

A eficácia do zoneamento explotável no bairro de Boa Viagem, em Recife/PE

Amanda Rafaely Monte do Prado

Mestranda em Engenharia Civil, UPE, Brasil.
armp@poli.br

Amaury Gouveia Pessoa Neto

Mestrando em Engenharia Civil, UPE, Brasil.
agpn@poli.br

Karina Paula Barbosa de Andrade Lima

Mestranda em Engenharia Ambiental, UFRPE, Brasil.
karinandradelima@gmail.com

Simone Rosa da Silva

Professora Doutora, UPE, Brasil.
simonerosa@poli.br

RESUMO

O presente estudo objetivou analisar a eficácia do zoneamento explotável no bairro de Boa Viagem, cidade do Recife/PE. Para isso, foram utilizados como subsídio as informações presentes nas três edições do Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife, conhecidos como HIDROREC I, II e III, bem como a base de dados de outorga de água subterrânea, fornecida pela APAC. A partir das análises realizadas, obteve-se como resultado uma melhoria no nível do aquífero Cabo, na Zona A de Boa Viagem, a qual pode estar relacionada ao cumprimento da Resolução CRH nº 04/2003. Também pode-se concluir que a referida resolução estava sendo cumprida na Zona B. Desse modo, destaca-se a importância do mapa de zoneamento explotável como uma importante ferramenta para a promoção da gestão e conservação das águas subterrâneas.

PALAVRAS-CHAVE: Águas subterrâneas. Hidrogeológico. Outorga.

1 INTRODUÇÃO

A Constituição Federal de 1988, no art. 26, I, trata das águas subterrâneas como bens das unidades federativas, sendo estas responsáveis pelo gerenciamento através de instrumentos legais. Porém, Souza-Pereira e Oliveira (2018) organizaram em estudo as legislações voltadas especificamente para águas subterrâneas nos estados brasileiros e observaram que nem todos estados seguem ou seguem apenas em parte o que dispõe no citado artigo da Constituição.

Com os objetivos de garantir a disponibilidade da água para diferentes usos, visando as gerações futuras, em janeiro de 1997, a União instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), buscando, por meio desta, solucionar potenciais desequilíbrios entre disponibilidade e demanda (ANA, 2013). A PNRH apresenta instrumentos para a gestão, são eles: Plano de Recursos Hídricos, enquadramento de corpos de água, outorga de direito de uso, cobrança pelo uso da água e sistema de informação sobre recursos hídricos (ANA, 2013). Embora a PNRH não mencione propriamente as águas subterrâneas, os instrumentos descritos tem validade para as mesmas assim como para as águas superficiais (SOUZA-PEREIRA, OLIVEIRA; 2018).

Souza-Fernandes e Oliveira (2018) constataram que, no Brasil, os 26 estados e o Distrito Federal detêm uma Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e nelas estão presentes artigos sobre aquíferos ou águas subterrâneas. Contudo, apenas 14 unidades federativas apresentavam legislação específica para as águas subterrâneas, as quais estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1- Estados detentores de legislação específica para as águas subterrâneas

UNIDADE DA FEDERAÇÃO	LEI
Alagoas	Lei nº 7.094, de 02 de setembro de 2009 Decreto nº 49.419, de 18 de julho de 2016
Ceará	Decreto nº 31.077, de 12 de dezembro de 2012
Distrito Federal	Decreto nº 22.358, de 03 de setembro de 2001
Espírito Santo	Lei nº 6.295, de 27 de julho de 2000
Goiás	Lei nº 13.583, de 11 de janeiro de 2000 Lei nº 16.501, de 10 de fevereiro de 2009
Maranhão	Decreto nº 34.847, de 14 de maio de 2019
Mato Grosso	Lei nº 9.612, de 12 de setembro de 2011
Mato Grosso do Sul	Lei nº 3.183, de 21 de fevereiro de 2006
Minas Gerais	Lei nº 13.771, de 11 de dezembro de 2000
Pará	Lei nº 6105, de 14 de janeiro de 1998 Decreto nº 3.060, de 26 de agosto de 1998
Pernambuco	Lei Ordinária nº 11.427, de 18 de janeiro de 1997 Decreto nº 20.423, 26 de março de 1998
Rio Grande do Sul	Decreto nº 42.047, de 26 de dezembro de 2002 Decreto nº 52.035, de 19 de novembro de 2014
Santa Catarina	Resolução CERH nº 02, de 14 de agosto de 2014 Resolução CERH nº 03, de 14 de agosto de 2014
São Paulo	Lei nº 6.134, de 02 de junho de 1988 Decreto de nº 32.955, de 07 de fevereiro de 1991

Fonte: Goiás (2009); Maranhão (2019); Souza-Fernandes; Oliveira (2018); Souza (2020)

Em Pernambuco, a Lei nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005, que revogou Lei nº 11.426, de 17 de janeiro de 1997, implementou a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH), seguindo os princípios, diretrizes e instrumentos propagados pela PNRH (GONÇALVES et al., 2017). A Lei nº 11.427, de 17 de janeiro de 1997, trata da conservação e proteção das águas subterrâneas no estado, assinalando que, como indicado em seu art. 2º, em casos de risco de esgotamento da capacidade do aquífero, ações como estabelecimento de áreas de proteção, restrição de vazões exploradas e estipulação de distâncias mínimas entre poços poderão ser tomadas pelo Poder Executivo (PERNAMBUCO, 1997).

Costa et al. (1998) publicou o Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife – Projeto HIDROREC, atualmente conhecido como HIDROREC I. Dentre os objetivos do projeto estava o de analisar as reservas, potencialidades e disponibilidade de exploração dos aquíferos, averiguando a demanda requerida pela população da Região Metropolitana do Recife, e a proposição para leis de uso e preservação das águas subterrâneas.

Além disso, o HIDROREC I também propôs um mapa de zoneamento explorável dos aquíferos da Região Metropolitana do Recife (Figura 1a), incluindo uma área de restrição total à captação de águas subterrâneas, localizada no bairro de Boa Viagem, tendo sido nomeada como Zona A. As demais zonas foram a B, subdividida em B1, B2 e B3 – nas quais as restrições são de 50 a 100 m³/dia, 70 a 150 m³/dia e 120 a 200 m³/dia, respectivamente; e as zonas C e D, a quais não requereram restrições (COSTA et al., 1998).

Na época, o órgão gestor dos recursos hídricos era a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, que encaminhou a sugestão de mudança para restrição parcial de 24m³/dia na Zona A para o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH. A proposta deu-se devido a situação crítica enfrentada pelos mananciais superficiais, que ocasionaram racionamentos severos por

parte da concessionária de abastecimento de água. O CRH deliberou sobre o tema e aprovou a vazão máxima de 30 m³/dia para a Zona A; 50m³/dia (residencial) e 100m³/dia (comercial) para a B1; 70m³/dia (residencial) e 150m³/dia (comercial) para a B2; 120m³/dia (residencial) e 200m³/dia (comercial) para a B3; 400 m³/dia para a C; e sem restrições para a D (SILVA; MONTEIRO; FRANÇA, 1999).

Ainda a partir do estudo realizado por Silva; Monteiro e França (1999), a Zona A apresentava balanço hídrico deficitário, com diferença entre entradas e saídas igual a -10,5 x 10⁶ m³/ano. Esta área já apresentava as graves consequências da superexploração, dentre elas, o rebaixamento do nível do aquífero em 100 metros, o risco de exaustão do aquífero e a vazão possível de captação nos novos poços entre 600 e 1000l/h, ou, 14,4m³/dia a 24m³/dia.

Em junho de 2002, o Estudo Hidrogeológico de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes (HIDROREC II), foi divulgado como uma atualização do projeto anterior, com os propósitos de reavaliar o balanço hídrico subterrâneo e produzir um novo zoneamento de exploração da região, partindo dos recentes dados adquiridos. A atualização do estudo deu-se através de processo licitatório realizado pela SRH, cuja empresa vencedora foi a COSTA Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda., a qual prestou agradecimento a Comissão de Acompanhamento e Fiscalização dos estudos na Secretaria (PERNAMBUCO, 2002).

Diferentemente de seu antecedente, o HIDROREC II acrescentou a localização, o aquífero explorado e sua situação de nível d'água em cada uma das zonas que compõem a área de estudo. O novo zoneamento foi dividido em 6 zonas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**b). A zona A – nenhum poço poderia ser perfurado e os poços existentes deveriam ter a vazão reduzida pela metade; zona B – restrição de outorga máxima de 30 m³/dia e vazão reduzida em 30% nos poços anteriormente perfurados; zona C – restrição de outorga máxima de 60 m³/dia e vazão reduzida em 15% dos poços já existentes; zona D – 70 m³/dia deveria ser a vazão máxima a ser outorgada, enquanto os poços existentes não teriam vazão reduzida, dependendo do comportamento futuro do aquífero; zona E – vazão máxima de 100 m³/dia, sem restrições aos poços antes perfurados; e zona F – não apresentou restrição de vazão para poços a serem perfurados (PERNAMBUCO, 2003).

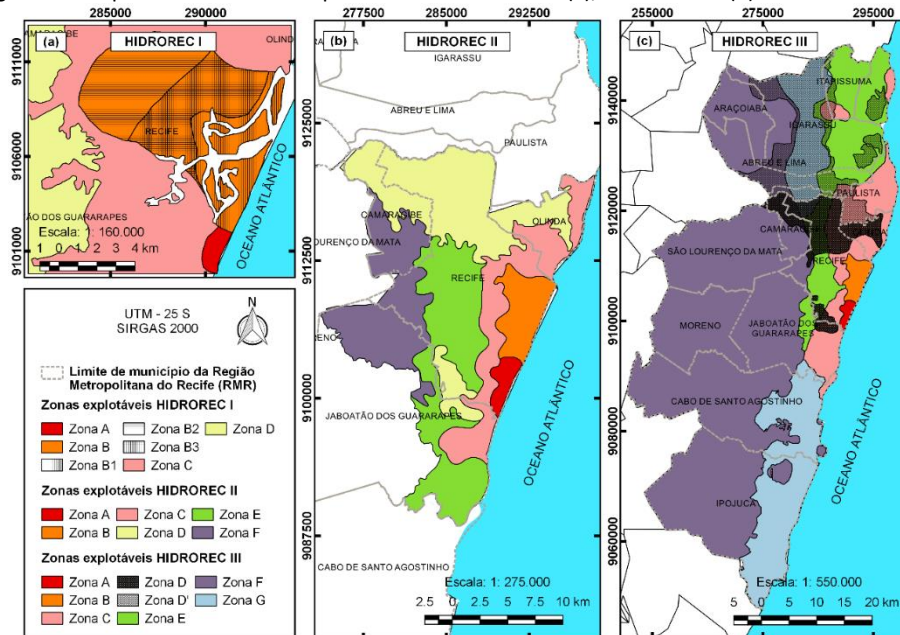
Pernambuco (2017) apresentou o Estudo Sobre a Disponibilidade e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Região Metropolitana do Recife (HIDROREC III), tendo por objetivo analisar a disponibilidade e a vulnerabilidade das águas subterrâneas, buscando instrumentos para uma gestão integrada.

O zoneamento de áreas explotáveis atualizado subdividiu os 14 municípios da Região Metropolitana do Recife em 8 zonas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**c), sendo elas: zona A – onde não devem ser perfurados novos poços; zona B – vazões outorgadas para novos poços restritas a 30 m³/dia; zona C – limite de 60 m³/dia para vazões outorgadas; zona D – restrição 70 m³/dia para vazão de poços novos; zona D' (sobreposta a zona D) – sem restrições de vazões para poços novos ou antigos; zona E – a vazão máxima para poços novos é de 100 m³/dia; zona F – as vazões das perfurações futuras são condicionadas a capacidade do poço; zona G – poços novos e existentes não têm restrições (PERNAMBUCO, 2017).

Ao longo dos anos, desde a publicação do HIDROREC I ao HIDROREC III, o CRH publicou resoluções, objetivando estabelecer e atualizar o Zoneamento Explotável dos

Aquíferos da Região Metropolitana do Recife. A Resolução CRH nº 04, de 12 de setembro de 2000 (CRH, 2000), aprovou o primeiro mapa de zoneamento explorável, a partir do HIDROREC I e da mudança sugerida pela SRH, conforme exposto anteriormente. Em 2003, foi publicada a Resolução CRH nº 04/2003 (CRH, 2003), que aprovou o mapa de zoneamento explorável proposto pelo HIDROREC II. Atualmente, mediante a Resolução CRH nº 01, de 14 de março de 2019 (CRH, 2019), o Conselho homologou o Zoneamento para Exploração dos Aquíferos da Região Metropolitana do Recife, após análise dos resultados obtidos no HIDROREC III.

Figura 1 – Mapa do zoneamento explorável dos HIDROREC I (a), HIDROREC II (b) e HIDROREC III (c)



Fonte: Elaborado pelos autores

Ainda, como auxílio à gestão das águas subterrâneas em Pernambuco, foi celebrado um Acordo de Cooperação Técnica entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e a, então, Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE), contemplando a utilização do banco de informações do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). O SIAGAS se constitui por um sistema de informações de águas subterrâneas desenvolvido pelo CPRM, que reúne uma base de dados sobre poços em todo o Brasil (BORBA et al., 2013).

2 OBJETIVOS

O presente estudo tem por objetivo analisar a eficácia do zoneamento explorável como instrumento de gestão no bairro de Boa Viagem, localizado no município de Recife, em Pernambuco.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizadas as informações constantes nos HIDROREC I, II e III, bem como a base de dados de outorga de água subterrânea fornecida pela Agência Pernambucana de Águas (APAC). Tal base de dados consiste em uma

planilha Excel contendo os registros de poços para os quais foram solicitados as outorgas e suas respectivas características, tais como local, finalidade de uso e latitude e longitude. O tratamento aplicado aos dados encontra-se descrito a seguir.

3.1 SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Metropolitana do Recife (RMR) está situada em uma Planície Deltáica, onde os sedimentos possuem origens Fluvial, Marinho, Coluvial, Mangues, entre outros, que são capazes de recobrirem as Bacias Sedimentares Costeiras Pernambuco (a norte) e Cabo (a sul), separadas pelo divisor estrutural Lineamento Pernambuco, gerando aquíferos com características hidrodinâmicas específicas (BORBA et al., 2019). Ainda de acordo com os referidos autores, os principais aquíferos costeiros desenvolvidos na RMR (Boa Viagem, Barreiras, Itamaracá, Beberibe, Algodois, Cabo e Fissural) contribuem de maneira eficiente e progressiva, principalmente desde a década de 1990, para o fornecimento de água aos diversos tipos de usuários.

Dentre os principais aquíferos costeiros da RMR, o Aquífero Cabo se constitui como o principal manancial hídrico subterrâneo de toda a região litorânea no tocante ao abastecimento de diversos condomínios de edifícios residenciais e da rede hoteleira, particularmente, entre os municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes, principalmente nos bairros de Boa Viagem, Pina, Piedade e Candeias (BORBA et al., 2019).

A fim de alcançar o objetivo deste estudo, foi realizada uma análise inicial base de dados de outorga de água subterrânea, em que se constatou que haviam 7.066 registros de processos de outorga em todo o estado no período compreendido entre 1998 e 2019. Para os pertencentes ao município do Recife, foram atribuídos os respectivos bairros e, em seguida, organizados quantitativamente. Desse modo, o bairro de Boa Viagem, que é abastecido pelo Aquífero Cabo, foi o que apresentou maior número de registros, com um total de 788.

O bairro de Boa Viagem é uma área importante para a RMR, uma vez que possui uma infraestrutura arrojada, abrangendo edificações residenciais de alto padrão, hospitais de referência e escolas tradicionais. Além dos setores comercial e turístico, que são bastante desenvolvidos no bairro, atraindo grande quantidade de clientes e turistas. A ocupação de Boa Viagem afeta diretamente a demanda hídrica, sendo significativa a sua contribuição. Outro aspecto relevante é o fato de a Zona A estar localizada dentro dos seus limites geográficos e por tratar-se de uma zona de restrição total à perfuração de novos poços seu estudo se reveste de grande importância.

3.2 VERIFICAÇÃO DAS COORDENADAS

Primeiramente, foi feita a análise das coordenadas dos poços localizados em Boa Viagem, resultando na exclusão de 47 poços que não apresentaram esse dado. Os demais, que continham as informações de localização espacial, foram georreferenciados a partir da utilização da tecnologia do geoprocessamento.

Para a manipulação dos dados foi empregado o software livre QGis (Versão 2.18.22), em coordenadas UTM, no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS). Para

a conversão das coordenadas de latitude/longitude para UTM, foi utilizado o software Microsoft Excel (Versão 14.0), adaptado com o formulário de conversão desenvolvido e disponibilizado pelo Laboratório Topográfico de Pernambuco (LABTOPOPE). Em seguida, foi gerado um arquivo de geometria dos pontos, o qual foi convertido para formato .CSV para inserção no QGis.

Após esse procedimento, observou-se que alguns poços apresentaram coordenadas que não pertenciam aos limites do bairro de Boa Viagem. Assim, realizou-se a adequação dessas coordenadas ao padrão da região. Porém, mesmo após a correção, verificou-se que 32 poços ainda permaneceram fora da área de estudo. Além disso, também se constatou que 09 poços possuíam coordenadas duplicadas. De maneira que, ao final da verificação das coordenadas, os dados a serem utilizados reduziram para 700 poços.

3.3 VERIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS “SITUAÇÃO DO PROCESSO DE OUTORGA”, “AQUÍFERO”, “PROFUNDIDADE” E “FINALIDADE DE USO”

Foi realizada a filtragem dos 700 poços quanto as características “situação do processo de outorga”, “aquífero”, “profundidade” e “finalidade de uso”, identificando aqueles que não apresentavam tais informações e excluindo-os. Após essa etapa, a amostra de dados a ser utilizada nas análises do presente estudo foi definida em 484 poços.

Por fim, cabe destacar a metodologia utilizada para a estruturação da base de dados espaciais, a qual consistiu na conversão dos mapas em imagens com extensão .JPEG e, em seguida, na submissão das mesmas a uma análise espacial, ao serem inseridas no QGis. Para tanto, as imagens foram georreferenciadas a partir da indicação de suas coordenadas em projeção UTM. Após essa etapa, procedeu-se a delimitação das camadas, no formato Shapefile, para cada zona explorável, as quais foram definidas a partir de fotointerpretação visual. O procedimento descrito foi realizado para os mapas de zoneamento explorável dos HIDROREC I e II, pois o do HIDROREC III já foi disponibilizado com georreferenciamento.

4 RESULTADOS

A partir da análise inicial, conforme supracitado, foi verificado que o valor atual do registro de processos de outorga no estado pernambucano é 28% superior aos 5.500 poços cadastrados no ano de 2012, como descrito por Assis et al. (2012). Contudo, em comparação aos 32.315 registros existentes no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), o valor apresentado no banco de dados da APAC corresponde a aproximadamente 22%.

Restringindo-se para Recife, atualmente tem-se 2.999 registros no banco de dados, que, quando comparados aos 1.800 poços existentes em 1998 (COSTA et al., 1998), representam um acréscimo de 67%. Comparando-se com os 4.580 poços cadastrados em Recife em 2003, segundo o HIDROREC II, tem-se uma diferença de cerca de 65%. Em relação ao SIAGAS, o valor atual equivale a 51% do total apresentado pelo sistema, que são de 5.915 registros.

Para o bairro de Boa Viagem encontraram-se 788 registros de processos de outorga no banco de dados da APAC, dos quais, após tratamento dos dados, apenas 484 deles foram considerados.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS POÇOS SELECIONADOS

Dos registros selecionados para Boa Viagem, 431 deles constam como captação no aquífero Cabo, correspondendo a 89% do total. Esse aquífero encontra-se com exploração excessiva, a qual pode estar relacionada ao elevado número de poços existentes, que, em conjunto, são responsáveis por grandes extrações de água. Conforme consta no HIDROREC III, na zona de Boa Viagem, esse aquífero apresenta valor mínimo de piezometria de -103m (PERNAMBUCO, 2017).

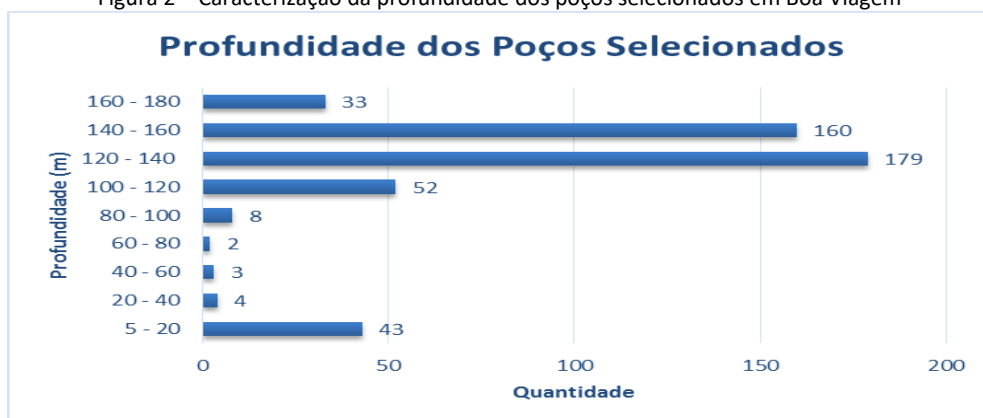
Além disso, um número mais elevado de poços pode implicar em menor controle acerca da qualidade de construção dos mesmos, o que, segundo Borba et al. (2012), pode ser considerado um fator influenciante nas variações hidroquímicas que dizem respeito a qualidade da água do aquífero Cabo.

Em segundo lugar tem-se o aquífero Boa Viagem como o mais recorrente, constando em 42 registros, ou aproximadamente 9%. Esse aquífero apresenta superávit no balanço de entradas e saídas, não estando em regime de sobre-exploração (PERNAMBUCO, 2017). Os 2% restantes correspondem aos registros nos aquíferos Beberibe, Barreiras, “Aluvionar” e “Freático”.

A partir da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, pode-se observar que a maior parte dos poços apresenta profundidade superior aos 100m, corroborando com a informação apresentada anteriormente acerca da grande concentração dos mesmos no aquífero Cabo. Também pode-se destacar os 43 poços com profundidade máxima de 20m, cuja maioria encontra-se no aquífero Boa Viagem e ratificam a informação anteriormente apresentada.

Considerando-se que o aquífero Cabo é o que possui maior número de poços, obteve-se que a profundidade média calculada são de cerca de 136m, que se assemelha as médias de 134m apresentada para o aquífero em toda a Região Metropolitana de Recife (BORBA et al., 2012) e de 134,20m para o município de Recife (PERNAMBUCO, 2003).

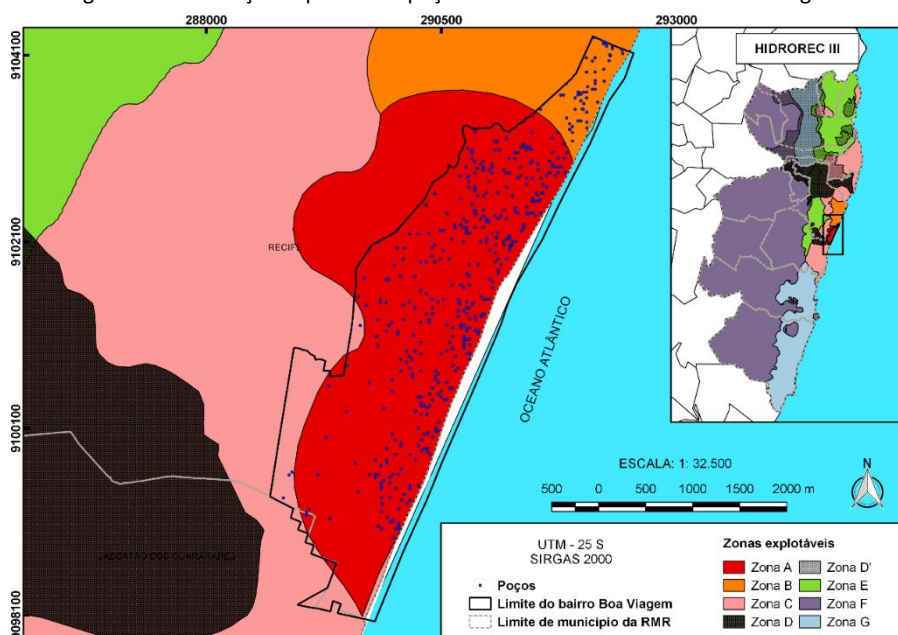
Figura 2 – Caracterização da profundidade dos poços selecionados em Boa Viagem



Fonte: Elaborado pelos autores

Quanto ao zoneamento, 425 poços localizam-se na Zona A, que é a mais preponderante, correspondendo a aproximadamente 88% do total. Em segundo lugar, tem-se a Zona B com 55 poços e, por fim, a Zona C com 04 poços. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a distribuição espacial dos poços selecionados em Boa Viagem.

Figura 3 – Localização espacial dos poços selecionados no bairro de Boa Viagem



Fonte: Elaborado pelos autores

A finalidade de uso majoritária para os poços selecionados da área de estudo é o abastecimento residencial particular (80%). Em seguida, tem-se a utilização em estabelecimentos comerciais (8%) e hotéis (6%). Os 6% restantes correspondem a escolas, postos de combustível, indústrias, hospitais, restaurantes e “outros”. O abastecimento residencial figura como a principal finalidade de uso, a partir do número de outorgas, assim como no estudo realizado por Silva, Monteiro e França (1999).

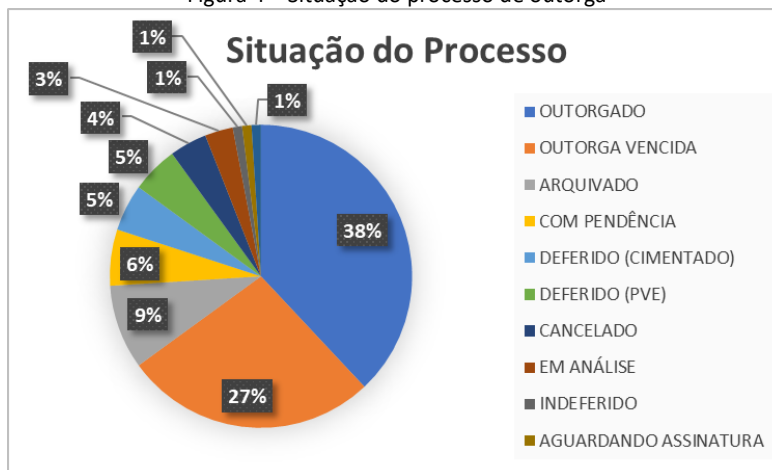
Ainda analisando-se essa característica, a partir dos dados de vazão outorgada, tem-se que o valor total corresponde a 9.295,69m³/dia, dos quais o abastecimento residencial particular é o maior uso (80%), seguido da utilização em hotéis (8%) e dos estabelecimentos comerciais (7%). Os 6% restantes compreendem escolas, hospitais, indústrias, postos de combustível e “outros”. No estudo de Silva, Monteiro e França (1999), a finalidade de uso principal a partir da vazão outorgada era o abastecimento público, diferindo do resultado obtido neste estudo.

4.2 OUTORGA DOS POÇOS DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo o banco de dados da APAC, dos 484 poços selecionados em Boa Viagem, 38% constam como outorgados, ou seja, encontram-se com a outorga vigente. Em seguida, com valor de 27%, tem-se aqueles que se encontram com a outorga vencida (**Erro! Fonte de**

referência não encontrada.). Para os últimos, é de fundamental importância sua regularização, não apenas para respeitar as exigências legais, mas também para contribuir com a gestão das águas subterrâneas.

Figura 4 – Situação do processo de outorga

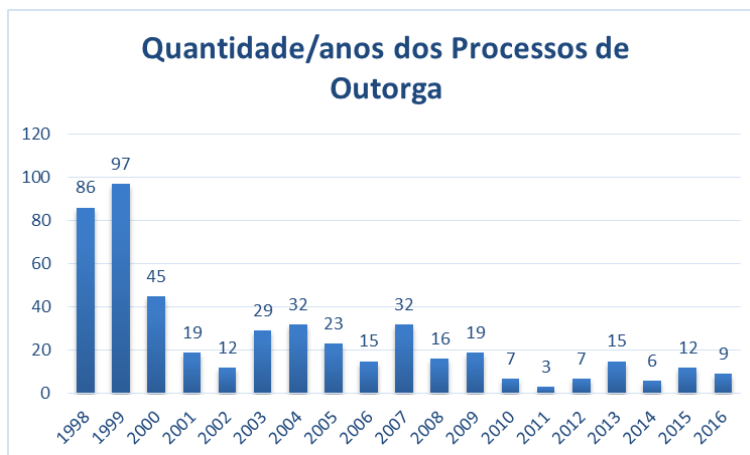


Fonte: Elaborado pelos autores

Também pode-se observar, a partir da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que os processos com status de arquivado equivalem a 9%, ou seja, 46 poços. Uma hipótese para os casos referentes as novas perfurações é a falta de alguma documentação exigida para a solicitação do Parecer de Viabilidade de Exploração (PVE), que pode implicar no arquivamento do processo sem aviso prévio, conforme consta no formulário “Requerimento PVE – Parecer de Viabilidade de Exploração (Perfuração de Poço)”, disponibilizado no site da APAC.

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados os quantitativos anuais dos registros de processos de outorga, os quais podem ser interpretados como o aumento/diminuição da procura pela regularização da exploração de água subterrânea. De fato, percebe-se que os anos de 1998 a 2000, bem como o período de 2003 a 2005 apresentam quantitativos relevantes e coincidem com os períodos de elaboração do HIDROREC I e II e de publicação das Resoluções CRH nº 04/2000 e nº 04/2003.

Figura 5 – Caracterização dos registros de processos de outorga no período de 1998 a 2016



Fonte: Elaborado pelos autores

4.3 OUTORGA X ZONEAMENTO EXPLOTÁVEL

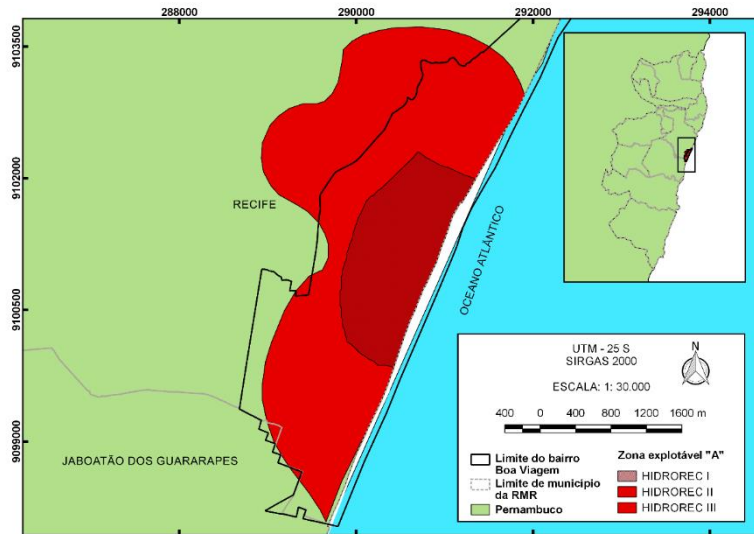
4.3.1 ZONA A

A Zona A representa a área de maior restrição de retirada de água, desde o primeiro projeto HIDROREC, e abrange bairros de Recife, como Boa Viagem, e Jaboatão dos Guararapes, sendo suprida pelas águas do aquífero Cabo. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um comparativo entre as áreas da referida zona, de modo que é possível observar a expansão ocorrida entre a elaboração do HIDROREC I e HIDROREC II.

Tal avanço pode ser atribuído as estiagens ocorridas na década de 90, especialmente a dos anos de 1998/99, uma vez que foi nesse período que as águas subterrâneas se tornaram a principal fonte de abastecimento do Recife, especialmente em Boa Viagem (MONTEIRO; COSTA; FRANÇA, 2001). Na época, os mesmos autores recomendaram que era necessário realizar um novo estudo, que culminou no HIDROREC II, para que fosse avaliado as consequências da estiagem nas águas subterrâneas.

Quanto à comparação entre o HIDROREC II e HIDROREC III, observou-se que a área correspondente a Zona A não foi alterada (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 6 – Comparativo entre as áreas da Zona A, conforme HIDROREC I, II e III.

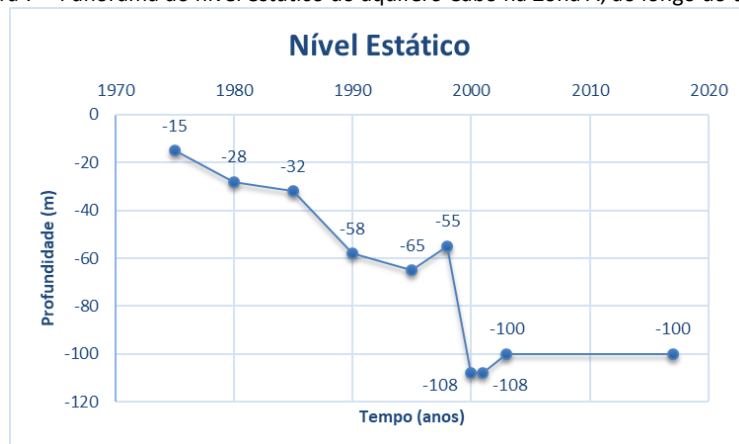


Fonte: Elaborado pelos autores

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o panorama do nível estático do aquífero Cabo na Zona A, ao longo do tempo, baseado em informações obtidas na literatura. De maneira geral, pode-se observar que, no período de 1975 a 2000, ocorreu um rebaixamento do mesmo, atingindo o valor máximo de -108m. Tal comportamento decrescente também foi observado no HIDROREC II, a partir de dados de manutenção de poços profundos realizadas na década de 90 (PERNAMBUCO, 2003).

As estiagens ocorridas na década de 90, figuram como um dos causadores do decréscimo, devido ao aumento do número de poços perfurados e das grandes extrações de água. Segundo Monteiro, Costa e França (2001), no intervalo de 10 anos (1990-2000), os poços localizados na Zona A aumentaram em 329,20%.

Figura 7 – Panorama do nível estático do aquífero Cabo na Zona A, ao longo do tempo

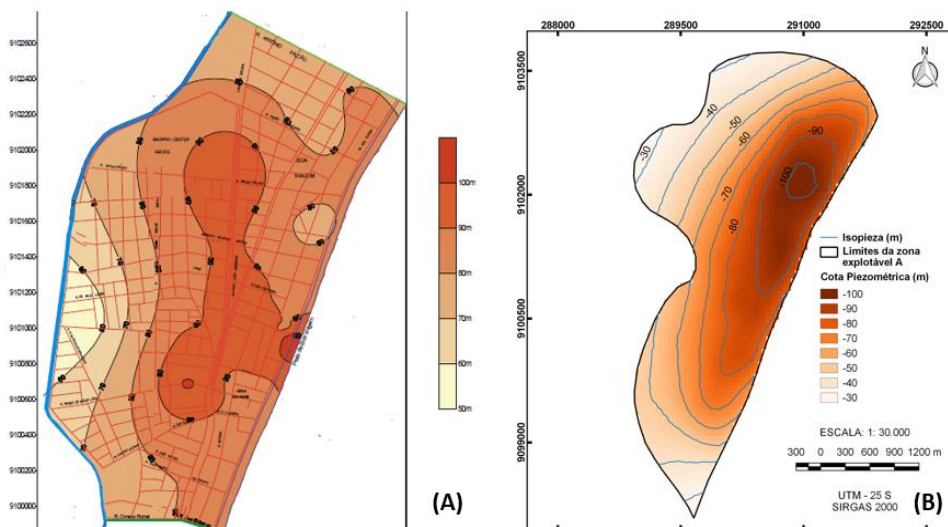


Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Costa et al. (1998); Monteiro; Costa; França (2001); Costa; Costa Filho (2004); Pernambuco (2003); Pernambuco (2017)

A partir de 2003, nota-se uma tendência à estabilização na profundidade do nível estático, que mantém os -100m em 2017 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Importante ressaltar que, nesse mesmo ano, houve a aprovação do mapa de zoneamento explotável da RMR e o estabelecimento de critérios de vazão e perfuração de novos poços, por meio da Resolução CRH nº 04/2003. Desse modo, uma provável hipótese para a estabilização constatada é a aplicação eficaz da referida normativa.

A comparação entre os mapas piezométricos do aquífero Cabo na Zona A em intervalos de tempo antes e depois da referida Resolução ter entrado em vigor, endossam a hipótese levantada, uma vez que tal análise resulta na observação de um aumento do nível piezométrico. Na situação apresentada para 2001, observa-se que os níveis variam de -100m a -50m, com a maior parte da área variando entre os níveis de -80m e -90m. Enquanto no período de 2013 a 2015, a variação dos níveis abrange um maior intervalo, indo de -100m a -30m. Além disso, as áreas estão mais distribuídas em relação aos níveis, com as maiores profundidades concentradas próximas a costa (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

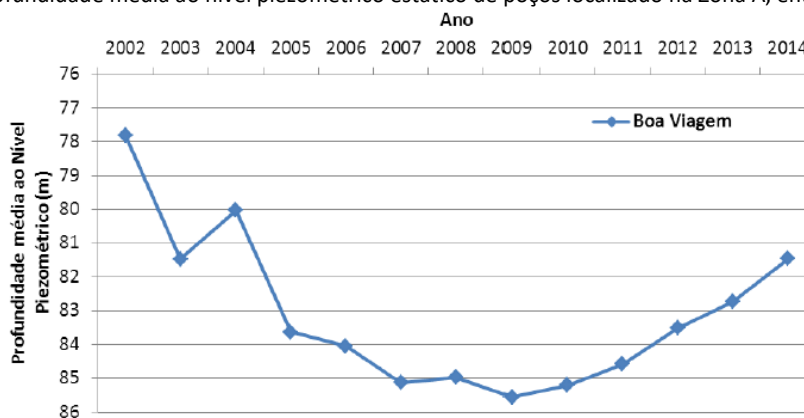
Figura 8 – Mapas piezométricos do aquífero Cabo na Zona A, nos períodos de 2001 (A) e 2013-2015 (B)



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Monteiro et al. (2001); Pernambuco (2017)

O HIDROREC III também apresenta a recuperação do nível piezométrico da Zona A, a partir de 2009, conforme mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O gráfico foi baseado nos dados de profundidade de 51 poços localizados em Boa Viagem, na referida zona (PERNAMBUCO, 2017).

Figura 9 – Profundidade média ao nível piezométrico estático de poços localizado na Zona A, entre 2002 e 2014



Fonte: Pernambuco (2017)

Pernambuco (2017) cita que esse comportamento foi possivelmente motivado por três causas: a proibição da perfuração de novos poços na Zona A, a partir de 2003; a diminuição gradativa dos valores outorgados para os poços dessa zona, quando das renovações das outorgas; e a entrada na rede pública, da água advinda do Reservatório de Pirapama (PERNAMBUCO, 2017). As duas primeiras causas são diretrizes estabelecidas na Resolução CRH nº 04/2003, denotando a importância da mesma para a melhoria observada.

4.3.2 ZONAS B E C

Conforme item **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a partir dos dados selecionados, foram encontrados 55 poços na Zona B de Boa Viagem, dos quais apenas 18 constam como outorgados no status da situação do processo de outorga. Analisando os mesmos quanto ao cumprimento das Resoluções CRH, verificou-se que nenhuma das vazões outorgadas foi superior a 30m³/s. Embora não se tenha a distinção entre poços novos e já existentes, o limite máximo de vazão está sendo respeitado, logo, pode-se inferir que as determinações da referida normativa estão sendo cumpridas.

Para a Zona C não foi possível realizar a análise, devido à ausência de algumas informações do banco de dados.

5 CONCLUSÃO

O mapa de zoneamento explotável representa uma importante ferramenta para a aplicação do instrumento de outorga das águas subterrâneas e vem sendo aprimorado ao longo dos anos, a partir da atualização dos estudos hidrogeológicos desenvolvidos para a RMR, a saber, HIDROREC I, II e III.

A partir da análise do panorama temporal dos níveis estáticos dos poços na Zona A, em Boa Viagem, e da comparação dos mapas piezométricos do aquífero Cabo, na mesma área, em períodos anterior e posterior ao início de vigência da Resolução CRH nº 04/2003, observou-se melhorias em ambos os níveis. Tais melhorias representam um indicativo da eficácia da normativa, que, ao ter seus critérios de novas perfurações e vazões respeitadas, pode propiciar resultados favoráveis. Na Zona B, pode-se concluir que a referida resolução também está sendo respeitada.

Apesar do cenário positivo, a gestão das águas subterrâneas ainda necessita de ações que proporcionem um maior controle quantitativo e qualitativo sobre o recurso. O preenchimento de todas as informações solicitadas no banco de dados de processos de registro de outorga, por exemplo, caracteriza-se como uma dessas ações. O monitoramento dos poços também é uma ação estratégica, uma vez que permite acompanhar e reavaliar as medidas de restrição impostas à captação de águas subterrâneas. A ação de fiscalização dos usuários de águas subterrâneas é uma ação complementar e fundamental, uma vez que não basta impor através das outorgas a restrição às captações, mas zelar pelo cumprimento das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Módulo 1: Política Nacional dos Recursos Hídricos:** fundamentos, objetivos e diretrizes. Lei das Águas. 2013. Disponível em: <http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/121>. Acesso em 30 de set. de 2019.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Módulo 3: Instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos.** Lei das Águas. 2013. Disponível em: <http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/121>. Acesso em 30 de set. de 2019.

ASSIS, A. A. A. et al. Ações da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) na gestão das águas subterrâneas voltada para a outorga no estado de Pernambuco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 17., 2012, Mato Grosso do Sul. **Anais** [...]. Mato Grosso do Sul: ABAS, 2012.

BORBA, A. L. S. et al. Qualidade das águas do aquífero Cabo na Região Metropolitana de Recife – PE. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 17., 2012, Mato Grosso do Sul. **Anais [...]**. Mato Grosso do Sul: ABAS, 2012.

BORBA, A. L. S. et al. A importância do SIAGAS na gestão das águas subterrâneas: exemplificando o estado de Pernambuco. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves/RS. **Anais [...]**. Rio Grande do Sul: ABRH, 2013.

BORBA, A. L. S. et al. Aplicação do SIAGAS na análise da exploração do Aquífero Cabo na Região Metropolitana do Recife – PE. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu/PR. **Anais [...]**. Paraná: ABRH, 2019.

COSTA, W. D. et al. Zoneamento de exploração das águas subterrâneas na cidade do Recife – PE. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10., 1998. **Anais [...]**. ABAS, 1998.

COSTA, W. D. et al. **Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife**. Relatório Técnico, Vol. I – Texto. Projeto HIDROREC., Recife. Convênio FADE/UFPE – IDRC Canadá, 1998. 130p.

COSTA, W. D.; COSTA FILHO, W. D. A gestão dos aquíferos costeiros de Pernambuco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, Mato Grosso. **Anais [...]**. Mato Grosso: ABAS, 2004.

CRH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução nº 04, de 12 de setembro de 2000**. Disponível em: <http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/documentos/docs_crh/IL_Resolucao_CRH_04_2000.pdf>. Acesso em 30 de set. de 2019.

CRH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução nº 04/2003**. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/images/media/1568228756_CRH0403.pdf>. Acesso em 10 de jul. de 2021.

CRH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução nº 01, de 14 de março de 2019**. Dispõe sobre o Zoneamento para Exploração dos Aquíferos da Região Metropolitana do Recife (RMR). Disponível em: <[GOIÁS. **Lei nº 16.501, de 10 de fevereiro de 2009**. Dá nova redação ao art. 13 da Lei nº 13.583, de 11 de janeiro de 2000. Disponível em: <\[https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/87200/lei-16501\]\(https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/87200/lei-16501\)>. Acesso em: 10 jul. 2021.](https://www.apac.pe.gov.br/images/media/1568225439_Resolucao_CRH_01_2019_Zoneamento_Explotavel_RMR.pdf#:~:text=CONSELHO%20ESTADUAL%20DE%20RECURSOS%20H%C3%8DDRICOS%20Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CRH%20n%C2%B0,Explora%C3%A7%C3%A3o%20dosAqu%C3%ADferos%20da%20Regi%C3%A3o%20Metropolitana%20do%20Recife%20%28RMR%29.>>. Acesso em 10 de jul. de 2021.</p></div><div data-bbox=)

GONÇALVES, M. L. A.; AGUIAR, V. C.; DUTRA, M. T. D.; NETO, A. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Desempenho de indicadores de sustentabilidade hidroambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, em Pernambuco, Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: Centro de Convenções de Florianópolis – CentroSul, 2017.

MARANHÃO. **Decreto nº 34.847, de 14 de maio de 2019**. Regulamenta a Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e sobre o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=377721>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

MONTEIRO, A. B.; COSTA, W. D.; FRANÇA, A. E. Zona “A” – o aquífero Cabo pede socorro. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 12., 2001, Pernambuco. **Anais [...]**. Pernambuco: ABAS, 2001.

PERNAMBUCO. **Lei Nº 11.427, de 17 de janeiro de 1997**. Dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco e dá outras providências; Recife, PE. Disponível em http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/leis/leis_estaduais/leis_estaduais_1997/39804%3B81711%3B14101014%3B0%3B0.asp. Acesso em 01 out. 2019.

PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos (SRH). **Estudo Hidrogeológico de Recife – Olinda – Camaragibe – Jaboatão dos Guararapes – HIDROREC II**. Pernambuco: SRH, 2002. 611p.

PERNAMBUCO. Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDEC). **Estudos sobre a disponibilidade e vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos da Região Metropolitana de Recife**. Pernambuco: SDEC, 2017. 703p.

SILVA, S. R.; MONTEIRO, A. B.; FRANÇA, A. E. O gerenciamento das águas subterrâneas no estado de Pernambuco. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS – SBRH, 13., 1999, Belo Horizonte/MG. **Anais [...]**. Minas Gerais: ABRH, 1999.

SOUZA-FERNANDES, L. C. S.; OLIVEIRA, E. (Org.) **Coletânea de Leis de Águas Subterrâneas do Brasil**, volume 4, 1 ed. 5v. São Paulo: Instituto Água Sustentável, 2018. Disponível em <http://download.aguasustentavel.org.br/coletanea>. Acesso em 30 set. 2019.

SOUZA, V. M.; TEIXEIRA, D.; BARBOSA, J. G. Água subterrânea: Um diagnóstico preliminar das legislações brasileiras vigentes. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 8, n. 1, p. 83-100, 2020.