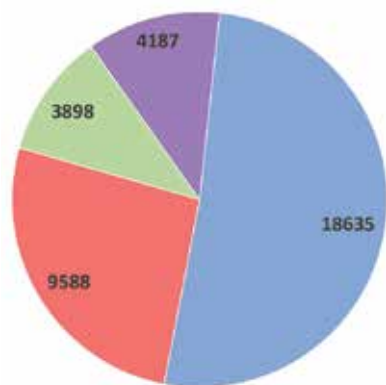
Com exceção dos usos considerados isentos (art. 12, § 1º da Lei Federal nº 9.433/1997), a exploração das águas subterrâneas está sujeita à obtenção de outorga de direitos de uso de recursos hídricos. Esse instrumento constitui o ato administrativo que define os termos e as condições mediante as quais o Poder Público permite, por prazo determinado, o uso de recursos hídricos. As águas subterrâneas são bens de domínio estadual, portanto cabe aos órgãos e entidades estaduais gestoras de recursos hídricos autorizar a perfuração de poços e o uso dos aquíferos.

No caso do Estado de São Paulo, nos usos isentos de outorga, a legislação exige que o proprietário cadastre seu poço no órgão competente, o qual certifica o uso isento. O uso das águas subterrâneas sem ou em desacordo com os termos da outorga é considerado infração administrativa prevista no artigo 49 da Lei Federal nº 9.433/1997. Além disso, essa conduta poderia ser enquadrada no crime do art. 60 da Lei Federal nº 9.605/1998. Por isso, antes de se perfurar um poço é importante que o interessado consulte o órgão gestor de recursos hídricos sobre as exigências necessárias para realizar o aproveitamento dessas águas.

Há um grande descompasso entre o número de poços reais, o cadastrado no SIAGAS da CPRM e aquele dos efetivamente outorgados pelos Estados. No Relatório Conjuntura de 2017, a ANA (2017a) estimou a existência de 1,2 milhão de poços; o SIAGAS tem o cadastro de 305.415 (CPRM 2018), enquanto no ano de 2015 existiam apenas 36.308 poços registrados com outorgas válidas segundo a base de dados sobre outorgas emitidas pelas Unidades da Federação (ANA 2016). Deve-se alertar que o fato de um poço ter cadastro no SIAGAS não quer dizer que ele seja regular. Contudo, o presente estudo estimou que o Brasil possua mais de 2,5 milhões de poços tubulares. O Censo Agropecuário do IBGE (2017a) contabilizou que 1,03 milhão de propriedades rurais declaram dispor de pelo menos um poço tubular. Independentemente das estimativas de poços existentes, apenas a minoria dos usuários de águas subterrâneas encontra-se em situação regular (pouco mais de 1% do total dos 2,5 milhões de poços existentes). Esse cenário é preocupante pois impede que esses usos sejam contabilizados no balanço hídrico da bacia, o que pode gerar um quadro de superexploração e de interferências nos volumes de água extraídos pelos usuários de águas superficiais e subterrâneas legalizados.

O maior número de outorgas válidas pertence ao setor de abastecimento urbano e rural, seguido pela indústria (Figura P3-1). Contudo, ao se analisar o consumo per capita dos usuários (relação de número de outorgas/vazão), o principal usuário é a agricultura (48,7 m³/h), seguido da indústria (20,9 m³/h) e do abastecimento urbano e rural (17,9 m³/h). Proporcionalmente, os usuários da irrigação utilizam mais água que os outros setores (ANA 2016).

Número de outorgas de direito de uso das águas subterrâneas válidas em 2015



Irrigação Outros Abastecimento urbano e rural Indústria

Vazão total (m³/s) por tipo das outorgas de direito de uso das águas subterrâneas em 2015

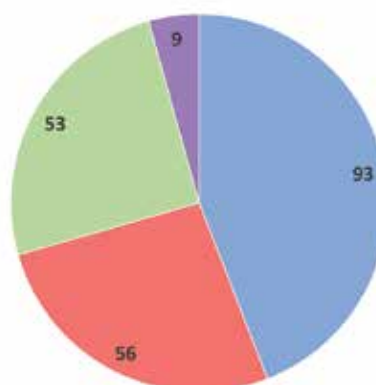


Figura P3-1. Distribuição dos usos de águas subterrâneas nas outorgas no Brasil (ANA, 2016).

Apesar da minoria dos usuários buscar a regularização de seus poços, percebe-se um incremento considerável no número de pedidos de outorga nos últimos anos (2010-2015) em todos os setores e regiões brasileiras (Figura P3-2).



Figura P3-2. Evolução das concessões de outorgas no Brasil, por regiões administrativas (ANA, 2016).

O Sudeste concentra, de forma absoluta, a maior parte das outorgas, tendo experimentado um crescimento de 62% entre 2014-2015, especialmente em decorrência da crise hídrica (ANA 2016). Esse dado demonstra que os usuários recorreram às águas subterrâneas em períodos de estiagem. Nos estados do Centro-Oeste, Nordeste e Norte, chama a atenção o baixo número de outorgas concedidas entre os anos de 2010 e 2011, o que pode ser retrato do desinteresse pela legalização da situação do poço ou ainda problemas relacionados ao cadastro e transmissão das informações para a ANA.



PAINEL 4 - O PAPEL OCULTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA SEGURANÇA HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ (REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO)

O abastecimento de água e a coleta de esgoto público dos municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) está a cargo, prioritariamente, da SABESP e, subordinadamente, de algumas empresas municipais. A RMSP praticamente confunde-se geograficamente com a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT). Mais de 61 m³/s (2018) de água são distribuídos a uma população de mais de 21 milhões de pessoas. A SABESP opera 69 poços tubulares, cujo volume de água extraído representa 1% do total do abastecimento público. Entretanto, há mais de 13 mil poços tubulares privados (Figura P4-1), que extraem um total de 11 m³/s. Como a maior parte dessa água complementa o abastecimento público, é possível afirmar que a dependência da RMSP pelo recurso subterrâneo é superior a 18%.

Assim, o papel e a importância das águas subterrâneas para a RMSP são muito maiores do que as estatísticas oficiais apresentam. Na recente crise hídrica, essa dependência ascendeu a 25% do total de água produzida, devido à redução na produção das fontes superficiais, sobretudo dos sistemas Cantareira e Alto Tietê, combinada a uma forte corrida para a perfuração de novos poços tubulares. A relevância desse recurso ganha destaque diante da atual estrutura do sistema público de produção de água, que não pode prescindir desses 11 m³/s, já que tem operado próximo ao seu limite. A perda dessa vazão de água subterrânea significaria sérios riscos ao abastecimento público.

O problema é mais preocupante, pois mais de 60% dos poços tubulares existentes na BAT são irregulares ou desconhecidos pelo órgão outorgante do estado, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

As águas subterrâneas são um recurso intensamente explorado nas áreas centrais da RMSP, mas estudos hidrogeológicos recentes mostram que o seu potencial poderia ser superior a 20 m³/s, desde que os novos poços fossem perfurados em áreas afastadas das maiores densidades de captações (Bertolo et al. 2015).

Poços tubulares privados podem ser importantes aliados no abastecimento público, aumentando a segurança hídrica das cidades, mesmo as de maior porte. O prestador do serviço público de água pode ser beneficiado pela presença desses poços, pois não necessita investir em obras de captação de água para aumentar a oferta para esses usuários. Somente na RMSP, o total dos poços tubulares representa um investimento de aproximadamente 390 milhões de reais⁴ e, se toda a produção de 11 m³/s fosse dirigida ao abastecimento doméstico tal vazão poderia dar conta de 6 milhões de residentes.

O cenário ideal é aquele em que o governo aposte em esquemas de governança hídrica participativos, nos quais são estabelecidas relações de parcerias com os usuários de poços particulares. A existência desses poços permite que os usuários não utilizem a rede pública principalmente nos

⁴ O valor considera 13 mil poços da RMSP, a um custo individual de 30 mil reais.

momentos de estiagem, contribuindo para minimizar a sobrecarga do sistema público. Além disso, pensando que a captação desse volume de água é em grande parte convertida em esgotos e estes são absorvidos por redes já instaladas, seria uma grande oportunidade para os prestadores de água e esgoto de incrementarem suas receitas por serviços já prestados. Calcula-se que o valor do esgoto gerado pelo consumo de águas subterrâneas na BAT seja de mais de 1 bilhão de reais por ano⁵.

Esse arranjo entre o setor público e os usuários privados poderia ser uma alternativa de otimização do suprimento de água em cidades. As companhias de água carecem de investimentos e têm limitações em garantir o seu abastecimento. Já o usuário necessita de assistência técnica para perfurar bons poços e mantê-los adequadamente. Um programa governamental ou mesmo da companhia de água poderia garantir que o usuário tivesse tal suporte técnico em troca da regularização de seus poços e dos pagamentos corretos pela água aos órgãos dos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos e pelo serviço de esgoto. Isso reduziria as perdas de faturamento dos prestadores dos serviços públicos de saneamento e permitiria o aumento dos investimentos na bacia hidrográfica. Hoje a irregularidade, ilegalidade e o desconhecimento da quantidade real dos poços causam evasão de centenas de milhões de reais anualmente em todo o país.

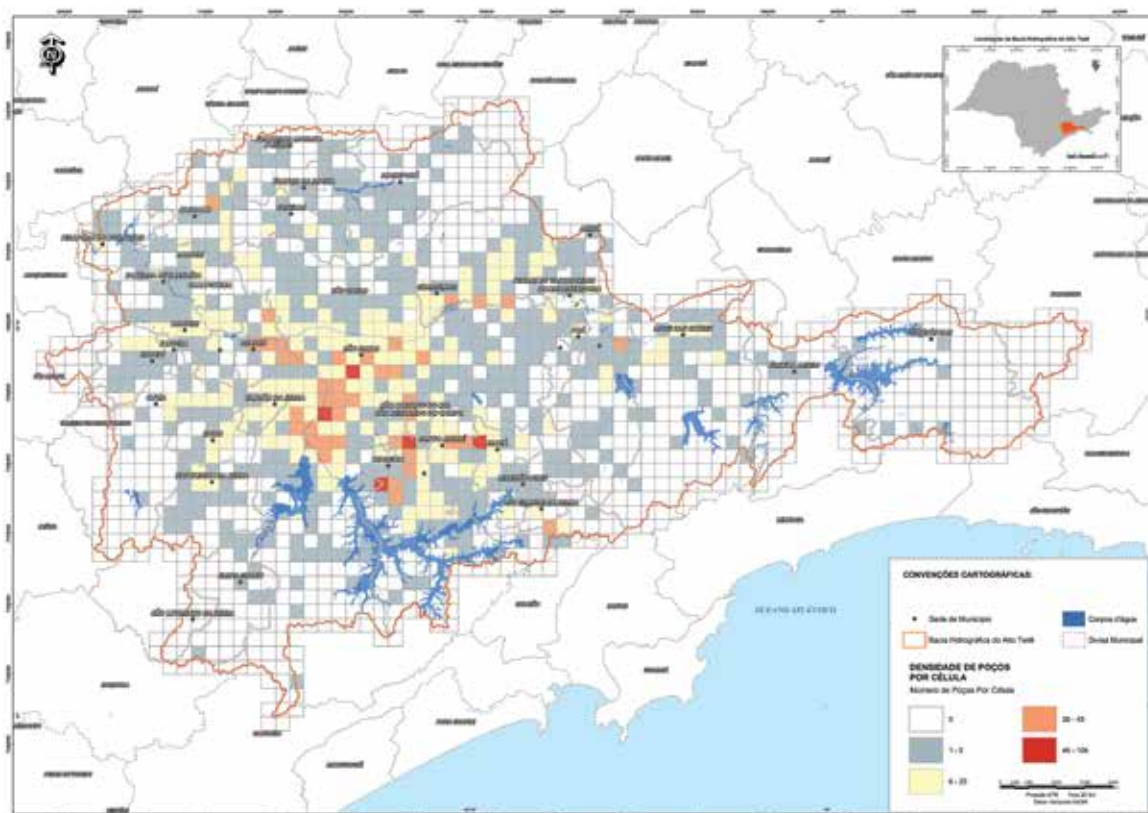


Figura P4-1. Distribuição de poços tubulares privados na BAT (Servmar & FABHAT 2012, Conicelli 2014).

⁵ O valor considera a cobrança de R\$ 3,91/m³ de esgoto (tarifa até 20 m³/mês da SABESP, 2018) para um volume total de 8,8 m³/s (80% do consumo de água)



PAINEL 5 - A FALTA DE SANEAMENTO E A CONTAMINAÇÃO DOS AQUIFÉROS URBANOS BRASILEIROS – OS CASOS DE NATAL (RN) E URÂNIA (SP)

A falta de saneamento em cidades é uma das principais causas de contaminação de aquíferos, como atestam extensas plumas de nitrato sob áreas urbanas. Há relatos bem documentados que mostram a contaminação de aquíferos sob cidades (Varnier et al. 2018), mas talvez uma das mais emblemáticas seja a que ocorre na Região Metropolitana de Natal (RMN). Nessa região, a degradação causada pela falta de rede coletora de esgoto tem limitado o uso das águas subterrâneas para o abastecimento público.

A RMN tem uma população de 1,2 milhão de pessoas distribuída em nove municípios. A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) abastece 95% da população, mas apenas 35% dos habitantes são beneficiados por rede de esgoto. O abastecimento é majoritariamente subterrâneo, realizado através de 1.500 poços tubulares, e suplementado por águas oriundas das lagoas de Extremoz e Jiqui, ambas conectadas e perenizadas pelas descargas dos aquíferos locais.

A contaminação por nitrato atinge 70% e 60% dos poços da CAERN no norte e sul da RMN, respectivamente, tornando a água não potável (Figura P5-1). Há clara relação entre as maiores concentrações desse contaminante em áreas onde historicamente não há rede de esgoto. O tratamento das águas com nitrato é caro, o que obriga o prestador do serviço de saneamento a diluir essas águas com outras não contaminadas, sobretudo aquelas provenientes dos açudes. É certo que há necessidade de se estender a rede pública de esgoto para toda a cidade, entretanto tal medida resultaria em aquíferos limpos somente depois de algumas décadas, devido à reduzida velocidade das águas subterrâneas e ao ambiente oxidante do aquífero, que preserva o contaminante. Outra medida importante seria que a instalação de redes de esgoto precedesse a ocupação urbana nos novos bairros.

Embora redes coletoras de esgoto sejam a medida de engenharia mais eficiente para reduzir o impacto dos efluentes urbanos em aquíferos, sua mera existência não garante a integridade da qualidade das águas contidas em aquíferos. Estudos em cidades paulistas, conduzidos pelo CEPAS/USP, mostram que o vazamento da rede pública urbana é capaz de gerar e manter extensas plumas contaminantes em concentrações que superam os limites de potabilidade.

Urânia é uma cidade de pouco mais de 9 mil habitantes no interior do estado de São Paulo e que em sua parte central conta com uma rede de esgoto construída nos anos 70. Estudos hidrogeológicos revelaram que a pluma contaminante está presente extensivamente no aquífero, sobretudo até 60 m de profundidade (Figura P5-2). A área mais afetada pela contaminação encontra-se onde a cidade carecia de rede esgoto, seguida pela área onde a rede era mais antiga. Estudos em Presidente Prudente (SP) mostraram igualmente uma relação entre o tempo de vida da rede de esgoto, a densidade populacional e as maiores concentrações de nitrato no aquífero freático sob a cidade (Procel, 2011). As áreas em que a rede de esgoto foi instalada antes de 1990 continham os poços mais contaminados, com concentração máxima registrada de 46 mg/L como nitrato.

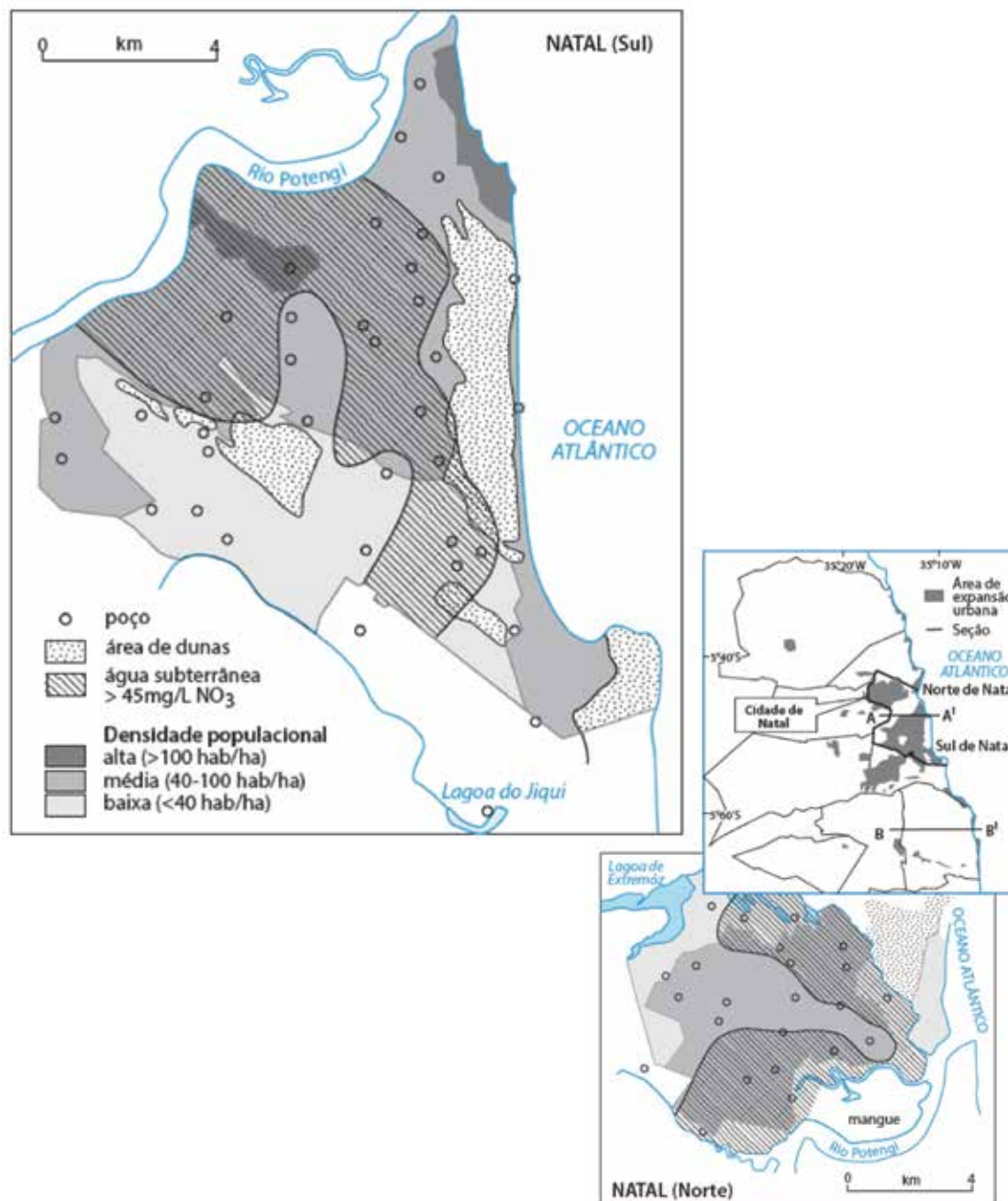


Figura P5-1. Contaminação das águas subterrâneas por nitrato originado do esgoto urbano de Natal (RN) Hirata et al. 2015).

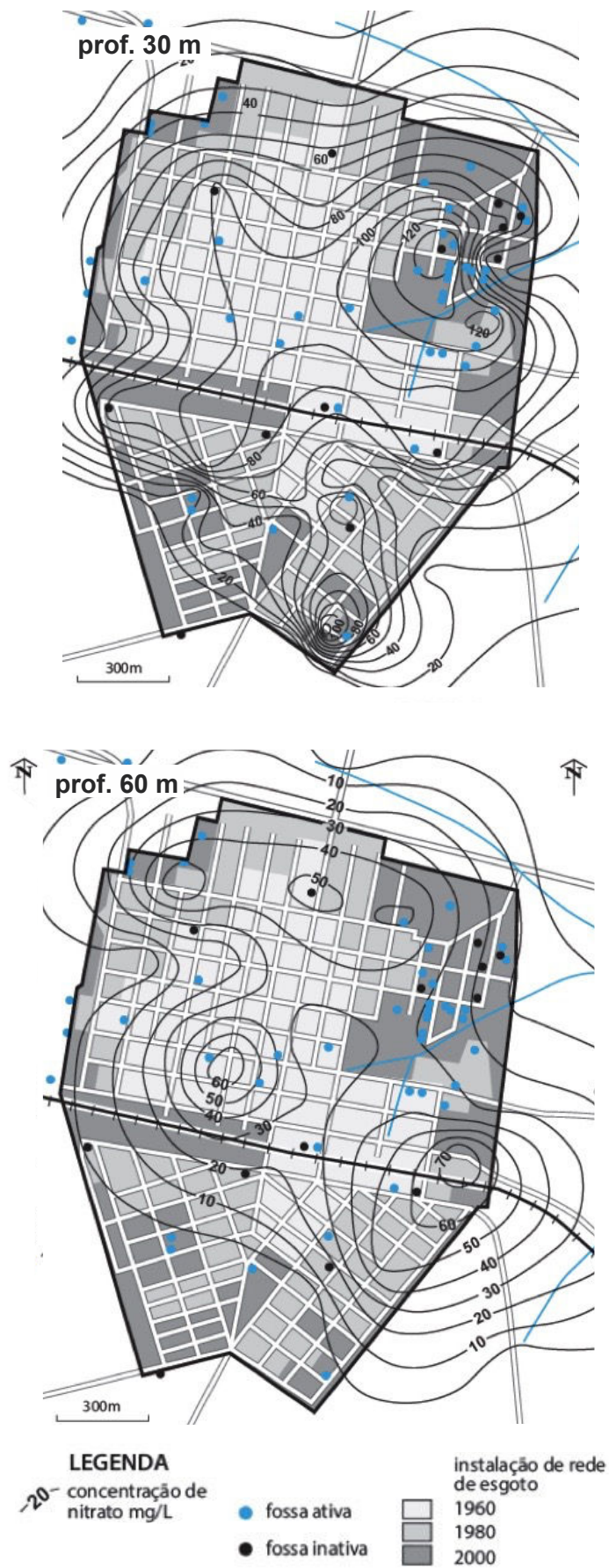


Figura P5-2. Contaminação de nitrato no Aquífero Adamantina em Urânia (SP) e a relação com vazamento de antigas redes de esgoto (Hirata et al. 2015).





PAINEL 6 - O PROGRAMA ÁGUA DOCE E O ABASTECIMENTO DE POPULAÇÕES RURAIS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O semiárido brasileiro ocupa uma área de 969,6 mil km² (11% do território), distribuindo-se em 9 estados e abarcando 1.133 municípios. Nessa região, vivem mais de 21 milhões de pessoas, das quais 9 milhões em área rural.

As dificuldades de abastecimento da população e da atividade agropecuária estão mais associadas à distribuição irregular das chuvas do que propriamente à baixa taxa de pluviometria, cuja média é de 500 mm/ano. A região também é caracterizada pelo elevado nível de pobreza e reduzidos investimentos em infraestrutura, o que agrava e limita as ações de superação dos problemas decorrentes das longas estiagens.

No semiárido, não há rios perenes e a construção de açudes foi a forma de reservar a água superficial, ainda que esse sistema tenha eficiência limitada, em função da grande taxa de evaporação. Milhares de poços tubulares têm sido perfurados na região, pois as águas subterrâneas são a única fonte hídrica para muitas comunidades. Entretanto, a falta de estudos e de conhecimento da dinâmica da água nos complexos aquíferos fraturados vêm limitando o sucesso dos poços perfurados. Ademais, devido à grande taxa de evaporação, muitos poços apresentam águas com elevado teor salino. Há aquíferos sedimentares caracterizados por moderadas a altas vazões e boa qualidade das águas, que, todavia, estão restritos em área.

Esse quadro de grande vulnerabilidade social e climática fez com que em 2004 fosse lançado o Programa Água Doce (PAD) pelo governo federal, em convênio com os estados e municípios. O PAD é uma iniciativa para prover de água potável as comunidades mais pobres do semiárido. Ele aproveita poços tubulares já perfurados e que muitas vezes estão abandonados pela alta salinidade de suas águas. O tratamento da água se faz com um dessalinizador de osmose reversa dedicado para cada poço.

O PAD já diagnosticou 3.145 comunidades, em 298 municípios, e contratou mais de 700 sistemas de dessalinização, com 530 obras concluídas (até 2018), em 170 municípios no país. Esse programa tem se mostrado mais que um sistema de dessalinização de água subterrânea para o abastecimento de populações rurais, já que, além de fornecer água, contribui para o desenvolvimento regional. O PAD também incorporou ações que incentivam a produção, tais como a adaptação e a criação de peixes nas águas salgadas geradas no sistema de osmose reversa e a irrigação de plantas com esses efluentes em uma agricultura bioessalina.

Por fim, esse programa fomentou a organização da comunidade local, pois o gerenciamento da planta dessalinizadora é feito pelos moradores, que, de forma coletiva, decidem pelo manejo do sistema. Mais recentemente, a participação de agentes de saúde e de educadores locais foi incluída no programa, de forma a estender os seus benefícios à educação de jovens e à prevenção de doenças.



GLOSSÁRIO

Água potável: água apropriada para o consumo humano, cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde. Os padrões de potabilidade são definidos pela Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5/2017.

Águas subterrâneas: águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo.

Água mineral: águas subterrâneas que são provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa.

Aquífero: formação geológica com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras, ou espaços resultantes de sua dissolução.

Aquífero freático ou livre: reservatório cujo limite superior é a superfície de saturação, que se encontra submetida à pressão atmosférica.

Aquífero cristalino: reservatório de água subterrânea, onde a água ocorre em fraturas ou fissuras de rochas ígneas, metamórficas e algumas sedimentares.

Aquífero fraturado: (ver Cristalino).

Aquífero sedimentar: reservatório subterrâneo, onde a água se encontra nos poros de rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos. O armazenamento e a circulação da água ocorrem nos poros do material geológico.

Ciclo hidrológico: fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre.

Contaminação: é a incorporação de microrganismos patogênicos, substâncias químicas tóxicas e/ou radioativas em concentrações que trazem efeitos deletérios à saúde dos seres vivos. Se a contaminação não resultar em uma alteração das relações ecológicas dentro do ecossistema, não é tratada como uma forma de poluição.

Degradação: é a diminuição da característica, qualidade e/ou quantidade. Degradação ambiental corresponde à deterioração da qualidade de um ambiente físico (solo, águas, ar, biomassa) por atividade humana direta ou indireta acarretando o declínio dos recursos naturais e comprometendo assim o alcance de objetivos e necessidades sociais e ecológicos.

Dureza: é soma de determinados íons dissolvidos na água, principalmente cálcio e magnésio, que, dependendo de sua quantidade, podem reagir com o sabão formando compostos pouco solúveis, impedindo assim que haja a formação da espuma de limpeza.

Estiagem: fenômeno natural que ocorre quando há um período de tempo sem a ocorrência de chuvas.

Exploração e exploração de água: o termo exploração refere-se ao uso de um bem ou recurso, ou seja, a extração de água para um determinado uso. Já o termo exploração tem o significado de estudar ou investigar.

Formação geológica: unidade mapeável conformada por rochas que apresentam características geológicas comuns, que a distingue de outras ao seu redor, incluindo composição, ambiente de formação etc.

Fossas negra ou rudimentar: cavidade construída no solo que recebe esgotos, podendo ou não atingir aquífero freático. É sanitariamente condenável. Outro termo empregado é sumidouro, mas este geralmente associado à infiltração de outras águas servidas.

Fossa séptica: 1. vala escavada na terra, na qual dejetos orgânicos depositados sofrem fermentação e perda de umidade. 2. Fossa ou tanque subterrâneo onde se promove a decomposição anaeróbia parcial de esgoto doméstico.

Fluxo de base: porção da vazão ou fluxo de um curso d'água que é alimentado unicamente por água subterrânea.

Heterogeneidade: característica daquilo que não possui homogeneidade ou uniformidade no espaço. No caso de aquíferos, emprega-se aos casos onde o meio tem a permeabilidade muito variável no espaço.

Intemperismo: processo ou conjunto de processos combinados químicos, físicos e/ou biológicos de desintegração e/ou degradação e decomposição de rochas causados por agentes geológicos diversos junto à superfície da crosta terrestre.

Linhas de adução: sistema de infraestruturas hidráulicas (tubos, canais, galerias) destinadas a transportar a água desde a origem da captação até à distribuição.

Mudança climática: qualquer mudança do clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural, seja como resultado da atividade humana.

Nascente: local de início de um curso d'água, caracterizado pelo lugar de maior altitude desse curso onde seu trecho de drenagem mais a montante (primeiro trecho) surge no terreno com ou sem escoamento superficial de água. É também o afloramento da água subterrânea ou onde o nível freático é tem cota altimétrica superior à topografia.

Outorga de direito de uso: instrumento de gestão de recursos hídricos, pelo qual o usuário recebe uma autorização para fazer uso da água, garantindo a captação de determinada vazão de água, de uma determinada fonte hídrica, em um local definido, para um determinado uso, durante um determinado período de tempo e que pode lhe assegurar o direito de uso da água. Trata-se de um ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante competente faculta ao requerente o direito de uso dos recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes.

Pluma de contaminação: dispersão dos poluentes dissolvidos provenientes de uma fonte pontual de contaminação. Essa expansão é influenciada pelo fluxo de água subterrânea (gradiente hidráulico, velocidade, tipo de recarga), pela permeabilidade do solo e pela natureza e volume dos contaminantes.

Poço: cavidade aberta no solo para atingir um aquífero.

Poço artesiano: (ver poço tubular).

Poço escavado: poço escavado geralmente de forma manual e revestido de bloco cerâmico, tijolo ou anel de concreto para retirada de água do lençol freático. Em média, esses poços possuem até 25 metros de profundidade e diâmetro de um metro.

Poço ilegal: aquele cuja perfuração e uso das águas subterrâneas não encontram amparo na lei, portanto sua existência é proibida e, conseqüentemente, o pedido de outorga seria negado.

Poço irregular: aquele cuja perfuração e uso das águas subterrâneas encontram respaldo na lei, porém é exigido o cumprimento de determinados trâmites ou são impostas restrições ou condicionantes para esse uso, que não foram atendidas pelo proprietário do poço.

Poço semiartesiano: (ver poço tubular).

Poço tubular: é um poço circular de diâmetro reduzido, perfurado com equipamento especializado formando uma estrutura hidráulica que, permite a extração econômica de água de camadas profundas do subsolo constituídas por um ou mais aquíferos. De modo geral, o poço é revestido internamente com tubos metálicos ou plásticos, a fim de evitar a entrada de água indesejável e não permitir o desmoronamento de camadas instáveis de terreno que foram atravessados, e também de tubos com filtros por onde aflui a água. O poço tubular, pode ser denominado de poço artesiano caso seja construído em um aquífero que esteja submetido a uma pressão tal que o faça jorrar água acima da superfície do solo. O poço tubular é conhecido popularmente ou comercialmente de poço artesiano, independentemente de ser jorrante. O termo poço semiartesiano também se refere a um poço tubular, normalmente não jorrante e cuja profundidade de perfuração não ultrapassa a 50-60m da superfície.

Poluição: é qualquer alteração causada no meio ambiente através de mudanças nas proporções ou características dos elementos que o compõem, podendo acarretar prejuízo em seu funcionamento.

Recarga natural: infiltração natural de água nos aquíferos, sem intervenção antrópica, ou facilitação por práticas conservacionistas, e compreende uma variável do ciclo hidrológico.

Recarga artificial: introdução não natural de água em um aquífero, por intervenção antrópica planejada, por meio da construção de estruturas projetadas para esse fim.

Resiliência: capacidade de um sistema em absorver distúrbio e se organizar enquanto passa por mudança de modo a manter essencialmente as mesmas funções, estrutura, identidade e retroalimentações.

Saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais com vistas ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Lei nº 11.445/2007).

Sedimento: Material fragmentário originado por intemperismo e erosão de rochas e solos que é transportado por agentes geológicos (rio, vento, gelo, correntes etc.) e que se acumula em depressões geográficas, onde sofre processos de diagênese e litificação para então formar as rochas sedimentares.

Segurança hídrica: condição que visa garantir quantidade e qualidade aceitável de água para abastecimento, alimentação, preservação de ecossistemas e demais usos, associados a um nível aceitável de riscos relacionados com a água para as pessoas, economias e meio ambiente.

Sistema de abastecimento de água: conjunto de obras, estruturas hidráulicas e serviços necessários para assegurar distribuição de água adequada aos diversos usos.

Sumidouro: (ver fossa séptica).

Vazão do poço: volume de água produzido pelo poço por uma unidade de tempo, geralmente em m^3/h ou m^3/s .

Zona de recarga: área em que ocorre infiltração de água capaz de alimentar o aquífero.

Zona de descarga: área em as águas subterrâneas emergem naturalmente do sistema aquífero, formando nascentes ou alimentando rios, ou que são extraídas artificialmente através de poços.

SOBRE OS AUTORES

Ricardo Hirata

Professor Titular do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), Diretor do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS|USP) e Coordenador de Área em Geociências da FAPESP. Geólogo com mestrado e doutorado pela USP e pós-doutorado pela Universidade de Waterloo (Canadá). Trabalhou no Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE); Instituto Geológico (IG/SIMA), no Centro Panamericano de Engenharia Sanitária (CEPIS, Peru) da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), foi consultor da UNESCO, Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e membro do Groundwater Management Advisory Team (GWMATE) do Banco Mundial e Professor Visitante das universidades de Calgary (Canadá) e da Costa Rica.

Alexandra Vieira Suhogusoff

Professora no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP) e pesquisadora sênior do Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas (CEPAS|USP). Geóloga pelo IGc-USP, com doutorado em Hidrogeologia pelo Programa de Pós-Graduação de Geociências em Recursos Minerais e Hidrogeologia (PPGRMH-USP) e pós-doutorado pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IGeo/UFRGS).

Silvana Susko Marcellini

Consultora/pesquisadora em Recursos Hídricos. Engenheira Civil pela UFPR, com mestrado, doutorado e pós-doutorado em Recursos Hídricos pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP). Pós-doutoranda do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP) no Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS|USP).

Pilar Carolina Villar

Advogada, com mestrado e doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo (PROCAM/USP). Professora do Instituto Saúde e Sociedade da Universidade Federal de São Paulo (ISS-UNIFESP) e pós-doutoranda do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP) no Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS|USP).

Laura Marcellini

Consultora, Diretora Técnica da Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT), Engenheira civil pela Escola Politécnica da USP, com especialização em Administração de Empresas pela Fundação Instituto de Administração da Universidade de São Paulo (FIA-USP).

Instituto Trata Brasil

Uma OSCIP (Organização da Sociedade Civil de Interesse Público) formada em 2007 com a missão de contribuir para a melhoria da saúde da população e a proteção das águas do país através da universalização do acesso aos serviços de água tratada, coleta e tratamento dos esgotos. Site: <http://www.tratabrasil.org.br>

CEPAS|USP

O Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas da Universidade de São Paulo é um espaço de desenvolvimento da ciência e tecnologia para solucionar os problemas dos recursos hídricos e do meio ambiente. Site: <http://cepas.igc.usp.br>



<http://sites.igc.usp.br/en>



<http://cepas.igc.usp.br>



<http://www.tratabrasil.org.br>



<https://www.acadciencias.org.br>

Apoio



<http://www.iea.usp.br>



<https://www.abas.org>



Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-63124-07-4

