



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANA CARLA HOLANDA DIAS

**PERFURAÇÃO INDISCRIMINADA DE POÇOS EM IRACEMA/CE: UM ESTUDO
SOBRE O PARADOXO DA ATUAL CRISE HÍDRICA**

PAU DOS FERROS

2017

ANA CARLA HOLANDA DIAS

**PERFURAÇÃO INDISCRIMINADA DE POÇOS EM IRACEMA/CE: UM ESTUDO
SOBRE O PARADOXO DA ATUAL CRISE HÍDRICA**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Me. Marília Cavalcanti
Santiago

PAU DOS FERROS

2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

H541p Holanda Dias, Ana Carla.

PERFURAÇÃO INDISCRIMINADA DE POÇOS EM
IRACEMA/CE: UM ESTUDO SOBRE O PARADOXO DA ATUAL
CRISE HÍDRICA / Ana Carla Holanda Dias. - 2017.

53 f. : il.

Orientadora: Marília Cavalcanti Santiago.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2017.

1. Poços Artesianos. 2. Água Subterrânea. 3.
Estiagem. I. Cavalcanti Santiago, Marília,
orient. II. Título.

ANA CARLA HOLANDA DIAS

**PERFURAÇÃO INDISCRIMINADA DE POÇOS EM IRACEMA/CE: UM ESTUDO
SOBRE O PARADOXO DA ATUAL CRISE HÍDRICA**

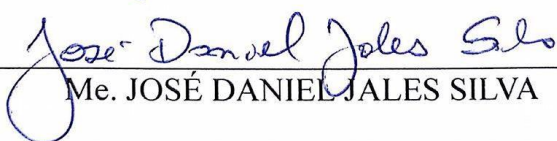
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 12/05/2017

BANCA EXAMINADORA


Ma. MARILIA CAVALCANTI SANTIAGO


Dr. WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS


Me. JOSÉ DANIEL JALES SILVA

*Para Carlos e Rosa.
Vocês são a minha sorte.*

AGRADECIMENTOS

Quando penso no termo 'obrigada' para os meus pais, ele não se adéqua. É manso e pequeno e não comporta esse tipo de gratidão. E de novo, eu ainda não sei como expressá-la. Carlos e Rosa saibam que a consciência de seus cuidados é motivação para tudo o que eu faço.

Eu, na condição de primogênita tenho uma irmã e um irmão mais novos que cuidam de mim. Obrigada Marina por me suportar nesse tempo em que a gente mais parece bicho do que gente, e por ser minha amiga. Obrigada Filipe, por ser. Aqui, não tenho muito que dizer. O amor de meus irmãos é verbo.

Amanda, obrigada pela ajuda com este trabalho. E pela sinceridade.

Felizmente tive a graça de encontrar uma orientadora corajosa. Muito além da ajuda com esse trabalho, tenho que agradecer a Marília pelos conselhos. Muito obrigada por ser a melhor orientadora que eu poderia querer.

Agradeço a banca examinadora, professores Wesley e Daniel, obrigada por contribuírem com esse trabalho.

Madelyne e Bianca, obrigada pela cumplicidade do Time de Ouro.

E agradeço a Deus, por que Ele permite que eu me descuide um pouquinho às vezes. Preciso agradecer por tudo aquilo que eu tenho e não consigo pegar nem abarcar, por toda a felicidade que cabe na união de minha família, e por acordar todos os dias desde que nasci em uma vida doce.

“Não vemos as coisas como são: Vemos
as coisas como somos.”

Anaïs Nin

RESUMO

Diante de toda a degradação ambiental e escassez de água atual, os recursos hídricos subterrâneos surgem como uma nova esperança de sobrevivência. No entanto, a forma de exploração desse recurso não difere da maneira inescrupulosa ao qual as águas superficiais são utilizadas: indiscriminadamente. Se faz importante discutir em que estado, em um futuro próximo, se encontrarão os recursos hídricos, de uma forma geral, se a exploração continuar dessa forma. Assim, este trabalho fornece dados e informações que buscam elucidar o problema que preocupa a sociedade, especialmente as comunidades residentes no Nordeste do país, que aos poucos são afetadas, sem que haja o mínimo espanto com a situação. Este estudo explica a ordem em que a crise se instaura, e a solução urgente da escavação de poços. A área de estudo adotada foi a cidade de Iracema, no estado do Ceará. Como amostra da região, a situação descrita neste local acontece em vários municípios nordestinos. Torna-se evidente o paradoxo entre a necessidade de aproveitamento da água existente no subsolo, e a consciência dos problemas decorrentes dessa exploração. A perfuração de poços artesianos surge como alternativa para o abastecimento de regiões onde a água disponível na superfície é escassa ou inexistente. Apesar disso, diante do levantamento da quantidade de poços na área de estudo, concluiu-se que a exploração da água subterrânea no município de Iracema através de poços tubulares artesianos acontece de forma desordenada, sem estimativa das consequências dessa prática. Devido a isso, o nível do lençol freático da região tende a ser rebaixado, e a área está propícia a subsidência do solo no futuro. Assim, é importante que uma atenção especial seja destinada a utilização destas reservas, de maneira a preservar o patrimônio mais importante do sertão nordestino.

Palavras-chave: Poços Artesianos. Água Subterrânea. Estiagem.

ABSTRACT

In the face of all environmental degradation and current water shortages, groundwater resources are emerging as a new hope for survival. However, the way this resource is exploited does not differ from the unscrupulous way in which surface water is used: indiscriminately. It is important to discuss in what state, in the near future, the water resources will be found, in general, if the exploration continues in this way. Thus, this work provides data and information that seeks to elucidate the problem that concerns society, especially the communities living in the Northeast of the country, which are gradually affected, without the least astonishment about the situation. This study explains the order in which the crisis is established, and the urgent solution of well digging. The area of study adopted was the city of Iracema, in the state of Ceará. As a sample of the region, the situation described in this site happens in several Northeastern municipalities. The paradox between the need to exploit underground water and the awareness of the problems arising from this exploration becomes evident. The drilling of artesian wells appears as an alternative for the supply of regions where the water available on the surface is scarce or nonexistent. Nevertheless, in view of the survey of the number of wells in the study area, it was concluded that the exploitation of groundwater in the municipality of Iracema through artesian tubular wells occurs in a disorderly manner, without estimating the consequences of this practice. Because of this, the level of the water table of the region tends to be lowered, and the area is propitious to the soil subsidence in the future. Thus, it is important that special attention be devoted to the use of these reserves, so as to preserve the most important patrimony of the northeastern backwoods.

Keywords: Artesian Wells. Subterranean water. Drought.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais aquíferos do Brasil.....	22
Figura 2 - Tipos de aquíferos	24
Figura 3 - Litologia cearense	31
Figura 4 - Localização de Iracema	31
Figura 5 – Volume de água dos reservatórios.....	36
Figura 6 - Bombeamento dos poços	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Situações de emergência no Ceará.....	35
Gráfico 2 - Número de registros de emergência.....	36
Gráfico 3 - Reservação do açude Canafístula.....	37
Gráfico 4 - Reservação do açude Ema	38
Gráfico 5 - Quantitativo dos poços em Iracema	39
Gráfico 6 - Poços perfurados antes e após 2015	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
S2iD	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA	17
3.2 CRISE HÍDRICA	19
3.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	22
3.3.1 Aquíferos	23
3.4 POÇOS TUBULARES	25
3.5 LEGISLAÇÃO SOBRE O USO DA ÁGUA	28
4 METODOLOGIA	30
4.2 ÁREA DE ESTUDO	30
4.3 COLETA DE DADOS	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.2 ESCASSEZ DE ÁGUA NO NORDESTE	34
5.3 ESCASSEZ DE ÁGUA EM IRACEMA	37
5.4 PERFURAÇÃO DE POÇOS EM IRACEMA	38
5.5 PROBLEMAS DECORRENTES DA PERFURAÇÃO INDISCRIMINADA DE POÇOS	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste enfrenta a pior seca do século, e uma crise hídrica nunca anteriormente vivenciada (PINA, 2016). Os reservatórios apresentam níveis mínimos, as altas temperaturas que levam a evaporação da água de lagos e açudes atrelados aos baixos índices pluviométricos registrados nos últimos anos e as iniciativas governamentais insuficientes, constituem-se em uma situação de calamidade (RAMOS; REBELLO, 2016).

Não obstante, o acesso a tecnologias capazes de superar este momento é tangível. Assim, é natural o entendimento de extrair água dos locais mais próximos à disposição. A perfuração de poços artesianos tem, portanto, se tornado uma prática extremamente comum pela sua simplicidade. Especialistas enfatizam que esta pode ser uma medida alternativa viável (VILLAR, 2016), visto a quantidade e qualidade das águas encontradas no subsolo. No entanto, a situação se torna um agravante quando a utilização dos recursos hídricos acontece de maneira indiscriminada e sem controle.

Especialmente nas cidades interioranas falta à grande parte da população o entendimento de que explorar águas subterrâneas vai muito além do que apenas contratar uma empresa para ter acesso ao chamado “poço particular”. Assim, o aumento de poços irregulares cresce exponencialmente e com isso os riscos para o meio ambiente e população também. De acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), pelo menos 85% dos poços artesianos que existem no Brasil são clandestinos (PORTELA, 2014). Este dado é alarmante tendo em vista o descontrole dos recursos hídricos, e da estabilidade do meio ambiente local.

Assim, esta pesquisa trata de um estudo sobre a perfuração de poços como solução para a atual escassez de água. A área de estudo escolhida foi a cidade de Iracema, no interior do Ceará, por retratar a como esta atividade se dá de maneira indiscriminada. A fiscalização não é efetiva, e a população em geral desconhece qualquer proteção às águas subterrâneas da região, prevalecendo a ideia geral de que a água é de quem primeiro a encontra.

Os principais beneficiários da exploração do subsolo são aqueles detentores de maior poder aquisitivo, utilizando muitas vezes a água encontrada de maneira completamente privada, em detrimento de uma causa maior. Desta forma, recursos hídricos que podem ser aproveitados para resolver questões públicas, se esgotam

sem atender a este propósito. Outro fator a ser analisado é o impacto ambiental causado pela grande quantidade de perfurações no solo em trechos muito próximos entre si.

É importante que um dimensionamento desta exploração seja feito, bem como o estudo de soluções que compatibilizem a utilização das águas do subsolo com o controle ambiental e social desta prática, caminhando assim, para a amenização da crise hídrica.

Este estudo se propõe, portanto, através de uma pesquisa bibliográfica e descritiva, a fazer um levantamento do momento atual recorrente à crise hídrica, do surgimento sem controle de poços na área de estudo especificada, e as consequências ambientais decorrentes desta prática. Desta forma, os resultados servem de subsídios para iniciativas que prevejam o controle da utilização da água no futuro.

O trabalho está estruturado em tópicos. Os tópicos iniciais introduzem o tema a ser pesquisado, além de apresentar os objetivos aos quais se buscam alcançar com o estudo. O tópico dois, “Referencial Teórico”, apresenta a compilação bibliográfica disponível estudada e citada com o fim de embasar cientificamente esta pesquisa. O tópico três explica com mais detalhes a metodologia adotada, seguida do tópico quatro, “Resultados e Discussões”, onde são apresentados dados, características, e análises do paradoxo entre a necessidade de água, e perfuração irregular de poços. Seguindo-se a isso, as “Considerações Finais”, onde pontuações para amenização do problema exposto serão feitas. Por fim, estão dispostas as referências utilizadas ao longo do texto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo analisar a utilização de poços artesianos como solução para a crise hídrica enfrentada na região Nordeste, especificamente no município de Iracema, no interior do Ceará, buscando fazer um levantamento quantitativo, e exposição dos riscos da adoção desta prática na área de estudo escolhida.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento da quantidade de poços públicos e privados perfurados no município de Iracema/CE nos últimos anos;
- Apresentar os impactos ambientais relacionados à exploração ininterrupta da água do subsolo;
- Fornecer recomendações para a minimização dos problemas decorrentes da crise hídrica.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA

Os sistemas de abastecimento de água apresentam histórico muito antigo, se mesclando com a sedentarização do homem. Esta, exigiu a utilização de uma rede que transportasse determinada quantidade de água por habitante, diária e continuamente e de qualidade adequada. No entanto, foi no século vinte, devido em grande parte à generalizada expansão dos centros urbanos, que enormes investimentos em sistemas de distribuição de água foram dispendidos (MARQUES, 2013).

Segundo Marques (2013), logo no início, principalmente em países desenvolvidos, havia o entendimento de que quanto mais elevadas fossem as captações, maior o nível de vida das populações. Ou seja, quanto mais se consumisse, melhor. Não obstante, no final do século XX, com o surgimento da consciência ambiental, e dificuldade de encontrar recursos, iniciou-se a fase de manutenção, conservação e gestão das infraestruturas.

A necessidade básica do ser humano por água torna o sistema de abastecimento de água uma das mais importantes prioridades das populações. Atualmente, seu principal objetivo é fornecer ao usuário água de boa qualidade para seu uso, em quantidade adequada e pressão suficiente (TSUTIYA, 2006). Desta forma, planejar, agir e avaliar ações são partes fundamentais do processo de gestão das águas, sendo preciso avaliar corretamente a necessidade de recursos físicos, humanos e financeiros para implementar ações (ARAÚJO et al., 2005).

Segundo Adreoli et al. (1999), um ponto de fundamental importância são os custos de investimento e operacionais de determinados sistemas de abastecimento de água. Por exemplo, bacias mais distantes, em geral mais facilmente conservadas demandam a construção de grandes adutoras. Apesar disso, a definição de uma bacia como manancial de abastecimento deve levar em consideração a prerrogativa inicial da água de qualidade, devendo-se assim, realizar o estudo estratégico necessário para essa adução (ADREOLI et al., 1999).

Giampá e Gonçalves (2015) afirmam que uma alternativa muito utilizada pelas empresas fora de áreas urbanas, são os sistemas de abastecimento próprio que podem ser tanto de águas superficiais quanto subterrâneas. A diferença consiste no

fato de que, para o uso das águas superficiais, apesar de se ganhar com economia, aumenta-se a responsabilidade pela adequada gestão das águas, incluindo um sistema de tratamento da água, bem como manutenção constante. Já para a exploração das águas subterrâneas, o tratamento é mais dinâmico, visto que geralmente apresentam uma qualidade superior.

Isto posto, os cuidados com preservação e recuperação de mananciais são de suma importância para a garantia da disponibilidade do recurso água. É necessário repensar o conceito de desenvolvimento sustentável e entender que a degradação ambiental decorrente da ocupação urbana desordenada dessas áreas compromete o abastecimento de água potável fundamental à preservação dos habitats (ALVIM; BRUNA; KATO, 2008).

Nas comunidades urbanas, a água distribuída deve ser suficiente para suprir usos domésticos, gastos públicos, consumo comercial e industrial, incluindo ainda as perdas e desperdícios (MEDEIROS FILHO, 2009). Estes últimos, especialmente no Brasil, atingem índices muito altos e atualmente inaceitáveis.

No Brasil, a situação de perdas é muito desigual quando se comparam unidades da federação, operadores públicos e privados de saneamento básico. Mas, de um modo geral, os indicadores das operadoras de saneamento mostram que ainda há muita ineficiência na produção de água do país, com níveis próximos a 40% nos últimos doze anos (ABES, 2013). Somente os vazamentos representam uma perda de 6,5 vezes o Sistema Cantareira por ano, o que daria para abastecer com água de qualidade mais de 50 milhões de pessoas (MARCONDES, 2015).

O setor de saneamento ambiental no Brasil, correspondente a uma parcela de extrema importância para o desenvolvimento do país, se mostra como uma das áreas menos desenvolvidas da infraestrutura nacional. Assim, é importante que haja um planejamento integrado das ações de combate às perdas reais e aparentes, iniciando-se com o diagnóstico adequado, melhorias no gerenciamento de pressões e vazamentos, além do combate às fraudes (SOUZA, 2016). Estas medidas a longo prazo iriam gerar um sistema de distribuição de água mais eficiente e seguro.

3.2 CRISE HÍDRICA

Um desastre ocorre como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, causando prejuízos em diversas perspectivas. Grande parte dos desastres naturais surgem de forma súbita, provocando danos visíveis de imediato. No entanto, atualmente assola o Brasil um desastre extensivo, que acontece de forma lenta e silenciosa, tornando difícil mensurar quando se inicia e sua duração: a seca, demasiadamente demorada em diversas regiões do país (GRIGOLETO et al., 2016).

De acordo com Grigoletto et al. (2016), apesar da seca advir de eventos climatológicos, seus impactos dependem da vulnerabilidade das regiões e pessoas atingidas. Ou seja, ela causa maiores impactos em regiões pobres ou em desenvolvimento, onde os fatores determinantes de saúde (ambientes cômodos, acesso à informação, tratamentos e oportunidades) já se encontram comprometidos. Ainda segundo o autor, o Brasil possui o agravante de que os desastres associados à seca têm como característica a possibilidade de abranger uma grande área e vários municípios ao mesmo tempo.

Muito se discute sobre a natural escassez de água no Nordeste. Mas a crise hídrica antecedente à atual enfrentada no semiárido brasileiro ocorreu recentemente na região Sudeste, motivadas principalmente pela má gestão hídrica. No estado de São Paulo, 37 cidades foram obrigadas a se sujeitar a reduções da vazão, controle, diminuição e racionamento da água como estratégia das companhias para controlar o consumo de água (RIO; DRUMMOND; RIBEIRO, 2016).

De acordo com Marengo e Alves (2015) a causa da maior crise hídrica da história de São Paulo não está concentrada somente nos baixos índices pluviométricos, mas na combinação deste fenômeno com o grande crescimento da demanda de água, e principalmente a ausência de um planejamento minimamente adequado para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Neste momento, os problemas hídricos se acentuam na região Nordeste do país. Pina (2016) pontua que em 2017 a região pode entrar em seu sexto ano consecutivo de seca, fato inédito nos últimos cem anos. As causas não são bem definidas, partindo do aumento da temperatura dos oceanos, gerando a desregulação do sistema de chuvas, ao desmatamento devido a expansão do agronegócio (PINA, 2016).

Segundo Ramos e Rebello (2016) um dos fatores que levaram a seca no Nordeste de extrema a excepcional foi a influência forte do El Niño, sendo o Ceará um dos que apresentaram maior avanço da estiagem, enfrentando cinco secas seguidas desde 2011. Cerca de 75% do território do estado apresentou situação de emergência, e o volume de água armazenado nos seus principais reservatórios ficou em 8,8%, o pior nível em mais de 20 anos (RAMOS; REBELLO, 2016 apud FUNCEME, 2016).

Associados à seca, existe ainda o agravante climático. A região Nordeste caracteriza-se naturalmente como de alto potencial para evaporação da água, em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas (MARENGO, 2008). As elevadas taxas de evaporação representam uma perda significativa na disponibilidade hídrica de uma região com a presença de açudes, dispondo grandes superfícies livres, cenário este comum no semiárido (FONTES; OLIVEIRA; MEDEIROS, 2003).

No entanto, além da parcela climática, existem outros fatores que acentuam o problema hídrico, como a necessidade de ampliação do abastecimento devido ao aumento populacional e consequente aumento da ocupação do solo, o que influencia na mudança nos níveis de infiltração e escoamento de águas (GALVÃO; BERMANN, 2015). Aliado a isto, há um acréscimo na poluição e má utilização das águas devido as atividades antrópicas.

Não obstante, Freitas e Del Gaudio (2015) afirmam que a problematização da má utilização da água deve ser descentralizada do indivíduo e passar a ser analisados mais profundamente os desperdícios e contaminação de aquíferos ligados às diferentes práticas relacionadas à agropecuária/agronegócio.

Fischer et al. (2016) reforça que embora a falta d'água tenha chamado mais atenção no meio urbano, é preciso repensar a concepção da crise hídrica também para o meio rural. O represamento e apropriação da água pelo agronegócio promove graves mudanças na biodiversidade, além de fragilizar os pequenos produtores rurais em sua dignidade e no direito humano à água potável (FISCHER et al., 2016)

Segundo Pereira e Cuellar (2015) a redução da disponibilidade de água agravou as disputas por terras irrigadas e pelo uso da água, questionando o que seria prioridade. Os autores ainda afirmam que nos últimos cinco anos os conflitos pela água no Brasil dobraram e a região Nordeste registrou o maior número de

conflitos em todo o país no ano de 2013. Ao todo foram 37 nesta região, de um total de 93 no Brasil inteiro.

No contexto de escassez de água, os conflitos latentes se tornam explícitos entre as diferentes classes sociais, particularmente entre os interesses do agronegócio de expansão da produção, a necessidade de sobrevivência dos agricultores e o abastecimento urbano (PEREIRA; CUELLAR, 2015).

Assim, no contexto recorrente da crise hídrica, irrompem discussões acerca das ameaças ao atual aumento da escassez de água. Uma delas, é considerar a água como produto de exportação indireta brasileira, embutida enquanto matéria-prima intrínseca em certos produtos, especialmente as *commodities* agrícolas, sendo exportada sem que seja contabilizada (CARMO et al., 2007). O descrito anteriormente trata-se do conceito de “água virtual”.

Segundo Carmo et al. (2007), o debate sobre água virtual abre espaço para questionamentos ainda mais profundos, em particular, a maneira como a água vem sendo consumida, com prioridades para o seu uso muitas vezes contraditórias nos dias atuais. Um exemplo é como conjugar o papel de recurso indispensável à produção com as questões de escassez e preservação. A partir dessa discussão pode-se vislumbrar como a dinâmica de gestão dos recursos hídricos se mostra complexa, envolvendo diversas políticas particulares a cada nação (CARMO et al., 2007).

Atualmente, para redução dos efeitos da seca e garantia do acesso à água, o governo federal anunciou uma série de medidas a serem aplicadas no ano de 2017. Entre elas, estão a construção de 130 mil cisternas, microaçuades e programas de acesso à água em 15 estados do Semiárido e de áreas atingidas pela seca. Além disso, a aplicação dos recursos irá garantir água potável para 100% das escolas públicas, e investimentos para obras hídricas nos estados do Ceará, Alagoas, Pernambuco e Paraíba (PORTAL BRASIL, 2017).

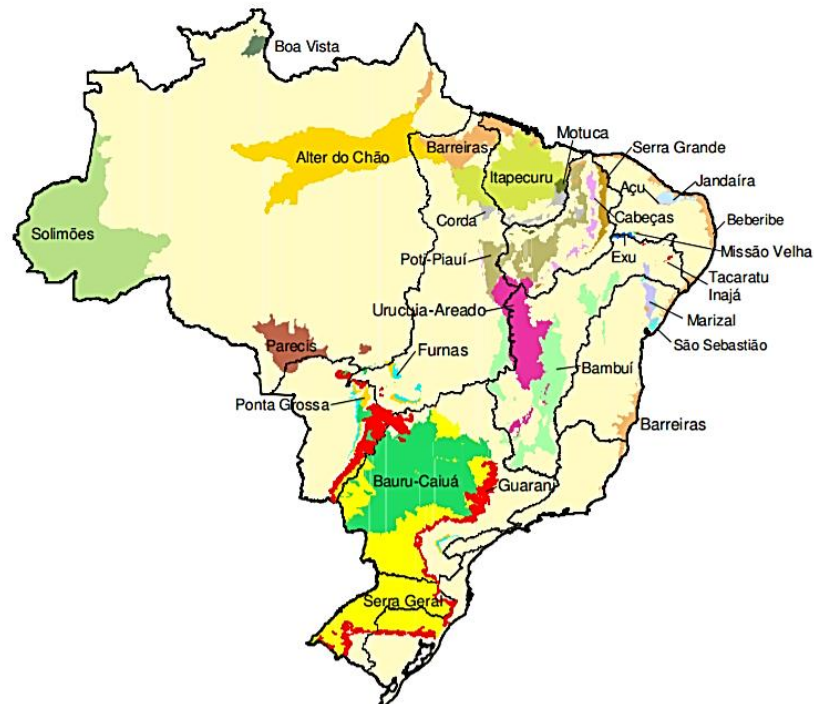
Diante do exposto, no cenário constituído por falta de políticas de gerenciamento de recursos hídricos, associada à cultura de desperdício e descaso ambiental, o conceito de riqueza hídrica se mostrou alterado (ZOBY; MATOS, 2002). Os recursos devem então melhor planejados a longo prazo. Dentro desta nova concepção, Zoby e Matos (2002) sugerem que a água subterrânea seja avaliada sob o ponto de vista da integração com as águas superficiais, e considerada como recurso estratégico e de grande potencial.

3.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

De toda a água do planeta Terra, apenas 1% corresponde à parcela de água doce disponível, sendo que 97% dessa água doce é subterrânea (SAMPAIO; ALMEIDA, 2008). Neste aspecto, o Brasil desponta como privilegiado, possuindo enorme potencial subterrâneo, caracterizado por 181 aquíferos e sistemas aquíferos aflorantes. Destes, 151 são aquíferos sedimentares, que representam as maiores potências de exploração (VILLAR, 2016).

A Figura 1 ilustra a distribuição territorial dos principais aquíferos do país.

Figura 1 - Principais aquíferos do Brasil



Fonte: Zoby (2008)

A água subterrânea nada mais é do que água infiltrada no subsolo, presente nos espaços intergranulares dos solos ou nas fraturas das rochas e frequentemente formando os reservatórios naturais de água subterrânea ou aquíferos (CAPUCCI et al., 2001). A água superficial e a água subterrânea compõem o mesmo recurso hídrico, sendo que enquanto a primeira flui rápida através dos cursos d'água, a segunda flui lenta através das formações geológicas (TSUTIYA, 2006).

A água, ao penetrar no solo, passa pela zona não saturada (onde a água e o ar preenchem os espaços vazios entre os grânulos) e a zona saturada (onde a maioria dos espaços vazios é preenchida por água), permanecendo nesta última (FERREIRA et al., 2007). O limite entre essas duas zonas, demarcando o contato entre elas, é conhecido como sendo o lençol freático, e o local onde a água é armazenada abaixo dele (na zona saturada) é chamado de aquífero (PINTO-COELHO; HAVENS, 2016).

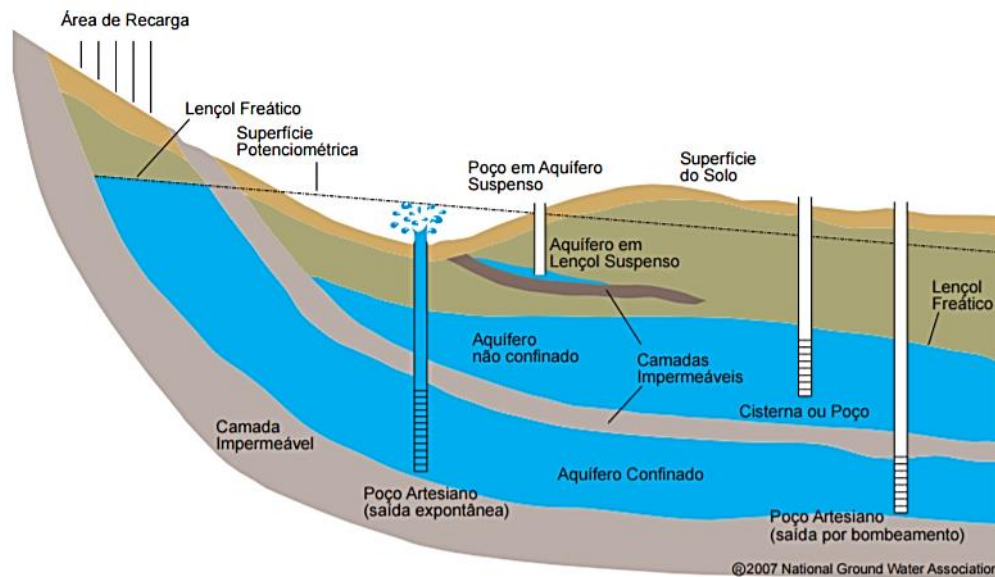
3.3.1 Aquíferos

Os aquíferos são formações geológicas subterrâneas capazes de armazenar e ceder água (PINTO-COELHO; HAVENS, 2016). Eles se apresentam com características distintas, e segundo Tsutyia (2006), podem ser classificados em:

- Aquífero livre ou não confinado: Extrato permeável, parcialmente saturado de água, sobre uma formação impermeável;
- Aquífero confinado ou artesianos: É completamente saturado de água, cujas capas são extratos impermeáveis. Este tipo de aquífero apresenta água com pressão geralmente superior a atmosférica, permitindo que, quando perfurado, a água jorre;
- Aquífero semiconfinado: É saturado e tem como parede superior uma formação semipermeável, e como piso, um extrato permeável ou semipermeável;
- Aquíferos suspensos: Originados por um extrato de reduzida permeabilidade, que retém a água descendente desde a zona de umidade do solo;
- Aquíferos fissurados: Ocorrem nas fraturas de rochas cristalinas, que servem como excelentes reservatórios subterrâneos.

Na Figura 2 é possível observar os tipos de aquíferos, os poços usados em cada um deles, bem como obter uma representação do lençol freático:

Figura 2 - Tipos de aquíferos



Fonte: Pinto-Coelho; Havens (2016)

Na Figura 2, é possível verificar também a área de recarga, local através do qual a água infiltra no solo para atingir os aquíferos subterrâneos. Os aquíferos podem ocorrer a qualquer profundidade, desta forma, aqueles localizados a profundidades menores são mais facilmente usados pelo homem e têm uma velocidade de recarga muito maior (PINTO-COELHO; HAVENS, 2016). Analogamente, num aquífero confinado, a área de descarga pode ficar geograficamente distante dos locais de captação. Não obstante, a proteção dessas áreas é um dos principais aspectos na proteção do próprio aquífero, quanto à quantidade e qualidade da água (TUCCI; CABRAL, 2003).

Tucci e Cabral (2003) afirmam que a água subterrânea é mais segura e confiável que a água superficial, mas existem limites para sua exploração. O bombeamento excessivo de água dos aquíferos pode ocasionar o abaixamento do lençol freático (PINTO-COELHO; HAVENS, 2016) e, em decorrência disso, um “movimento para baixo ou afundamento do solo causado pela perda de suporte subjacente”. Este fenômeno recebe o nome de “subsistência” (BARBOSA; MATTOS, 2008).

Outro agravante, é que se os aquíferos estiverem próximos à área costeira, pode haver a intrusão de água salina, tornando o aquífero imprestável ao uso como fonte de água potável (BARBOSA; MATTOS, 2008).

Pinto-Coelho e Havens (2016) pontuam ainda que, apesar dos aquíferos rasos serem de fácil exploração, muitas vezes sua capacidade de recarga é insuficiente para mantê-los. Se a exploração for intensificada acima dos limites de recarga, seja ela proveniente de processos naturais ou induzida de outros aquíferos ou cursos d'água superficiais, a situação pode levar o aquífero a uma condição que eliminará esta fonte hídrica (TUCCI; CABRAL, 2003).

Segundo Giampá e Gonçalves (2015), na exploração da água subterrânea tem que observar a proteção dos aquíferos, pois, apesar de serem mais protegidos quanto à contaminação do que as águas superficiais, uma construção ou até mesmo operação inadequada pode comprometer a estrutura do poço e afetar o próprio aquífero. Ainda segundo o autor, a política de proteção quando um poço tubular é perfurado deve ser constante, atentando sempre para possíveis fontes de contaminação em seu entorno.

Diante do exposto, entende-se que o uso racional de aquíferos pode acelerar o desenvolvimento e promover o bem-estar a nações inteiras (PINTO-COELHO; HAVENS, 2016). Devido à importância estratégica dos recursos hídricos subterrâneos, geralmente com qualidade muito boa para todos os usos, sua exploração vem registrando um expressivo incremento nos últimos anos (TUCCI; CABRAL, 2003).

A utilização de poços artesianos, de simples perfuração, com prazo de execução e custos comumente inferiores aos necessários para as obras de captação superficial (FERREIRA et al., 2007), surge como principal alternativa para solucionar diversos problemas relacionados à atual crise hídrica no nordeste brasileiro.

3.4 POÇOS TUBULARES

De acordo com Costa Filho et al. (1998), o poço tubular é aquele onde a perfuração é feita por meio de máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas e rotopneumáticas. Também conhecido como poço artesianos, possui alguns centímetros de abertura e é revestido com canos de ferro ou de plástico. Em alguns casos, eles podem apresentar mais de um diâmetro para o mesmo poço, variando com a profundidade. São divididos em dois grupos quanto à posição da carga hidráulica do aquífero, segundo Vasconcelos (2015):

- Freático: poço que capta água de aquíferos livres.
- Artesiano: poço que capta água de aquíferos confinados, podendo ser dividido em dois outros tipos segundo o nível potenciométrico em relação à superfície topográfica.

Peixoto et al. (2008) define poço tubular raso como aqueles com profundidade inferior a 20 metros, poço tubular medianamente profundo os com profundidades que variam de 20 a 50 metros e poço tubular profundo possuem profundidades maiores que 50 metros.

Em muitas situações, o único modo eficiente para captação de água de uma formação aquífera é por meio de poços tubulares. Nestes, muitas vezes ocorre o fenômeno chamado de "artesianismo", elevação do nível de água no poço devido a pressão no aquífero confinado. O poço pode ainda ser jorrante ou não jorrante, se a água elevar-se naturalmente acima da superfície do terreno ou não, respectivamente. Vale ressaltar que, com a exploração, um poço inicialmente jorrante pode passar a ser não jorrante com o tempo (VASCONCELOS, 2015).

Oliveira (2015) afirma que atualmente existe tecnologia para executar perfuração de poços em qualquer tipo de terreno, porém, é fundamental desenvolver estudos prévios sobre o solo. Assim, o autor apresenta algumas recomendações, dentre as quais pode-se citar a identificação de afloramentos de rochas na área em questão e nas proximidades; dados de poços existentes, como profundidades, diâmetros, vazões; evidências de ocorrência de estruturas geológicas e existência de falhas e/ou fraturas.

De acordo com a NBR 12212:2006, o projeto de captação pressupõe o conhecimento de:

- Vazão pretendida e hidrogeologia da área constituída, incluindo levantamento dos dados geológicos, geofísicos e de poços existentes. Emissão de relatório conclusivo sobre a potencialidade hidrogeológica da área e da viabilidade de atendimento da vazão pretendida, com determinação dos locais para a execução da perfuração e da provável composição físico química da água;
- Avaliação preliminar da vulnerabilidade à poluição dos aquíferos;

- Estimativa do número de poços a constituir o sistema;
- Planta topográfica da área de interesse, com a localização e o cadastro das obras e dos poços existentes e piezometria.

A geóloga Luciana Schneider, presidente da Associação dos Perfuradores de Poços do Rio Grande do Sul (APPRGS), afirma que a perfuração de um poço é uma obra complexa. Segundo ela, para que este empreendimento atinja resultados ótimos, as etapas enumeradas a seguir devem ser obedecidas (STRACI, 2017):

1. Solicitação da outorga: Licença encaminhada ao órgão estadual responsável para explicar as formas de uso da água subterrânea;
2. Projeto: Estarão contemplados todos os dados possíveis, os geológicos, hidrogeológicos, características dos materiais para a perfuração bem como dos materiais para a complementação, equipamento de bombeamento, potência a ser instalada, adução ao ponto de distribuição, controle da produção e esquema de manutenção preventiva;
3. Perfuração: Executada com sonda perfuratriz até atingir o aquífero. O diâmetro varia entre 12 polegadas inicialmente e no mínimo 6 polegadas no final.
4. Revestimentos: As paredes são revestidas com tubos galvanizados para proteção contra desmoronamentos de solos ou rochas não compactas.
5. Filtro e Pré-Filtro: Os filtros são tubos de PVC ou aço, tendo como finalidade permitir a entrada de água no interior do poço. O pré-filtro consiste de um material arenoso granular, tendo como função a retenção de partículas de sedimentos da água antes de entrar para o poço.
6. Vedação Sanitária: Cimentação aplicada entre a parede da perfuração e o revestimento, protegendo o poço contra contaminações superficiais.
7. Equipamento Hidráulico e Elétrico: Bomba submersa, instalada no interior do poço; quadro de comando responsável pelo acionamento e proteção da bomba submersa; cabo elétrico, e tubo adutor, para passar a água bombeada do interior do poço.
8. Monitoramento: Concluído o poço, este deve funcionar conforme a vazão e regime de bombeamento determinados no projeto.

Por fim, aconselha-se que anualmente sejam avaliadas as questões da qualidade da água produzida, assim como nos equipamentos hidráulicos e elétricos (OLIVEIRA, 2015).

3.5 LEGISLAÇÃO SOBRE O USO DA ÁGUA

É inteiramente apropriado que a água, se disponível, seja destinada a atender as necessidades essenciais da humanidade. No entanto, embora todos precisem de água, o acesso irrestrito e nas quantidades desejadas não é viável. É preciso que a sociedade comece garantindo em primeiro lugar uma priorização adequada do acesso a mesma (SELBORDE, 2002). Assim, as discussões associadas a distribuição igualitária deste recurso natural estão se tornando frequentes.

O marco inicial da legislação concernente ao uso da água no Brasil se deu quando, em 10 de julho de 1934 foi sancionado o decreto nº 24.643, instituindo o Código das Águas. Apesar de ser um grande avanço na gestão de recursos hídricos, algumas disposições se mostravam impróprias, como a consideração da água como um bem privado (CUPERTINO, 2008).

Com relação as águas subterrâneas, o Art. 96 do decreto nº 24.643 dispõe:

O dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc., das águas que existam debaixo da superfície de seu prédio contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natural águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares.

Com a Constituição Federal de 1988, surgiu legalmente um novo entendimento acerca dos direitos sobre as águas. Além de considerar a água como bem público e comum do povo no seu art.20, inciso III, ela estabelece novas diretrizes para ampliar o sistema de controle e fiscalização do uso das águas (CUPERTINO, 2008).

Somente em 8 de janeiro de 1997 o Código das Águas foi regulamentado pela Lei Federal 9.433, passando a ser chamada de Lei das Águas, ela instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Dos fundamentos aos quais a Lei das Águas se baseia, destacam-se que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; e a gestão dos recursos hídricos deve ser

descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL; ANA, 1997).

Com relação à perfuração de poços, a referida lei ainda constitui como infração das normas de utilização de recursos hídricos subterrâneos “perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização” (BRASIL; ANA, 1997).

Peixoto (2008) define outorga como:

Um ato administrativo na forma de autorização que assegura ao usuário, o direito de captar a água em local determinado de um corpo hídrico (rio, açude, lagoa, fonte, canal, adutora, aquífero, etc) com vazão, volume e período definidos, bem como as finalidades de seu uso, sob determinadas condições.

Com relação a emissão da outorga para o estado do Ceará, é necessário de antemão realizar o Ante-Projeto (projeto de construção apresentado antes da construção) para a solicitação da licença para construção do poço tubular, enquanto o Projeto do Poço, fornecido pela empresa de construção devidamente regularizada junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), deverá ser apresentado para a solicitação da outorga ou regularização (PEIXOTO, 2008).

Para gestão das águas públicas nos estados e municípios da federação, a Resolução nº15 de 11 de janeiro de 2001 orienta sobre as diretrizes de gestão integrada das águas subterrâneas, propondo mecanismos de estímulo para a proteção das áreas de recarga dos aquíferos (DIAS et al., 2004). Ou seja, cada estado e município é encarregado de estabelecer regras para utilização dos recursos hídricos subterrâneos sob sua jurisprudência.

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse estudo adotou-se o tipo de pesquisa bibliográfica e descritiva, na qual se busca colher informações e formular hipóteses para o problema em questão. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), este tipo de pesquisa se propõe à análise das diversas posições acerca de um problema. Portanto, o método de análise consiste em desenvolver o estudo através de materiais publicados em livros, artigos, dissertações, teses, descrever características acerca da situação disposta através de dados coletados virtualmente ou em campo, e apresentar recomendações finais.

4.2 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido na cidade de Iracema, na porção sudoeste do estado do Ceará. Este, se enquadra no clima semiárido, com uma vegetação de tipo caatinga. Historicamente, a região sempre foi afetada por grandes secas ou grandes cheias (MARENGO, 2008).

Com relação aos recursos hídricos subterrâneos, há uma certa dificuldade em estimar o potencial destes devido a litologia dominante no Ceará ser o armazenamento cristalino. Desta forma, existe alta resistência a infiltração. As regiões onde os recursos hídricos do substrato são notáveis estão representadas pelas áreas sedimentares. O Ceará pertence a duas províncias hidrogeológicas: o escudo oriental e a província costeira (SILVA; DE ARAÚJO; DE SOUZA, 2007).

A Figura 3 ilustra a divisão litológica encontrada no estado do Ceará:

Figura 3 - Litologia cearense



Fonte: Silva; De Araújo; De Souza (2007)

Com área equivalente a 821,247 km², Iracema conta com população estimada para o ano de 2016 de 13.722 habitantes (IBGE, 2017) e está inserida na bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe. Na figura 4 é possível visualizar a localização do município:

Figura 4 - Localização de Iracema



Fonte: Abreu (2006)

O domínio hidrogeológico dominante na cidade são as rochas cristalinas, e representam o que é denominado comumente de “aqüífero fissural” (BENVENUTI; FEITOSA, 1998). Neste caso, segundo o Serviço Geológico do Brasil Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, e Benvenuti e Feitosa (1998), a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Devido a isso e aos efeitos do clima semiárido, a água encontrada nos poços é muitas vezes salinizada.

No município de Iracema, a perfuração de poços se tornou a solução mais aceita pelos moradores para a seca que perdura há cinco anos, pelo fornecimento de água constante e prático. No entanto, a exploração dos recursos hídricos subterrâneos no município em questão cresceu de maneira abusiva nos últimos anos, com risco iminente de sérias degradações ao meio ambiente local, além de outras consequências a serem tratadas ao longo da pesquisa.

A situação descrita acima é encontrada em vários municípios desta região que enfrentam os mesmos problemas de escassez de água há anos. A cidade de Iracema, onde o estudo será feito representa, portanto, um panorama geral do que ocorre atualmente em parte do sertão nordestino do país. Desta forma, a pesquisa pode servir de subsídio para todas as cidades que vivenciam a mesma situação.

4.3 COLETA DE DADOS

Parte dos dados foram obtidos através de relatórios emitidos pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), do Ministério da Integração Nacional. O S2iD integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, com o objetivo de qualificar a gestão de riscos e desastres no Brasil, além de, na última versão, incorporar as transferências de recursos para as ações de resposta e recuperação, realizadas pela União, em apoio a Estados e Municípios atingidos por desastres.

Os valores de vazão e gráficos correspondentes aos reservatórios de água de Iracema foram extraídos da página online da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Os dados complementares, referentes ao quantitativo de poços, e outros dados relativos as perfurações em Iracema, foram obtidos através de entrevistas

com o Secretário de Agricultura, Pesca e Recursos Hídricos do município e funcionários da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) municipal.

Desta forma, as informações foram reunidas para a análise da situação atual do município de Iracema, e a elaboração de comparativos antes e após a perfuração descontrolada de poços tubulares.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.2 ESCASSEZ DE ÁGUA NO NORDESTE

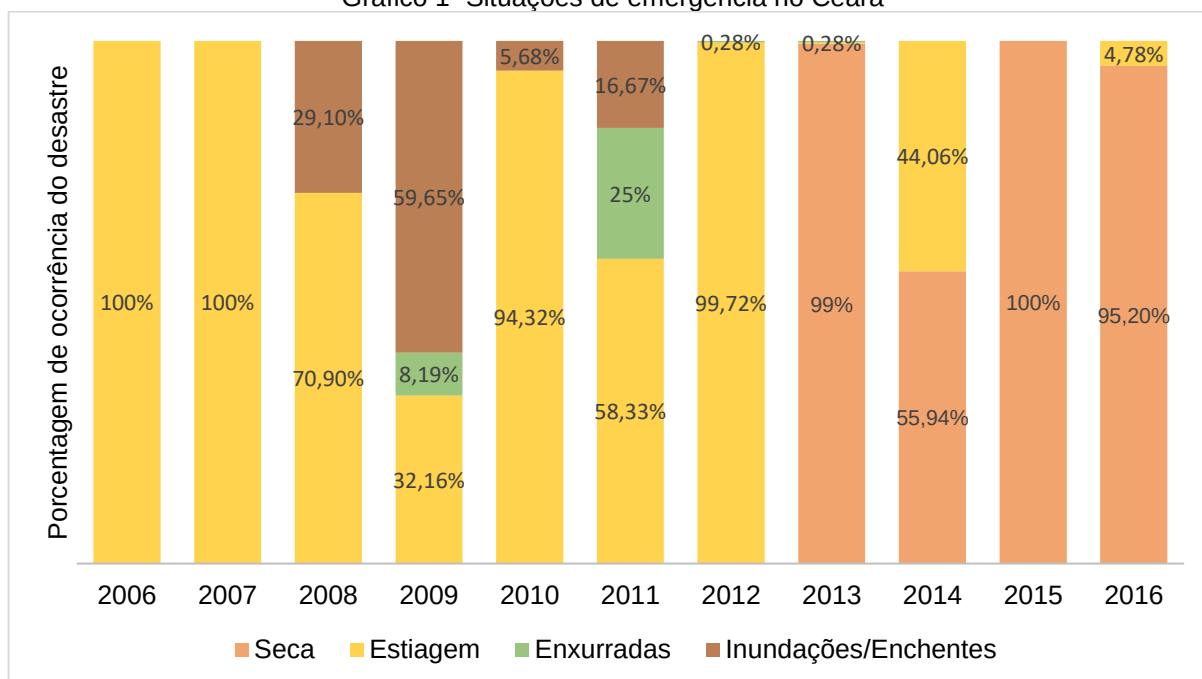
A escassez de água não se deu de forma repentina no sertão nordestino. É importante entender como o processo da estiagem ocorreu gradativamente, para analisar a proporção ao qual as medidas de controle e subsistência foram tomadas, e sua influência no meio social e principalmente ambiental.

O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) apresenta online uma compilação de dados sobre a gestão de riscos e desastres no Brasil, permitindo que um comparativo dessas informações ao longo dos anos seja feito. Anualmente, desde o ano de 2003, o site disponibiliza o quadro de Reconhecimentos de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP) de cada estado da união, especificando o nome da cidade e a data em que a solicitação foi enviada.

Desta forma, o Gráfico 1 foi elaborado. Baseados nos dados das Séries Históricas ao longo de dez anos, e as solicitações de reconhecimento das situações de emergência emitidas por municípios do estado do Ceará especificamente, este gráfico ilustra o quadro de estiagem e seca observado na última década.

Em uma análise superficial observa-se como a situação de seca se estabelece ao longo dos anos. Enquanto no ano de 2009 o maior número de municípios em estado de emergência se encontrava em situações de inundações, enchentes e enxurradas, no ano seguinte, a estiagem prevalece em quase toda a totalidade dos registros. O quadro de estiagem do ano de 2012 passa pela primeira vez em anos para a situação de seca em 2013, prevalecendo até o ano de 2016.

Gráfico 1- Situações de emergência no Ceará



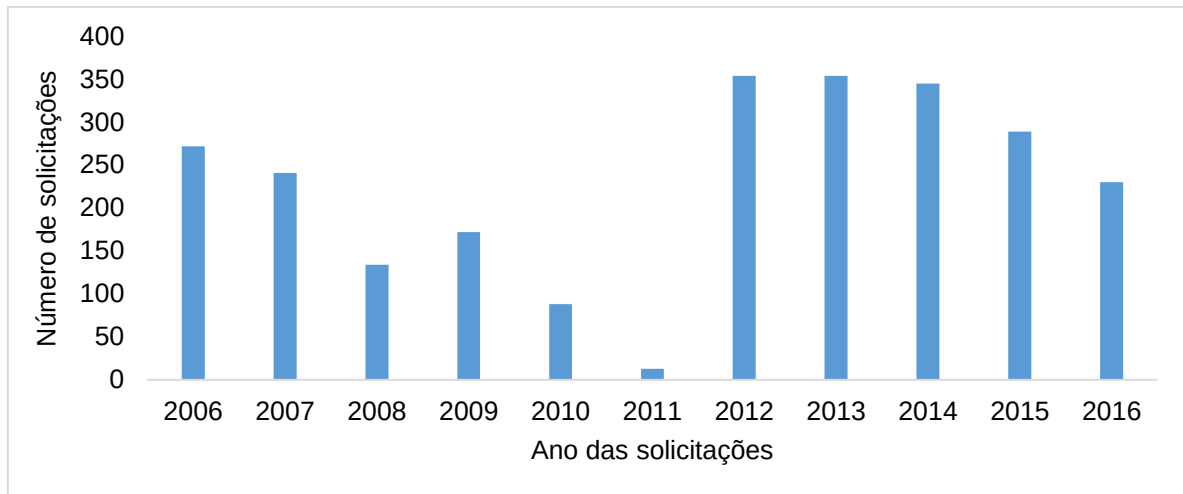
Fonte: Autoria Própria (2017)

É importante ressaltar que um mesmo município pode registrar a emergência mais de uma vez durante o ano, com o objetivo de solicitar ajuda para outro desastre, ou reforçar a permanência do primeiro.

Fazendo um apanhado do número de registros de situação de emergência em cada ano durante esta década, obtêm-se o Gráfico 2. É interessante verificar que do ano 2009 a 2011 os registros decrescem muito. Isto pode estar relacionado aos altos índices pluviométricos, que no ano de 2009 geraram registros de inundações e enchentes, evidenciados no Gráfico 1. No ano de 2011 a situação estava estabilizada com apenas 13 registros de desastres naturais em todo o estado do Ceará.

No entanto, no ano de 2012 o sistema registrou 354 registros de desastres, sendo estes quase em sua totalidade de estiagem. O número de registros vem diminuindo desde então, mas o quadro agora é de seca.

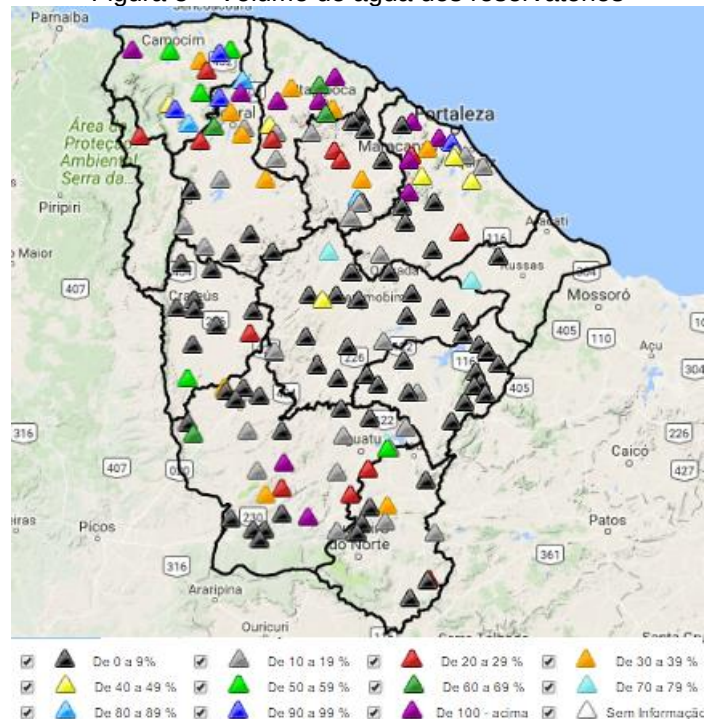
Gráfico 2 - Número de registros de emergência



Fonte: Autoria Própria (2017)

Atualmente, no ano de 2017, além dos níveis de precipitação abaixo do esperado para a quadra invernal, os reservatórios e açudes abastecedores do estado do Ceará se apresentam em sua maior parte em estado crítico. Na Figura 5, extraída da página online da FUNCEME, é possível observar essa situação:

Figura 5 – Volume de água dos reservatórios



Fonte: CEARÁ; FUNCEME (2017)

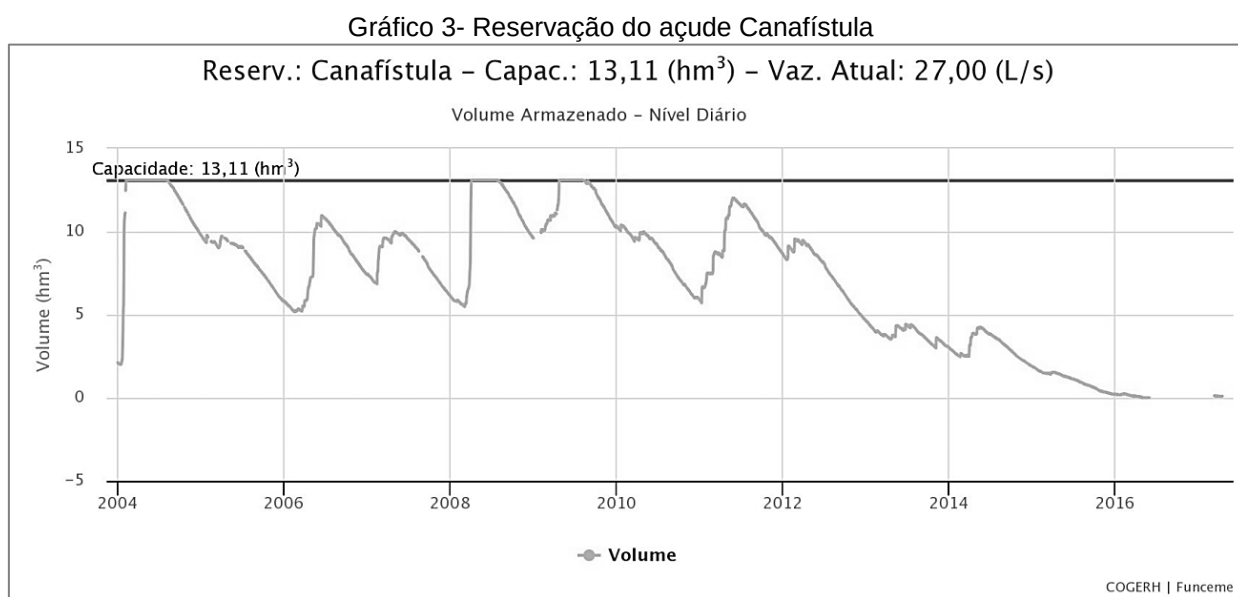
Os pontos em preto representam os reservatórios com volume atual armazenado de 0 a 9% da sua capacidade total. Todos os reservatórios do estado

somados apresentam uma capacidade de 18.631,0 hm³, e atualmente se encontram com um total de aproximadamente apenas 2.236,0 hm³ (CEARÁ; FUNCEME, 2017).

5.3 ESCASSEZ DE ÁGUA EM IRACEMA

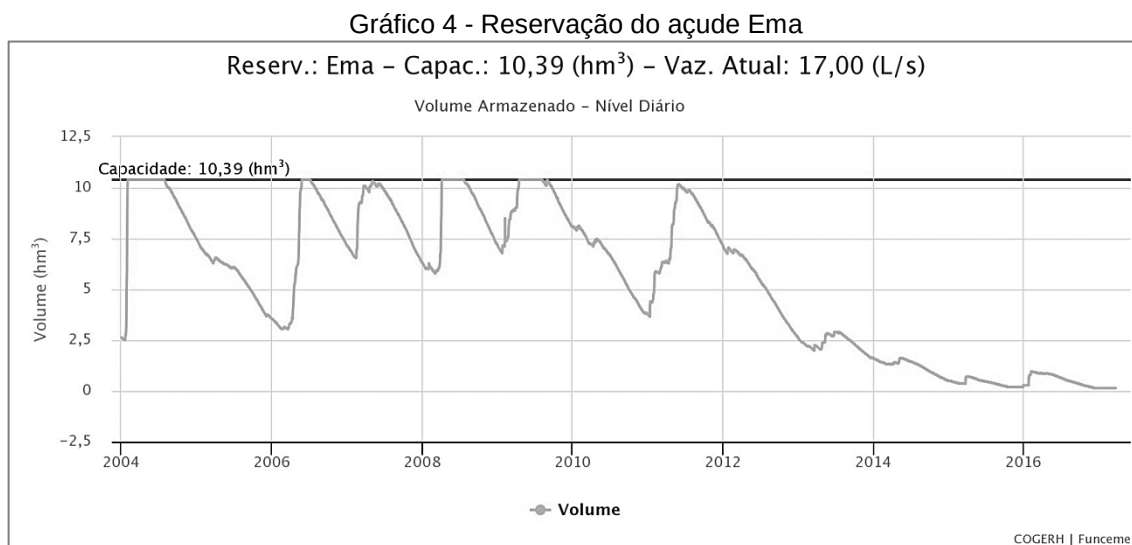
O município de Iracema é abastecido por dois reservatórios, o Canafístula e o açude Ema. Nos Gráficos 3 e 4 abaixo, atualizados diariamente pela FUNCEME, observa-se que o volume de água diminuiu drasticamente a partir do ano de 2012, em função dos baixos índices pluviométricos, e constante utilização da água dos reservatórios.

O açude Canafístula atualmente se encontra com um volume morto de 0,10 hm³, ou seja, 0,74% de sua capacidade total (CEARÁ; FUNCEME, 2017). Desde abril de 2016, ele deixou de abastecer Iracema.



Fonte: Ceará, FUNCEME (2017)

O açude Ema também se encontra em sua situação crítica, com volume de água atual correspondente a 1,34% da sua capacidade total, e 0,14 hm³, sem capacidade para abastecer a cidade de Iracema desde novembro de 2016.



Fonte: Ceará, FUNCEME (2017)

Quando deixou de ser possível executar a captação de água dos açudes destinados ao abastecimento do município, a companhia de água do estado, CAGECE, em parceria com a Prefeitura Municipal, passou a perfurar poços, e providenciar a distribuição de água através de carros pipa, transportando água dos poços da própria cidade, e de reservatórios de municípios vizinhos.

A secretaria de Agricultura, Pesca e Recursos Hídricos informou que entre as últimas medidas tomadas, a mais importante foi a instalação de uma adutora de engate rápido, da Barragem Figueiredo (localizada no município de Alto Santo, a 262 km de distância de Fortaleza) passando pelo Distrito Ema até a sede do município. Ela percorre um percurso de 26 Km, ao valor de aproximadamente seis milhões de reais, e já está em pleno funcionamento.

5.4 PERFURAÇÃO DE POÇOS EM IRACEMA

As águas subterrâneas são exploradas no município de Iracema há anos. No portal online do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), o poço mais antigo registrado no site está datado em 1992, constando como uma obra da Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), e destinado ao abastecimento público.

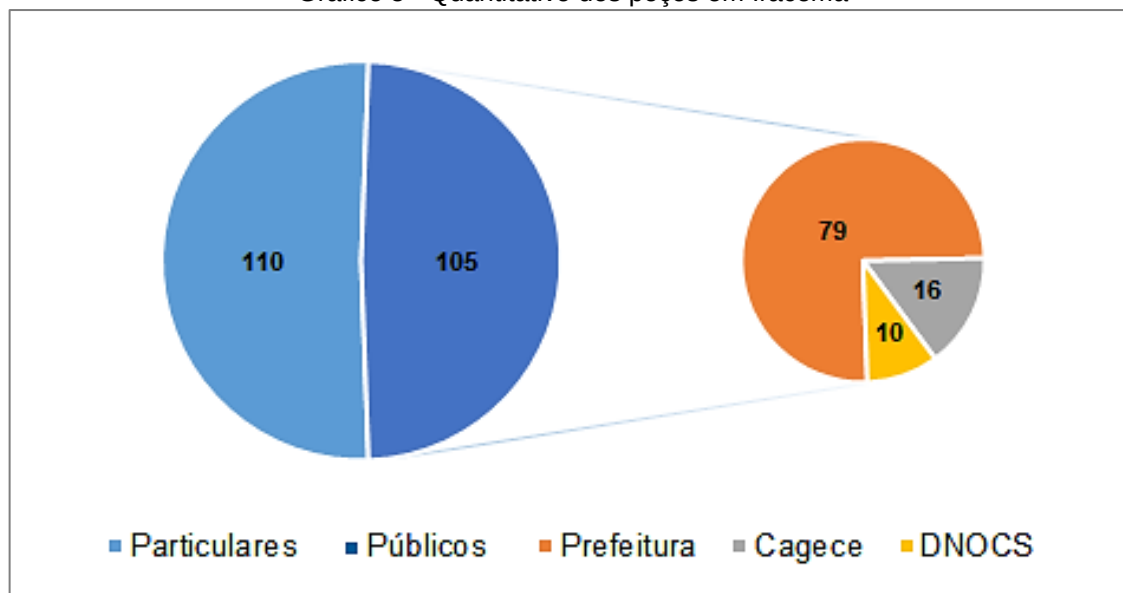
Apesar de ser possível a obtenção de algumas informações de poços tubulares perfurados no estado do Ceará na internet, elas são desatualizadas e não condizem com a realidade. O site do SIAGAS apresenta 61 registros de poços no município de Iracema até o ano de 2015, mas esta referência é incompleta. Assim, a

fim de alcançar números que se aproximem da realidade atual da cidade, foi realizada uma pesquisa através de entrevistas com o Secretário de Agricultura, Pesca e Recursos Hídricos e funcionários da CAGECE municipal.

Os dados do Gráfico 5 apresentam um quantitativo dos poços perfurados no município de Iracema a partir do ano de 2015 quando a seca se tornou mais intensa na região, fornecidos pela Secretaria de Agricultura, Pesca e Recursos Hídricos. Como é possível averiguar, a quantidade de poços privados é maior do que o total de poços públicos perfurados.

Ainda existe o agravante de que os dados relativos aos poços privados são aproximados, visto que para realizar a perfuração no município de Iracema não é necessário solicitar nenhuma outorga, apenas contratar a perfuratriz e instalar o poço. De acordo com moradores locais, donos de poços privados, o poder público não interfere na perfuração dentro da sua propriedade, sendo solicitado apenas amostras da água extraída para testes de salubridade, encomendados pela própria prefeitura, mas financiados pelo proprietário do poço.

Gráfico 5 - Quantitativo dos poços em Iracema



Fonte: Autoria Própria (2017)

Desta forma, os moradores locais não sentem nenhuma obrigatoriedade legal quanto a exploração do subsolo, desde que esta seja feita dentro de seu terreno. Assim, o quantitativo dos poços privados apresentada no Gráfico 5 corresponde aqueles que solicitaram os testes de salubridade na água, ou informaram ao órgão público sobre a perfuração.

As causas da perfuração desenfreada de poços particulares variam. Moradores e comerciantes utilizam a água para consumo, e proprietários rurais vislumbram uma solução para a manutenção da safra e do gado. No entanto, alguns moradores resolveram explorar esse recurso para a comercialização da água. Em um período onde os índices pluviométricos são baixos, e a necessidade de racionamento de água é constante, a venda da água em caminhões pipas se apresentou como um excelente mercado a ser explorado.

Não obstante, associado a esta prática seguem-se outras preocupações. Há um déficit na fiscalização e os poços não são catalogados quando deveriam, tarefa essa destinada à Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos no estado do Ceará. Em função disso, os testes para investigar se a água comercializada é própria para o consumo, no município de Iracema, geralmente não são feitos.

Após a significativa redução dos níveis de água dos dois reservatórios que abastecem a cidade, a perfuração de poços se tornou uma medida prática para distribuição de água encanada realizada pela CAGECE. Em entrevista com funcionários da CAGECE de Iracema, foi informado que existe uma parceria entre a companhia e a Superintendência de Obras Hidráulicas (Sohidra), órgão executor de obras hídricas do estado do Ceará. Quando um novo poço é solicitado, a Sohidra colabora na perfuração, e depois de pronto, a CAGECE providencia o aparato para distribuição da água obtida.

No entanto, a água distribuída ainda era insuficiente, visto que o racionamento de água era uma ação constante da companhia. Com a finalidade de amenizar essa situação, a prefeitura perfura seus próprios poços. Neste caso, uma empresa privada, financiada pela prefeitura, explora o solo em busca de água. Atualmente, segundo o Secretário de Agricultura, Pesca e Recursos Hídricos do município, são 63 poços na zona rural e 42 na zona urbana.

Para acesso dessa água pela população, a prefeitura instalou um sistema simples. Um encanamento interliga todos os poços da zona urbana em um reservatório central, e deste os carros pipa abastecem água para distribuir em outras caixas d'água dispostas regularmente ao longo da cidade.

Apesar da boa quantidade de poços e distribuição de reservatórios públicos esta água não é encanada, e o desconforto de levar baldes para casa é evidenciado pelos moradores locais. Além disso, a necessidade de água não foi completamente

suprida, havendo áreas da cidade ainda carentes de abastecimento. Desta forma, a perfuração de poços privados, mesmo agora reduzida, ainda é uma prática comum no município.

Este aspecto, ao qual a exploração do subsolo acontece de forma livre e sem preocupações futuras, se configura como uma situação iminente de rebaixamento do lençol freático, colapso do solo, e provável esgotamento da água subterrânea devido a extração indiscriminada sem respeito do tempo de recarga do aquífero.

5.5 PROBLEMAS DECORRENTES DA PERFURAÇÃO INDISCRIMINADA DE POÇOS

Apesar de a perfuração de poços se apresentar como uma solução para os problemas de escassez hídrica, existem alguns fatores que interferem diretamente na qualidade da água, preservação das reservas hídricas subterrâneas e do meio ambiente (FAGUNDES; ANDRADE, 2015). Esta é uma atividade especializada, que requer atenção e cuidados em sua execução, não podendo ser praticada de maneira indiscriminada.

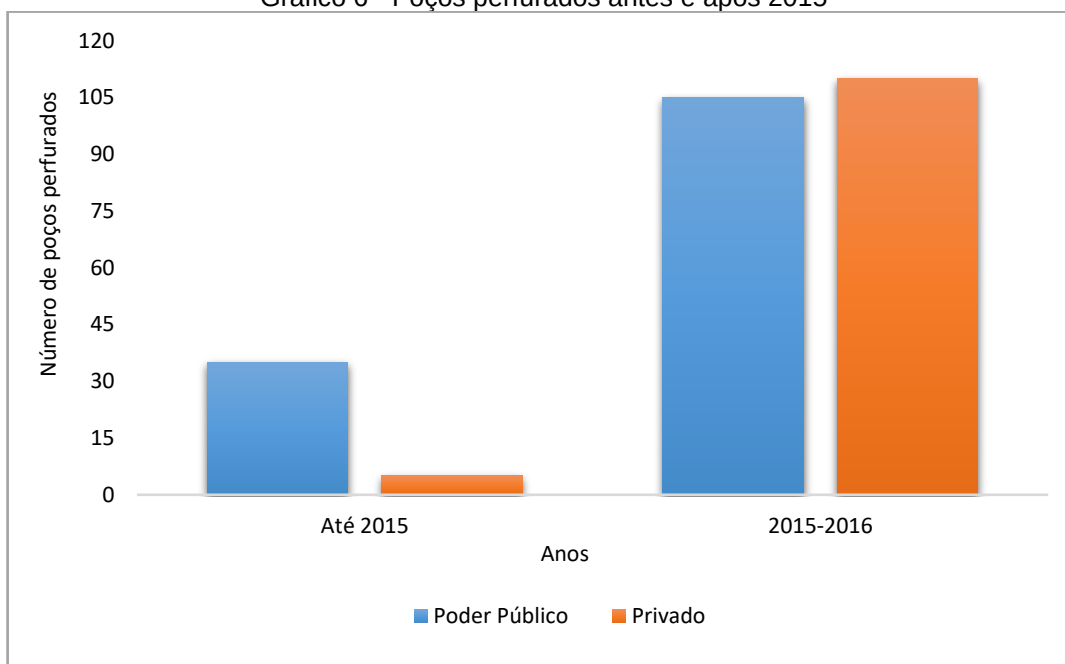
Exploração significa tirar proveito econômico de determinada área, sobretudo quanto aos recursos naturais, geralmente não-renováveis VENTURI (2006). Quando as águas subterrâneas estão sendo exploradas intensivamente em uma determinada área, este recurso está sendo explorado.

Esta é a situação atual de Iracema e inúmeros outros municípios brasileiros sujeitos à escassez de água. No município de Iracema, apenas no intervalo de tempo entre abril de 2015 e dezembro de 2016, quando a seca se intensificou na cidade, foram perfurados 215 poços artesanais públicos e privados¹.

Com quantitativo fornecido pelo Secretário de Agricultura, Pesca e Recursos Hídricos, no Gráfico 6 é possível verificar o contraste entre o número de poços perfurados antes e após 2015. No total, em período correspondente a pouco mais do que um ano, quantidade de poços perfurados no município sofreu um aumento superior a cinco vezes.

¹ Dados disponíveis no Gráfico 5

Gráfico 6 - Poços perfurados antes e após 2015



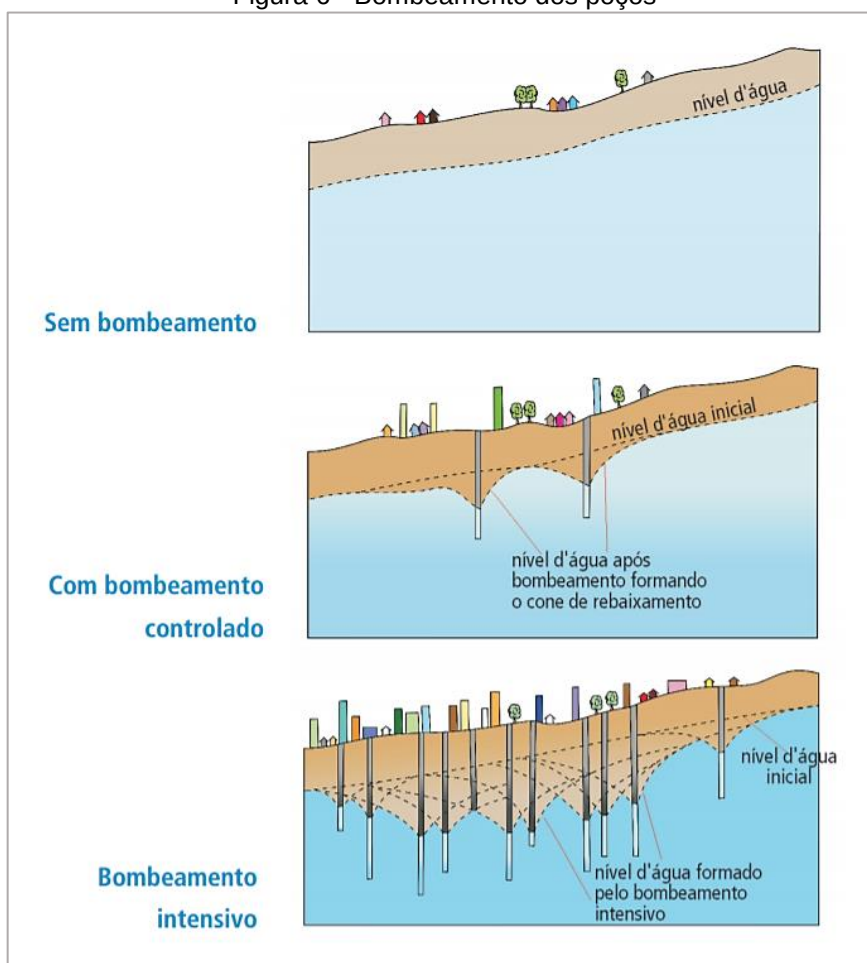
Fonte: Autoria Própria (2017)

Infelizmente, a tendência é que este fenômeno aumente em virtude da constante demanda por água potável, e degradação das águas superficiais. A alternativa evidente se encontra no subsolo. No entanto, a utilização exagerada das águas subterrâneas, sem a busca de fontes alternativas, compromete sua viabilidade futura, visto que a velocidade da extração de água é muito maior que a recarga natural do aquífero (VILLAR, 2005).

Isto conduz à queda contínua dos níveis de água subterrânea e à redução da reserva hídrica. Com o rebaixamento acentuado do nível da água dos aquíferos, o fornecimento de água para os mananciais superficiais pode ser afetado, com redução do suprimento de água que mantém os rios e nascentes (IRITANI; EZAKI, 2008).

A Figura 6 ilustra que, devido ao bombeamento conjunto dos poços, o rebaixamento do nível d'água de um poço interfere e soma-se ao dos seus vizinhos, intensificando, ainda mais, a queda deste nível (IRITANI; EZAKI, 2008).

Figura 6 - Bombeamento dos poços



Fonte: Iritani; Ezaki (2008)

Outro ponto importante a ser considerado é a contaminação das águas subterrâneas através de, especialmente, poços abandonados. Em Iracema, apenas um poço monitorado pela CAGECE secou, segundo os funcionários devido a este ter sido perfurado em uma fenda rasa, e então foi desativado. Este poço em desuso, necessita da devida atenção e cuidados ou ele se tornará uma porta de entrada para quaisquer tipos de poluentes passíveis de contaminar o subsolo e possivelmente a água presente neste.

A poluição nas águas subterrâneas é um problema extremamente sério já que não é tão facilmente percebido, pois a constatação da poluição em um poço leva vários anos, tempo suficiente para inviabilizar boa parte de um aquífero, além do fator agravante de que as formas de contaminação podem passar despercebidas devido a sua enorme variedade (IRITANI; EZAKI, 2008).

O bombeamento excessivo das águas subterrâneas causa a baixa circulação da água nas fraturas, principalmente em áreas com índice elevado de evaporação,

como ocorre na Região Nordeste, podendo provocar a salinização (aumento do teor de sal) do aquífero (FERREIRA et al., 2007). Da mesma maneira, a exploração dos aquíferos de forma inadequada, principalmente em áreas carbonáticas, pode levar a subsidência de terrenos (MANOEL FILHO; CARNEIRO, 2000).

Este processo ocorre de forma lenta ao longo de muitos anos e pode acontecer em bairros inteiros. Segundo Tucci e Cabral (2003) o bombeamento excessivo em poços rasos carrega os finos do solo, reduzindo a sua capacidade de suporte. No caso de poços profundos, o rebaixamento do lençol freático alivia a pressão da água e aumentam a carga sobre os grãos do subsolo, ocorrendo recalques. Em alguns países, tem sido observada subsidência de algumas dezenas de centímetros após anos de bombeamento (TUCCI; CABRAL, 2003).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da atual crise hídrica na Região Nordeste, onde os índices pluviométricos não são suficientes para recarregar os reservatórios de água superficiais e abastecer as cidades, uma solução interessante é a exploração do subsolo através da perfuração de poços.

Observando-se o potencial subterrâneo do Brasil, caracterizado por 181 aquíferos e sistemas aquíferos aflorantes (VILLAR, 2016), esta medida se mostra válida. Segundo Villar (2016), as reservas subterrâneas não representam a solução da crise, mas são uma fonte importante. Apesar disso, as políticas públicas ignoraram essa fonte hídrica e sua conexão com as águas superficiais.

Não obstante, em um período onde a seca perdura durante anos assolando uma região inteira, e a existência de racionamento de água é frequente, moradores de municípios interioranos buscam providências através da escavação de poços privados, como ocorre em Iracema. O problema se constitui na proliferação de poços construídos sem os critérios técnicos mínimos atendidos, sem outorga e fiscalização.

Considerando o levantamento da quantidade de poços na área de estudo, conclui-se que a exploração da água subterrânea no município de Iracema através de poços tubulares artesianos acontece de forma indiscriminada, sem estimativa das consequências dessa prática. Devido a isso, como descrito anteriormente, o nível do lençol freático da região tende a ser rebaixado, e a área está propícia a subsidência do solo no futuro.

A perfuração de um poço é uma obra de engenharia subordinada à natureza (TOURRUCOÔ, 2004), e sua execução coloca em discussão os riscos de uma exploração desordenada. Assim, a principal preocupação é o atual modelo de produção excludente que ignora limites naturais, permite a degradação das águas, buscando o crescimento contínuo independente das consequências ao ambiente, à sociedade e especialmente às futuras gerações (VILLAR, 2016).

Diante do exposto, é evidente o paradoxo entre a necessidade de aproveitamento da água existente no subsolo, e a consciência dos problemas decorrentes dessa exploração.

No entanto, esse recurso pode ser aplicado se associado a medidas preventivas. Com o planejamento adequado, cidades inteiras podem ser abastecidas unicamente por poços artesianos (ABAS, 2014), como já acontece em

alguns municípios nordestinos. A seguir, estão dispostas algumas recomendações para a implantação deste sistema de abastecimento:

- Inserção de políticas de combate aos poços clandestinos, com geração de penalidades para infrações;
- Estudos acerca da qualidade da água subterrânea da região, e de seu potencial para a exploração;
- Implantação do sistema de forma gradativa, respeitando o período de recarga dos aquíferos;
- Realizar uma gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, descentralizando assim a exploração;
- Exigência de outorga para a perfuração de poços particulares;
- Cadastramento de todos os poços do município, incluindo os particulares, para controles de vazão e qualidade da água;
- Fiscalização constante.

O semiárido nordestino é plenamente viável. Os recursos hídricos disponíveis são suficientes para a subsistência desta região, restando a necessidade de políticas públicas adequadas. O geólogo e hidrólogo Manoel Bonfim afirma: "O semiárido é uma ilha cercada de água doce por todos os lados". Desta forma, a crise hídrica avança enquanto a gestão dos recursos se dá de maneira desorganizada e ineficiente.

A perfuração de poços artesianos surge como alternativa para o abastecimento de regiões onde a água disponível na superfície é escassa ou inexistente. Para isso, atenção especial deve ser destinada a utilização destas reservas, de maneira a preservar o patrimônio mais importante do sertão nordestino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Água e meio ambiente subterrâneo: Águas que aquecem o turismo**. São Paulo. ABAS, v. 6, n. 40, jul. 2014. Bimestral.

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate**. São Paulo. 2013. 45 p.

ABREU, Raphael Lorenzeto de. **Map of Ceará state**. 2006. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ceara_MesoMicroMunicip.svg>. Acesso em: 17 abr. 2017.

ALVIM, Angélica Tanus Benatti; BRUNA, Gilda Collet; KATO, Volia Regina Costa. Políticas ambientais e urbanas em áreas de mananciais: interfaces e conflitos. **Cadernos Metrópole.**, n. 19, 2008.

ARAÚJO, José Carlos de et al. Custo de disponibilização e distribuição da água por diversas fontes no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 36, n. 2, p. 281-307, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12212**. Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ANDREOLI, Cleverson Vítório et al. Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba, impostos pela escassez de água. **Sanare, Curitiba**, v. 12, n. 12, p. 31-42, 1999.

BARBOSA, Carlos Magno De Souza; MATTOS, Arthur. Conceitos e diretrizes para recarga artificial de aquíferos. **Águas Subterrâneas**, 2008.

BENVENUTI, Sara Maria Pinotti; FEITOSA, Fernando. **Diagnóstico do município de iracema**. Fortaleza: CPRM, 1998. 17 f.

BRASIL, ANA. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21, 1997.**

CAPUCCI, Egmont et al. Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientação aos usuários. **Rio de Janeiro: SEMADS**, 2001.

CARMO, Roberto Luiz do et al. Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 1, p. 83-96, 2007.

CEARÁ; FUNCEME. (Comp.). **Calendário das Chuvas no Estado do Ceará**. 2017.

Disponível em:

<<http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/maxima/diario?data=2017-5-6>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

CÓDIGO DE ÁGUAS. Decreto n 24.643, de 10 de julho de 1934. **Diário Oficial da União**. v. 25, 2014. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-norma-pe>> Acesso em 10 abr. 2017.

COSTA FILHO, Waldir Duarte et al. **Noções básicas sobre poços tubulares**: Cartilha informativa. Recife: Cprm, 1998. 22 f.

CUPERTINO, Luiz Roberto Boettcher. **Nota técnica: Outorga da Água**. Seção de assessoramento temático. Brasília, 2008.

DIAS, Claudio Luiz et al. Restrições de uso e ocupação do solo em áreas de proteção de aquíferos: Conceitos, legislação e proposta de aplicação no estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2004.

FAGUNDES, João Paulo Rocha; ANDRADE, Alcilene Lopes de Amorim. Poços Artesianos: Uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade. UNIPAC, Juiz de Fora. **Artigo científico**. 2015. 7 f.

FERREIRA, Adriana Niemeyer Pires et al. Águas Subterrâneas: Um recurso a ser conhecido e protegido. **Ministério do Meio Ambiente, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, Petrobras, Brasília, DF**, 2007.

FISCHER, Marta Luciane et al. Crise hídrica em publicações científicas: olhares da bioética ambiental. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 586, 2016. ISSN 1980-993X – doi:10.4136/1980-993X.

FONTES, Andrea S.; OLIVEIRA, JIR de; MEDEIROS, Yvonilde Dantas P. A evaporação em açudes no semi-árido nordestino do Brasil e a gestão das águas. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, v. 15, 2003.

FREITAS, Eliano de Souza Martins; DEL GAUDIO, Rogata Soares. Crise ecológica, escassez hídrica e ideologias: uma análise crítica da carta de 2070. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, p. 439-451, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320150306>.

GALVÃO, Jucilene; BERMANN, Célio. **Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas**. Estud. av. [online]. 2015, vol.29, n.84, pp.43-68. ISSN 0103-4014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200004>.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs Editora, 2009. 114 p.

GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano. Orientações para a Utilização de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, p. 50, 2015.

GRIGOLETTO, Jamyle Calencio et al. Gestão das ações do setor saúde em situações de seca e estiagem. **Ciência & Saúde Coletiva**, Brasília, v. 21, n. 3,

p.709-718, mar. 2016. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015213.26212015>.

IRITANI, Mara Akie; EZAKI, Sibebe. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. In: **Cadernos de Educação Ambiental**. São Paulo (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2008.

MANOEL FILHO, João; CARNEIRO, Fernando A. Feitosa. A. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. **Coord. Obra Fernando AC**, 2000.

MARCONDES, Dal. **Brasil perde 6,5 Cantareiras em vazamentos na distribuição**. 2015. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/sustentabilidade/brasil-perde-6-5-cantareiras-em-vazamentos-na-distribuicao-3359.html>. Acesso em: 25 abr. 2017.

MARENGO, Jose Antonio; ALVES, Lincoln M. Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 3, p. 485-494, 2015.

MARENGO, Jose Antonio. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2008.

MARQUES, Gisela RA Monteiro et al. Água de abastecimento público de consumo humano e oviposição de *Aedes aegypti*. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 3, p. 579-587, 2013.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. Abastecimento de Água. **Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Campina Grande, PB**, 2009.

OLIVEIRA, Claudio. **Poço artesiano exige estudo geológico, bom projeto e construção**. 2015. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/poco-artesiano-exige-estudo-geologico-bom-projeto-e-construcao_9682_10_0. Acesso em: 11 abr. 2017.

PEREIRA, Guilherme Reis; CUELLAR, Miguel Dragomir Zanic. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 115-137, 2015. DOI: 10.1590/S0103-40142015000200008.

PEIXOTO, Berthyer Lima et al. **Outorga e Licença de obras hídricas**: Manual de procedimentos. Fortaleza. 2008. 67 f.

PINA, Rute. **Seca no Nordeste corre risco de bater recorde e completar seis anos em 2017**. 2016. Camila Rodrigues da Silva. Disponível em: <<https://www.brasildefato.com.br/2016/12/16/seca-no-nordeste-corre-risco-de-bater-recorde-e-completar-seis-anos-em-2017/>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

PINTO-COELHO, Ricardo Motta; HAVENS, Karl. **Gestão de Recursos Hídricos em Tempos de Crise**. Artmed Editora, 2016.

PORTAL BRASIL (Ed.). **Governo anuncia investimentos para combater a seca**. 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/12/governo-anuncia-investimentos-para-combater-a-seca>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

PORTELA, Marcelo. **Ao menos 85% dos poços artesianos do País são clandestinos**. 2014. Disponível em: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,ao-menos-85-dos-pocos-artesianos-do-pais-sao-clandestinos,1577425>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

RAMOS, Andrea Malheiros; REBELLO, Expedito Ronald G. **Situação da seca observada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil em 2016**. Brasília: Inmet, 2016. 8 f.

RIO, Gisela Aquino Pires do; DRUMMOND, Helena Ribeiro; RIBEIRO, Christian Ricardo. ÁGUA: URGÊNCIA DE UMA AGENDA TERRITORIAL. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 4, p. 105-120, 2016.

SAMPAIO, Cristiane Collich; ALMEIDA. Uso das Águas Subterrâneas na Indústria. **Águas Subterrâneas**. São Paulo: Copypress, v. 3, fev. 2008. Bimestral.

SELBORNE, Lord. A ética do uso da água doce: um levantamento. 2002.

SILVA, Fernando José Araújo da; DE ARAÚJO, Andréa Limaverde; DE SOUZA, Raimundo Oliveira. Águas subterrâneas no Ceará - Poços instalados e salinidade. **Revista Tecnologia**, v. 28, n. 2, 2007.

SOUZA, Roberval Tavares de. **Artigo – Perdas de água no Brasil: atitude para mudar**. 2016. Disponível em: <<https://abes-dn.org.br/?p=3063>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

STRACI, Larissa. Poço, uma obra complexa. **Água e Meio Ambiente Subterrâneo**, São Paulo, v. 7, n. 44, p.9-11, 2 maio 2017. Bimestral.

TOURRUCOÔ, Juliana. **Projetos: Poços artesanais**. 2004. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/90/artigo287336-1.aspx>>. Acesso em: 03 maio 2017.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Copyright, 2006. 643 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira. **Prospecção Tecnológica Recursos Hídricos: Qualidade da Água Subterrânea**. CGEE, 2003. 53 f.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **Águas Subterrâneas**, 2015.

VENTURI, Luis Antonio Bittar. Recurso Natural: a construção de um conceito. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 20, p. 09-17, 2006.

VILLAR, Pilar Carolina. UMA VISÃO GERAL DA SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2005.

VILLAR, Pilar Carolina. AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E O DIREITO À ÁGUA EM UM CONTEXTO DE CRISE. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 83-100, 2016.

ZOBY, José Luiz Gomes; MATOS, Bolivar. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2002.

ZOBY, José Luiz Gomes. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Águas Subterrâneas**, 2008.