

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II
RELATÓRIOS TÉCNICOS
M. Hidrogeologia

Rio de Janeiro, maio de 2019



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II RELATÓRIOS TÉCNICOS **M. Hidrogeologia**

Autoria
Interpretação e Análise dos Dados
Fernando A. C. Feitosa
Levantamento de Dados
Alexandre Borba

Rio de Janeiro, maio de 2019

COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT): Antônio Carlos Bacelar Nunes

COORDENAÇÃO TÉCNICA-EXECUTIVA

Coordenador-Geral: Thales de Queiroz Sampaio

Coordenação técnica: Maria Adelaide Mansini Maia e Jorge Pimentel, Departamento de Gestão Territorial (DEGET)

Assessoria: Helion França Moreira e Ricardo Moacyr de Vasconcellos, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT)

Estudos de geologia aplicada: Sandra Fernandes da Silva, Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)

Estudos de geomorfológicos e historicidade da ocupação: Marcelo Eduardo Dantas, Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)

Estudos hidrogeológicos: Fernando Antônio Carneiro Feitosa, Departamento de Hidrologia (DEHID)

Estudos geofísicos: Lucia Maria da Costa e Silva, Gerência de Geologia e Recursos Minerais/Sup. Reg.de Belém (GEREMI/SUREG-BE), e Luiz Gustavo Rodrigues Pinto, Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)

Estudos batimétricos: Hortência Assis, Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)

Estudos cartográficos: Fabio Costa, Divisão de Cartografia (DICART)

Modelagem geológica em ambiente 3D: Ricardo Wosniak e Eduardo Grissolia, Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)

Geoprocessamento: Denilson de Jesus, Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)

EQUIPE TÉCNICA

Alexandre Borba (Geólogo)

Alexandre Lago (Geólogo)

Amaro Luiz Ferreira (Geólogo)

Bruce Fabini Franco Chiba (Geofísico)

Bruno Elldorf (Geólogo)

Cipriano Gomes de Oliveira (Téc. em Geociências)

Daniel Moreira (Eng. Cartógrafo)

Dario Dias Peixoto (Geólogo)

Denilson de Jesus (Eng. Cartógrafo)

Eduardo Moussalle Grissolia (Geólogo)

Eugênio Pires Frazão (Geólogo)

Fábio Silva da Costa (Eng. Cartógrafo)

Fernando Antônio Carneiro Feitosa (Geólogo)

Fernando Lúcio Borges Cunha (Geólogo)

Giana Grupioni Rezende (Eng. Cartógrafo)

Gilmar Pauli Dias (Geólogo)

Heródoto Goes (Geólogo)

Hiran Silva Dias (Analista de sistemas)

Hortência Maria Barboza de Assis (Geóloga)

Ítalo Prata de Menezes (Geólogo)

Ivan Soares dos Santos (Téc. em Geociências)

Jairo Jamerson Correia de Andrade (Geofísico)

João Batista Freitas de Andrade (Geólogo)

Jorge Pimentel (Geólogo)

Jose Antônio da Silva (Geólogo)

Juliana Moraes (Geóloga)

Júlio Cesar Lana (Geólogo)

Larissa Flávia Montandon Silva (Geóloga)

Leandro Galvanese Kuhlmann (Geólogo)

Loury Bastos Mello (Geóloga)

Lúcia Maria da Costa e Silva (Geóloga)

Luiz Antônio R. Almendra (Téc. em Geociências)

Luiz Gustavo Rodriguez Pinto (Geofísico)

Marcelo Ambrósio Ferrassoli (Geólogo)

Marcelo de Queiroz Jorge (Geólogo)

Marcelo Eduardo Dantas (Geógrafo)

Marcio Junger Ribeiro (Téc. em Geociências)

Márcio Martins Valle (Oceanógrafo)

Maria Adelaide Mansini Maia (Geóloga)

Marília de Araújo Costa Rodrigues (Geofísica)

Nilo Costa Pedrosa Júnior (Geólogo)

Patrícia Durringer Jacques (Geóloga)

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (Geólogo)

Rafael Corrêa de Melo (Geólogo)

Ricardo Cavalcanti Santiago (Geofísico)

Ricardo Duarte de Oliveira (Eng. Cartógrafo)

Ricardo Wosniak (Geólogo)

Roberto Gusmão de Oliveira (Geólogo)

Rodrigo Luiz Gallo Fernandes (Geólogo)

Ronaldo Gomes Bezerra (Geólogo)

Rubens Esteves Kenup (Eng. Cartógrafo)

Rubens Pereira Dias (Geólogo)

Sandra Fernandes da Silva (Geóloga)

Thales de Queiroz Sampaio (Geólogo)

Thiago Dutra dos Santos (Geólogo)

Tiago Antonelli (Geólogo)

Valter José Marques (Geólogo)

Vanildo Almeida Mendes (Geólogo)

Victor Augusto Hilquias Silva Alves (Geólogo)

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

Warley Aparecido Pereira (Jornalista)
Letícia de Barros Alves Peixoto (Jornalista)
Pedro Henrique Pereira dos Santos (Comunicador Organizacional)

ASSESSORIA JURÍDICA

Vilmar Medeiros Simões (Consultor Jurídico)

COLABORAÇÃO E AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. Aderson Farias do Nascimento, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Prof. Dr. André Etienne Ferraz, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. André Ferrari, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. Emanuel Jardim de Sá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Geólogo Guilherme Estrela, Ex-diretor de Exploração e Produção da Petrobras
Prof. Dr. Luiz Antônio Pierantoni Gamboa, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Geólogo Ricardo Latgé Milwart de Azevedo, Conselho-Diretor do Clube de Eng. e Conselheiro do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro (CREA-RJ)
Prof. Me. Abel Galindo Marques, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Profa. Dra. Regla Toujaguez La Rosa Massahud, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Prof. Me. Nagib Charone, Universidade Federal do Pará (UFPA)
Governo do Estado de Alagoas
Prefeitura de Maceió
Defesa Civil Nacional
Defesa Civil do Estado de Alagoas
Defesa Civil de Maceió
59º Batalhão de Infantaria Motorizada
Equatorial Energia Alagoas
United States Geological Survey (USGS)

APOIO CPRM

Coordenação de Eventos e Cerimonial (DIG)	Divisão de Cartografia (DICART)
Departamento de Gestão Territorial (DEGET)	Divisão de Informática (DIINFO)
Departamento de Hidrologia (DEHID)	Superintendência Regional de Belém (SUREG-BE)
Departamento de Administração de Material e Patrimônio (DEAMP)	Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG-BH)
Departamento de Contabilidade, Orçamento e Finanças (DECOF)	Superintendência Regional de Goiânia (SUREG-GO)
Departamento de Informações Institucionais (DEINF)	Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA)
Divisão de Editoração Geral (DIEDIG)	Superintendência Regional de Recife (SUREG-RE)
Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)	Superintendência Regional de Salvador (SUREG-SA)
Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)	Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP)
Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)	Residência de Fortaleza (REFO)
Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)	Residência de Porto Velho (REPO)
Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)	Residência de Teresina (RETE)
Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)	Escritório do Rio de Janeiro
	Sede Administrativa Brasília/DF

APRESENTAÇÃO

Historicamente, o bairro Pinheiro, localizado no município de Maceió (AL), vem apresentando inúmeras fissuras, trincas, rachaduras e afundamentos em moradias e vias públicas. O fenômeno se intensificou com a forte chuva de verão de 15 fevereiro de 2018 e o evento sísmico de magnitude regional igual a 2,4 de 3 de março de 2018 ocorridos na região, que levaram inclusive à interdição de diversas moradias.

Em decorrência, foi solicitada a presença de técnicos do Serviço Geológico do Brasil - CPRM por meio dos ofícios nº 044/2018 – CEDEC-AL e nº 34/2018 – PJC/MPE/AL para auxiliar na investigação das causas do fenômeno responsável pelos danos gerados a alguns imóveis e vias públicas localizados no bairro Pinheiro, posteriormente identificados também nos bairros vizinhos do Mutange e Bebedouro, o que levou à extensão da investigação.

Os resultados obtidos até a presente data pelos diversos métodos investigativos utilizados pela CPRM no período de junho de 2018 a abril de 2019 estão organizados nos seguintes três volumes, com pormenores sobre a metodologia utilizada, de modo a responder a portaria MME nº 20 de 11 de janeiro de 2019, que se refere à designação do Serviço Geológico do Brasil para elucidar as causas do fenômeno.

➤ **Volume I – Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL): relatório síntese dos resultados nº 1.**

Apresenta os principais resultados obtidos nas investigações de forma resumida e adequada ao público não especialista.

➤ **Volume II – Relatórios Técnicos**

Compreende os seguintes relatórios que embasaram o volume I, que poderão sofrer seja atualização, seja aprofundamento, com o avanço dos trabalhos ou aquisição de novas informações:

- A. Mapa de feições de instabilidade do terreno
- B. Levantamento interferométrico
- C. Levantamento cartográfico
- D. Aspecto geológico e estrutural
- E. Aspecto geomorfológico e do histórico de ocupação do bairro
- F. Caracterização geológico-geotécnica
- G. Geofísica – Radar de Penetração do Solo (GPR) em residências e em vias públicas
- H. Geofísica – Batimetria na lagoa Mundaú
- I. Geofísica – Eletrorresistividade

- J. Geofísica – Gravimetria
- K. Geofísica – Audiomagnetotelúrico (AMT)
- L. Geofísica – Sismologia
- M. Hidrogeologia
- N. Integração de dados geológicos e de extração de sal em ambiente 3D

➤ **Volume III – Sistema de Informações Geográficas**

Reúne as informações vetoriais e matriciais georreferenciadas (geoinformação) utilizadas ou geradas pelo presente estudo, organizadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG), para uso em *softwares* de geoprocessamento. Os dados estão no formato *shapefile*, com projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) 25S, Datum SIRGAS2000.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
LEVANTAMENTO, ORGANIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS	10
INTERPRETAÇÕES E ANÁLISE DOS DADOS	11
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
APÊNDICE 1	16

INTRODUÇÃO

A superexploração de água subterrânea, em vários locais do mundo, está intimamente associada a problemas de subsidência de terrenos que, quando em zonas urbanas, causam sérios danos às edificações do local. Este é um processo que ocorre regionalmente e gradativamente ao longo do tempo, em função da **evolução contínua dos rebaixamentos dos níveis potenciométricos** dos aquíferos. A paralização da exploração, com a recuperação dos níveis, normalmente paralisa o efeito da subsidência. No quadro 1 abaixo, é mostrado alguns exemplos coletados na bibliografia de subsidências provocadas pela exploração em larga escala de água subterrânea.

Quadro 1. Exemplos de subsidência provocados pela exploração de água subterrânea

Local	Tempo (anos)	Subsidência (m)
Vale de São Joaquim	52	8,8
Vale de Las Vegas, Nevada, EUA	57	2
Eloy, Arizona, EUA	-	4,6
Phoenix, Arizona, EUA	-	5,5
Houston, Texas, EUA	-	3
Vale de Santa Clara, Califórnia, EUA	-	3,7
Cidade do México, México	100	15
Hánoi, Vietnam	6	0,3
Jacarta, Indonésia	-	0,2
Suzhou, Cina	14	1
Condado de Yunlin, Taiwan	-	0,1/ano
Ojiiya, Japão	3	0,07
Rafsanjan, Irã	-	0,42/10m sw
Kerman, Irã	-	0,03

A exploração de água subterrânea na Região Metropolitana de Maceió (RMM), a exemplo do restante do Nordeste, teve seu início ao fim da década de 60. Aproveitando a boa potencialidade do Sistema Aquífero Barreiras/Marituba, formado por sequências de camadas de areia intercaladas com argilas, a Companhia de Abastecimento D'Água e Saneamento do Estado de Alagoas (CASAL) investiu fortemente, nas décadas seguintes, na perfuração de poços como fontes de água para o abastecimento público. Além disso, o desenvolvimento da RMM gerou a busca generalizada por água, aumentando de forma significativa o número de poços tubulares e a extração de água do sistema aquífero Barreiras/Marituba.

Esta exploração atingiu um auge no final da década de 90 e gerou fortes rebaixamentos impactando significativamente em diversas áreas a potenciométrica do sistema aquífero Barreiras/Marituba, conforme pode ser observado na figura 1.

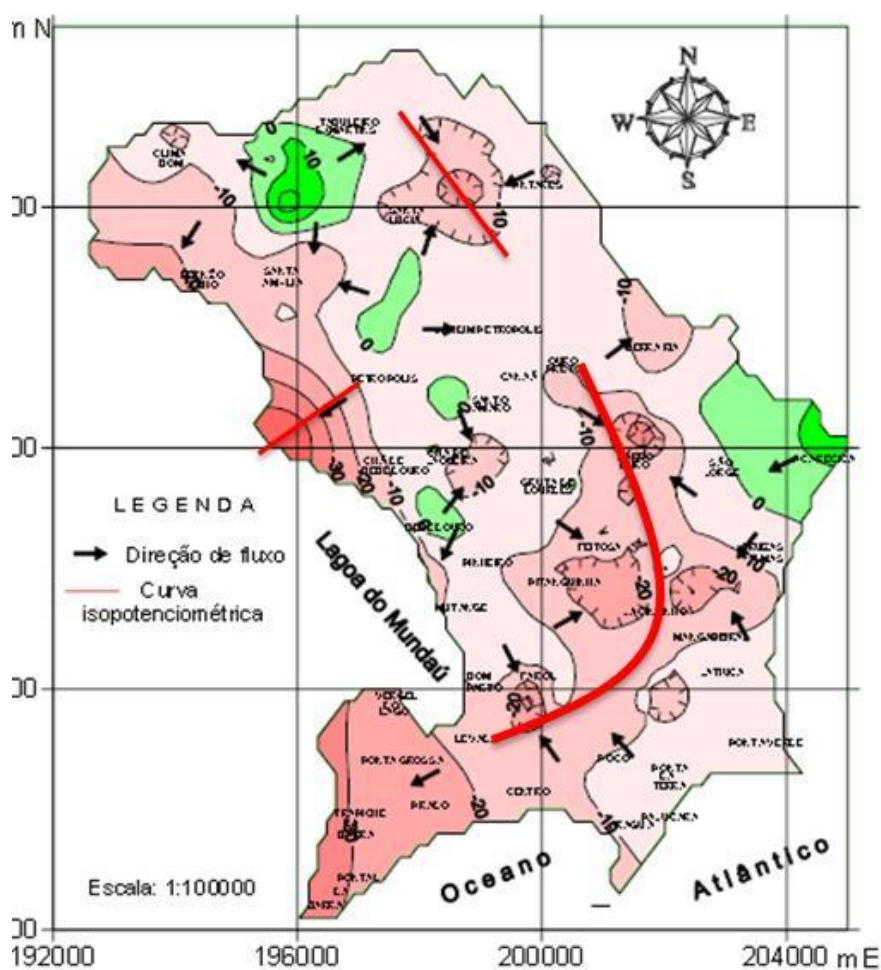


Figura 1. Mapa da variação potenciométrica do período (1980–2003) mostrando zonas com forte impacto na potenciométrica. (adaptado de Rocha *et al.*, 2005)

Como consequência, inicia o aparecimento de problemas de salinização da água em diversos poços, devido ao avanço gradativo da cunha salina. Segundo o último estudo hidrogeológico da RMM, realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), em parceria com a Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH-AL), em 2001, a CASAL desativou uma parcela significativa de poços (91 unidades) reduzindo a retirada de água em 77 milhões de metros cúbicos por ano (m^3/ano). Esta redução da exploração do sistema aquífero Barreiras/Marituba induziu uma recuperação regional dos níveis potenciométricos da RMM, criando uma situação de sustentabilidade da exploração, conforme explicitado no relatório final do referido estudo.

Embora nesta época tenha ocorrido uma zona de impacto entre o Mutange-Bebedouro, com aparecimento de cotas potenciométricas negativas, o bairro Pinheiro sempre esteve fora das zonas de maiores rebaixamentos. No trabalho “Estudo da Evolução Potenciométrica dos Aquíferos da Região de Maceió (AL)” de Rocha, W. *et al.*, publicado na Revista de

Geociências da Universidade de São Paulo (UNESP), em 2005, são indicadas as áreas de risco à exploração, em função da existência de rebaixamentos excessivos dos níveis. Na figura 2 é possível visualizar este zoneamento, verificando-se que o bairro Pinheiro estava, à época, situado numa zona considerada sem restrições e, portanto, sem problemas de rebaixamentos acentuados.

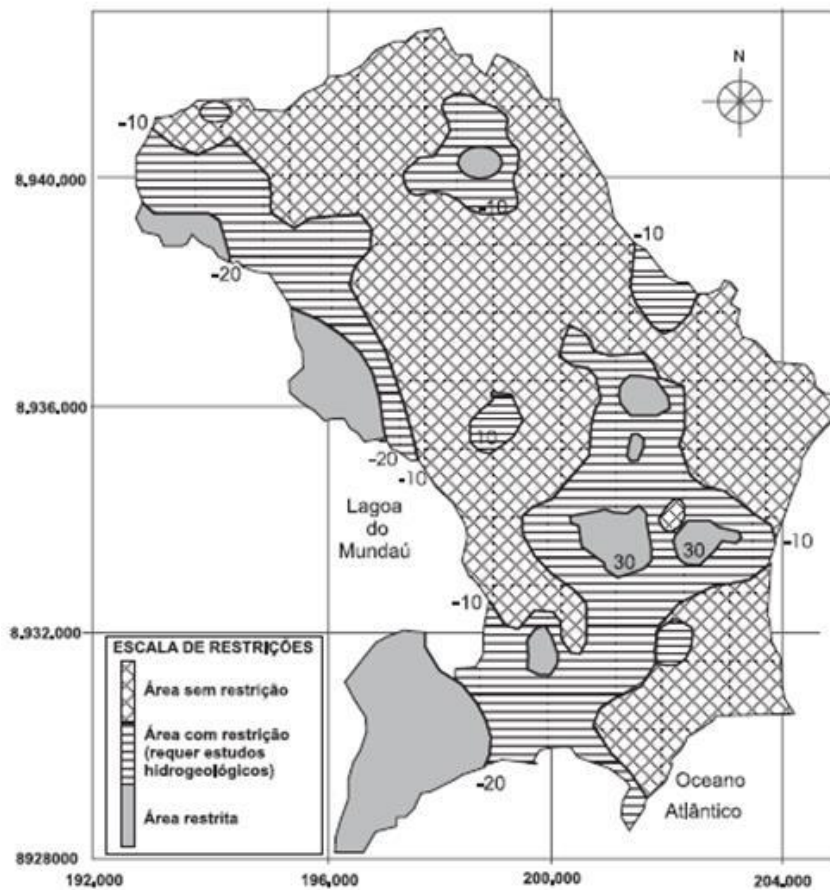


Figura 2. Zoneamento das áreas da RMM quanto a exploração de águas subterrâneas (adaptado de Rocha et al. 2005)

LEVANTAMENTO, ORGANIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS

Inicialmente foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica sobre estudos hidrogeológicos e afins realizados, tanto na área específica do bairro Pinheiro quanto na Região Metropolitana de Maceió. Também foram levantadas informações sobre os casos existentes de subsidência do terreno provocados por água subterrânea. Neste tema específico foi verificado que, até o momento, não existe caso no Brasil em regiões de rochas sedimentares intergranulares. Os casos citados na bibliografia restringem-se a áreas de rochas carbonáticas por efeitos de processos de erosão cárstica (Sete Lagoas, MG em 1988; Cajamar, SP em 1986; Mairinque, SP em 1981, Almirante Tamandaré, PR em 1992 e Teresina, PI em 1999).

Posteriormente, o Serviço Geológico do Brasil, utilizando técnicos especializados no tema, realizou uma visita e obtenção das informações disponíveis (fichas técnicas de poços, perfis construtivos e litológicos, testes de bombeamento, perfilagens geofísicas, monitoramento de níveis e vazões, estudos realizados, mapas temáticos relacionados ao tema, etc.) nos órgãos e instituições estaduais, municipais, federais estabelecidas em Maceió e empresas privadas relacionadas ao tema.

Os dados relativos aos poços tubulares foram organizados e inseridos no Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), disponível para consulta pública no site: www.cprm.gov.br. Os principais dados bibliográficos utilizados como base na análise hidrogeológica deste documento foram organizados e estão apresentados nas Referências Bibliográficas, ao final deste capítulo.

Considerando que a extração de água mais expressiva e concentrada na área onde ocorre o problema de subsidência é representada pela bateria de poços da BRASKEM, o foco da análise, aqui apresentada, concentrou-se nos dados destes poços. No **APÊNDICE 1 – VOLUME II.M** são apresentados todos os dados de monitoramento destes poços fornecidos pela BRASKEM e Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Alagoas.

INTERPRETAÇÕES E ANÁLISE DOS DADOS

A bateria de poços da BRASKEM representa a exploração de água mais significativa próximo ao bairro Pinheiro. Iniciada na década de 70, esta bateria de poços opera hoje com 10 (dez) poços extraíndo 601,8 m³/hora (m³/h) num regime de 24/24 horas dos seguintes aquíferos: Sistema Barreiras/Marituba (426,8 m³/h); Marituba (126 m³/h) e Mosqueiro (49 m³/h). Estão previstos 3 (três) novos entrarem em operação (já perfurados), mas irão captar o aquífero Poção, mais inferior e sem conexão hidráulica com o Sistema Barreiras/Marituba.

A última análise mais detalhada sobre a operação desta bateria, com elaboração de uma potenciometria localizada, foi realizada numa Dissertação de Mestrado apresentada na Universidade Federal de Pernambuco por Silva (2005). Os dados apresentados neste trabalho sinalizam uma condição hidráulica do tipo confinado drenante para o aquífero Marituba, pelo menos em parte da área do Mutange. Índícios de uma provável drenança vertical descendente, a partir do aquífero Barreiras, foram detectados nos testes de aquífero realizados (Fig. 3), fato que pode conferir sustentabilidade na exploração deste aquífero. Outra importante característica que deve ser considerada é que a bateria da BRASKEM está alinhada às margens da lagoa Mundaú, exutório natural do sistema aquífero Barreiras /Marituba.

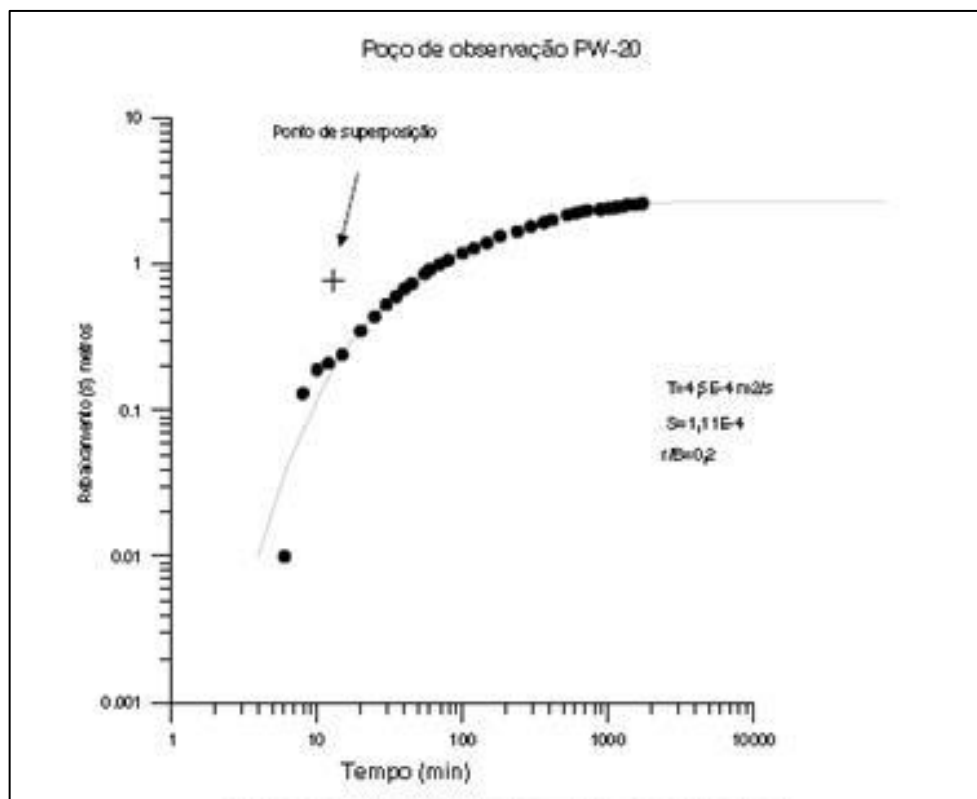


Figura 3. Interpretação de teste de aquífero mostrando características de aquífero confinado drenante (adaptado de Silva 2005)

Nesta situação, é muito provável que parte da água extraída seja proveniente da frente de escoamento que descarrega na lagoa, diminuindo a retirada do armazenamento do aquífero e conferindo condições de estabilidade à exploração.

Com base nos dados de monitoramento do **APÊNDICE 1 – VOLUME II.M** foram elaborados gráficos nível estático (NE) x tempo e nível dinâmico (ND) x Tempo, apresentados nas figuras 4 e 5, respectivamente.

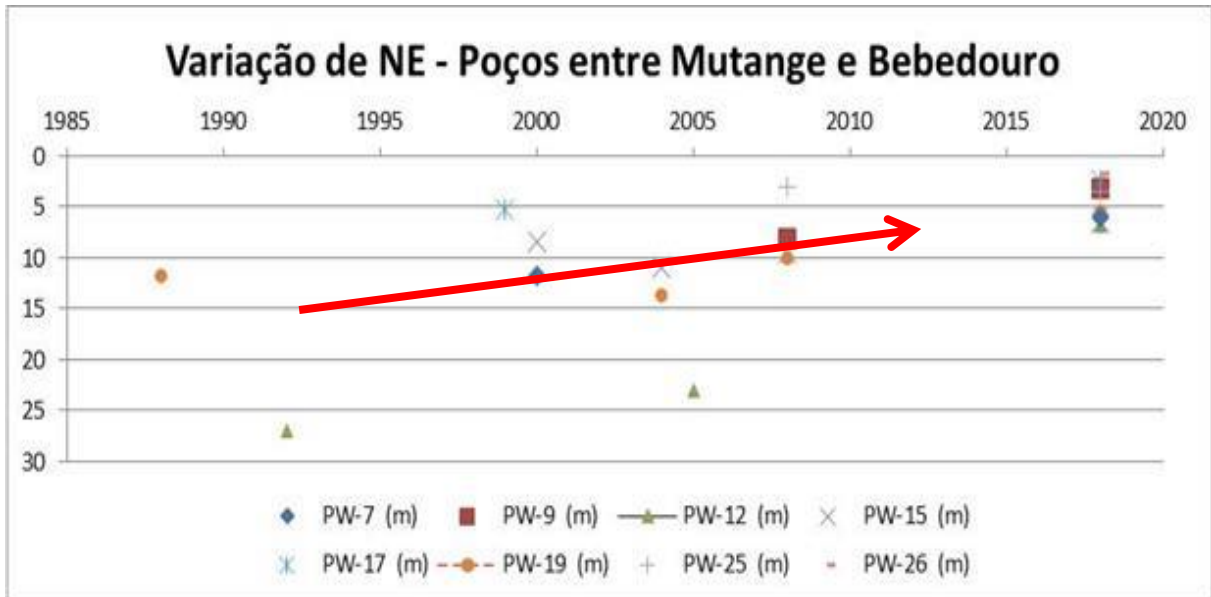


Figura 4. Variações do nível estático ao longo do tempo dos poços da BRASKEM entre Mutange e Bebedouro.

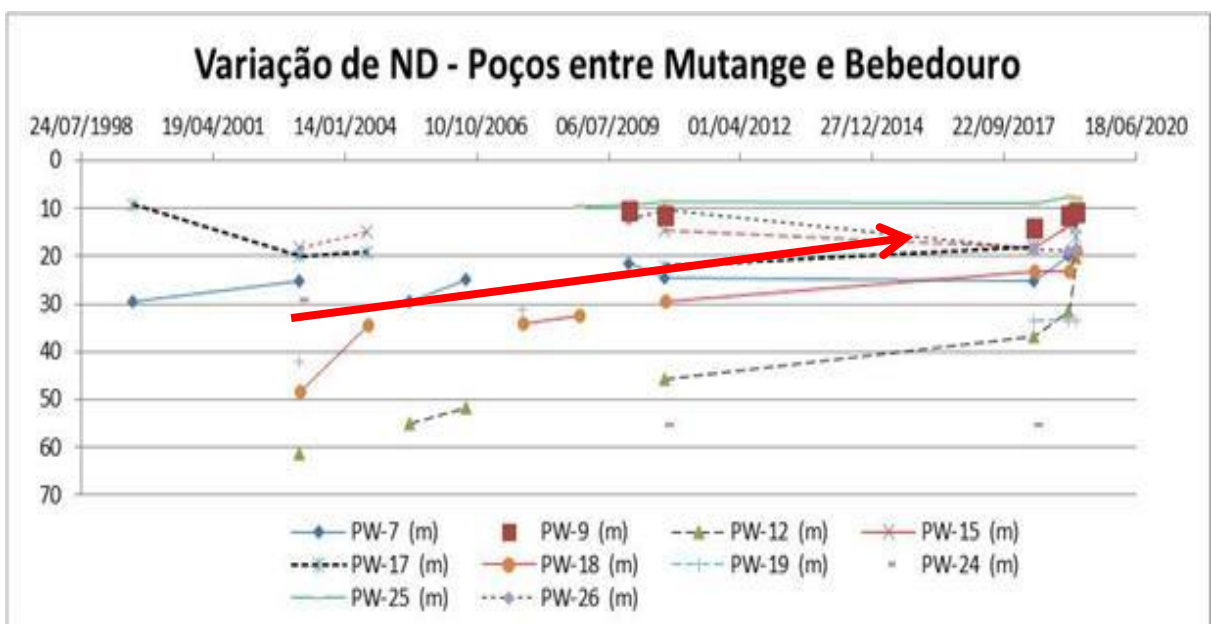


Figura 5. Variações do nível dinâmico ao longo do tempo dos poços da BRASKEM entre Mutange e Bebedouro.

Uma rápida análise destes dois gráficos (Figs. 4 e 5) permite verificar com clareza uma tendência de recuperação (subida) tanto do nível estático quanto dos níveis dinâmicos ao longo do tempo. Este comportamento é nitidamente uma resposta à diminuição da exploração regional do aquífero, promovido pela paralização dos poços da CASAL no início deste século conforme já citado anteriormente.

Na campanha de fiscalização dos poços da BRASKEM realizada pela SEMARH em março de 2019 foram medidos níveis estáticos dos poços inativos aos quais foi possível aceso. Os resultados são apresentados no quadro 2 e mostram que, tanto o nível potenciométrico do sistema Barreiras/Marituba (PW-4) quanto do aquífero Marituba (Pw-2, Pw-10, Pw-16 e Pw-20) estão muito próximos à superfície, praticamente iguais às condições da época inicial da exploração.

Quadro 2. Níveis estáticos medidos pela SEMARH em março/2019 em poços inativos da BRASKEM

Visita da SRH/AL - 10 e 11/04/19			Poço
Status	NE (m)	ND (m)	
Parado	2,67	-	PW-2
Parado	2,90	-	PW 04
Parado	2,53	-	PW 10
Parado	4,46	-	PW 16
Parado	3,40	-	PW 20

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados aqui apresentados pode-se fazer as seguintes conclusões:

- Entre 2000-2005 existiu uma área no Mutange onde a potenciometria foi impactada, reflexo da exploração conjunta CASAL/BRASKEM, com rebaixamentos que criaram cotas negativas;
- Não existe nenhuma evidência, atualmente, de rebaixamentos progressivos ou excessivos na região de Mutange/Pinheiro que possa indicar possibilidades de superexploração;
- Desde 2003 os níveis potenciométricos da região do Mutange apresentam um processo de recuperação, reflexo da paralização das baterias da CASAL;
- O nível freático do Barreiras, abaixo do bairro Pinheiro, nunca foi impactado, mantendo-se desde o início da exploração da Água Subterrânea na RMM, variando entre 40 e 50 metros a depender das variações de cota do terreno;
- Não existindo indícios de superexploração, no momento atual, e estando nos últimos 16 anos os níveis do Barreiras/Marituba e Marituba em franca recuperação, fica remota a associação da exploração da água subterrânea com o fenômeno de subsidência que ocorre em partes dos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro.

Considerando que para o estudo e gestão da água subterrânea é fundamental o conhecimento do comportamento da variação potenciométrica dos aquíferos mediante as solicitações apresentadas (descargas) recomenda-se que:

- Seja implantada imediatamente o monitoramento sistemático, automático, de volumes produzidos (hidrômetros) e níveis (sensores) de todos os poços de produção contínua (24/24 horas), tanto da BRASKEM quanto das baterias da CASAL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas, 2011. Estudos Hidrogeológicos para Subsidiar a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos Subterrâneos na Região Metropolitana de Maceió. Volumes I, II, III e IV. Projetec – Techne.

NOBRE, R. C. M. Avaliação de Risco para o Uso e Proteção de Aquíferos. Estudo De Caso: Região Metropolitana de Maceió. AL.296 p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2006.

ROCHA, WILTON.J.S. Estudo da salinização das águas subterrâneas na região de Maceió a partir da integração de dados hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e geoeletricos. 193p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de Brasília - UNB. Brasília, 2005.

ROCHA, WILTON. J. S.; CAMPOS, J. E. G.; CAVALCANTE, A. T.. Estudo da evolução potenciométrica dos aquíferos da região de Maceió-AL. Geociências, v.24, n.2, p. 193-201, 2005.

SILVA, ALEX CARDOSO. Caracterização do Processo de Salinização do Aquífero Marituba no Bairro do Mutange – Lagoa Mundaú - Maceió - AL. 134p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife, 2005.

APÊNDICE 1

PW - 17			
Aquifero: Bar/Maritu P= 94 m			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
09/12/1999	28,285	9,25	5,2
03/09/2003	70	20,05	
10/07/2004	60	19,1	
03/12/2008			3,5
08/09/2010	72,1	22,2	
18/04/2018	71,36	18	3,03
08/05/2018	73,98		2,42
14/06/2018	95,8	23,9	
19/07/2018	95,94	23,87	
24/08/2018	93,82	24,05	
26/09/2018	94,33	23,21	
28/12/2018	104,77	22,18	
11/04/2019	60	15,94	

PW-25			
Aquifero: Bar/Maritu P= 60 m			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
19/11/2008	50	9,6	3
18/02/2009	63,73	8,76	3,38
08/02/2010	60	9,19	
04/10/2010	62	8,7	
22/03/2018	64,2	8,31	3,53
18/04/2018	66,15	8,81	
08/05/2018	76,35	8,92	
14/06/2018	78,82	8,84	
19/07/2018	79,64	9	
26/09/2018	79,01	8,37	
28/12/2018	69,82	8,46	
31/01/2019	59,28	7,51	
11/04/2019	59	7,9	

PW-7			
Aquifero: Tb/Mrt: P= 88 m			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
25/08/1999	56	29,5	11,88
10/02/2003	43	25,11	
30/05/2005	43	29,5	
27/07/2006	40	24,7	
09/12/2009	72	21,7	
08/09/2010	72	24,59	
08/05/2018	58,7	25,32	5,75
19/07/2018	62,64	26,43	5,7
24/08/2018	62,48	26,6	
28/12/2018	66,97	26,6	
31/01/2019	46,13	19,82	
09/04/2019			5,98

PW - 15			
Aquifero: Bar/Maritu P= 90 m			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
30/06/2000	79	26,79	8,5
03/09/2003	30	18,12	
05/07/2004	20	14,9	10,91
03/12/2008			9,5
08/09/2010	48	14,57	
18/04/2018	39,7	19,84	6,97
08/05/2018	32	18,08	6,63
14/06/2018	34,11	18,41	
19/07/2018	31,21	18,18	
24/08/2018	33,4	18,83	
28/12/2018	25,88	15,92	
27/02/2019	24,04	13,56	
11/04/2019	24	13,86	

PW - 09			
Aquifero: Bar/Marituba; P= 76			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
25/04/2008	36	10,62	8,14
08/09/2010	48	11,5	
18/04/2018	49,45	14,3	3,8
08/05/2018	54,3	15,5	3,24
19/07/2018	66,09	15,4	6,87
26/09/2018	40,76	10,2	
27/02/2019	53,64	11,57	6,87
10/04/2019	53,00	10,9	

PW - 26			
Aquifero: Bar/Maritu P= 60 m			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
02/10/2009	96	12,2	4,05
09/04/2010	62	9,1	
04/10/2010	60	10,38	
18/04/2018	93,1	16,41	2,28
08/05/2018	96,2	18,66	1,78
14/06/2018	95,71	18,26	
19/07/2018	91,37	18,28	
24/08/2018	95,6	18,66	
31/01/2019	99,31	18,97	3,37
11/04/2019	98	18,56	

PW - 18			
Aquifero: Marituba P= 108 m			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
21/12/1988	22,63	28,42	20,2
03/09/2003	45	48,33	
10/07/2004	30	34,49	
25/09/2007	25	34	
03/12/2008	48	32,5	
08/09/2010	48,2	29,5	
22/03/2018	37,5	18,23	
18/04/2018	45,2	21,7	
08/05/2018	44,8	22,35	
14/06/2018	44,17	23,23	
19/07/2018	43,95	23,67	
31/01/2019	45,16	23,26	
01/02/2019	45,16	23,26	
11/04/2019	44	18,9	

PW - 19			
Aquifero: Marituba P = 96 m			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
11/11/1988	26,4	27,8	11,7
03/09/2003	30	42,05	
30/01/2008	30	31	10
06/01/2010			7,06
14/06/2018	22,41	33,5	5,35
19/07/2018	22,59	33,2	
24/08/2018	22,23	32,9	
28/12/2018	22,09	33,1	
31/01/2019	22,56	33,32	
11/04/2019	20	33,37	

PW - 12			
Aquifero: Marituba; P= 93 m			
Data	VAZÃO	N.D	N.E
	(m ³ /h)	(m)	(m)
18/03/1992	31,68	38,65	27,06
19/03/2003	32	61,15	
22/12/2005	30	55	23
14/02/2008	35	51,7	11,6
08/09/2010	48	45,53	
22/03/2018	51,5	36,7	6,9
18/04/2018	54,8	38,7	
08/05/2018	58,4	42,33	
14/06/2018	59,45	52,44	
27/02/2019	33,74	31,51	
10/04/2019	53,00	20,25	

Obs. Os dados grafados em vermelho foram coletados *in loco* pelos técnicos da SEMARH/AL em março de 2019.