

Ministério da Educação
Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PPGEMinas - UFPE



**"CONTAMINAÇÕES SULFÁTICAS EM CORPOS HIDRICO DE UMA
ÁREA GESSEIRA EM UMA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO PERNAMBUCANO"**

Dilena Mara Lemos Matos

Bacharel em Geologia (graduação)

Trabalho realizado no Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral

PPGEMinas, UFPE

Recife, 2012

DILENA MARA LEMOS MATOS

**"CONTAMINAÇÕES SULFÁTICAS EM CORPOS HIDRICOS DE UMA
ÁREA GESSEIRA EM UMA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO PERNAMBUCANO"**

Trabalho apresentado ao
Programa De Pós-Graduação em
Engenharia Mineral – PPGEMinas,
como parte dos requisitos para
obtenção de Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Eldemar Menor

Recife, 2012

Catálogo na fonte

Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

M433c Matos, Dilena Mara Lemos.

Contaminações sulfáticas em corpos hídricos de uma área gessífera em uma região do semiárido- pernambucano / Dilena Mara Lemos Matos. - Recife: O Autor, 2012.

vii, 45 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Eldemar de Albuquerque Menor.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2012.

Inclui Referências Bibliográficas e Apêndices.

AGRADECIMENTOS

Grata a todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente ao meu conhecimento, pois sabemos que a produção de uma dissertação, desde a sua concepção teórica à sua concretização completa na forma escrita, é uma tarefa árdua. Muito mais que uma realização pessoal, é o cumprimento de um sonho na vida profissional de cada um de nós.

Agradeço primeiramente aos meus pais Francisco de Assis Pereira Matos e Francisca de Fátima Lemos Matos; a meu orientador Dr. Eldemar Albuquerque Menor por partilha parte dos seus conhecimentos.

Eu agradeço em especial atenção ao meu colega Zalmon Carneiro de Almeida por sua dedicação e humildade, que também contribuiu neste trabalho.

Aos professores e funcionários UFPE, CAPES e CPRM que me ampararam neste projeto, contribuindo para a sua realização.

E por fim, a todos meus colegas mestrando pelo apoio nesses dois anos, Obrigada!

RESUMO

O estudo de contaminações sulfáticas dos corpos d'água em uma área a Sudeste do Município de Araripina, semiárido pernambucano é apresentado neste trabalho. Foram amostradas águas de superfície de açudes, riachos, drenagens, assim como de águas subterrâneas (poços subterrâneos). Foram determinadas as seguintes variáveis físicas e químicas da água: pH, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos, sulfatos, cloretos totais e bicarbonatos. O objetivo deste estudo foi constatar a presença de contaminantes sulfáticos em águas superficiais represadas e subterrâneas. Os objetivos incluíram também a delimitação das áreas de influência dos contaminantes sulfáticos contribuindo para o controle e gestão. Os resultados revelaram altas concentrações em sulfatos (>200 mg/L), principalmente em corpos d'água situados nas proximidades de focos de calcinação da gipsita e beneficiamento do gesso, assim como em cloretos (>200 mg/L), advindos principalmente de despejos domésticos. Foram determinadas plumas de contaminação em sulfatos, orientadas no sentido sudeste–noroeste, conforme sentido predominante dos ventos (SE-NW). Devido ao comportamento conservativo de sulfatos e cloretos, estima-se que os ambientes represados poderão mostrar aumentos na concentração destes solutos ano a ano.

Palavras Chave: Pólo Gesseiro. Poluição Hídrica. Sulfatos, Semiárido.

ABSTRACT

The study of sulphate contamination of water bodies from semiarid Pernambuco is presented in this work. The samples were collected in surface water from ponds, creeks, drainages, as well as groundwater (underground wells). The physical and chemical parameters of water were analyzed: pH-value, dissolved oxygen, temperature, electric conductivity, total dissolved solids, sulphates, total chlorides and bicarbonates. The aim of this study was to verify the presence of sulphate contaminants in surface water dammed and groundwater. The objective also included the delineation of the areas of influence of sulphate contamination, contributing to the control and management. The analytic results revealed high concentrations in sulfates (>200 mg/L), especially in water bodies located in the vicinity of centers of calcinations of gypsum and gypsum processing unities, as well as in chlorides (>200 mg/L) mainly arising from domestic sewage. Contamination plumes were determined in sulfates, oriented towards southeast-northwest, as prevailing wind direction (NW-SE). Due to the conservative behavior of sulphates and chlorides, it is estimated that dammed environments may show increases in the concentration of these solutes from year to year.

Key-words: Plasterer pole. Water Pollution. Sulphates, Semiarid region

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas	v
Lista de Siglas e Abreviaturas	vi
Sumário	vii

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Brasil/Nordeste e vias de acesso Recife a Araripina-PE	17
Figura 2	Delimitação da área de Estado, Município de Araripina	18
Figura 3	Geologia da área de estudo, com indicações das estações de amostragem	22
Figura 4	Equipamento OAKTON, modelo WP 600, série Meters	26
Figura 5	Incidência de espuma de detergentes	28
Figura 6	Ambiente hídrico com evidências de película superficial de HPA	28
Figura 7	Variações de pH e OD em corpos d'água de uma área a SE de Araripina	29
Figura 8	Presença de peixe morto em águas do Riacho dos Morais, por insuficiência de OD	30
Figura 9	Variações nas concentrações de sulfatos, cloretos e bicarbonatos, em corpos d'água de uma área a SE de Araripina	31
Figura 10	Variações nas concentrações de sulfatos, cloretos e bicarbonatos, em corpos d'água de uma área a SE de Araripina Matriz de correlação dos parâmetros analisados	33
Figura 11	Matriz de correlação dos parâmetros analisados, referente a corpos d'água de uma área situada a sudeste de Araripina-PE.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores estatísticos básicos dos parâmetros analisados de águas de uma área situada a sudeste de Araripina, Pernambuco	25
Tabela 2	Padrão de qualidade para águas de Classe 2 - Resolução CONAMA nº 357/05.	27
Tabela 3	Valores estatísticos básicos dos parâmetros analisados de águas de uma área situada a sudeste de Araripina, Pernambuco	34
Tabela 4	Média dos parâmetros analisados segundo sua distinção.	35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CPRH	Companhia Pernambucana de Meio Ambiente	19
IPA	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária	25
BPF	Óleo combustível, da British Petroleum Fuel	15
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVOS GERAIS	16
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
2.3 JUSTIFICATIVAS	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 AREA DE ESTUDO	17
3.2 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS	19
3.3 ASPECTOS DA OCUPAÇÃO DO SOLO	20
3.4 A GEOLOGIA	21
3.5 HISTÓRIA DO POLO GESSEIRO	22
3.6 MÉTODOS	24
3.6.1 AMOSTRAGEM	24
3.6.2 SIGNIFICADO DOS PRÂMETROS ANALISADOS	27
4. RESULTADOS	28
4.1 pH E OD	29
4.2 CONDUTIVIDADE, STD E CLORETOS	30
4.3 SULFATOS, CLORETOS E BICARBONATOS	32
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
5. CONCLUSÕES E CONSIRAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39
APENDICE	44

1. INTRODUÇÃO

Águas de superfície incluem os reservatórios onde se acumulam as águas pluviais (açudes, barragens) e, eventualmente, no sertão, cursos d'água perenes. A presença de espécies químicas em solução, nas águas de drenagens, provenientes das interações com os minerais em litologias e solos e a vegetação, está na origem de suas composições químicas. Elas refletem os ambientes por onde circularam, conservando uma estreita relação com os tipos litológicos percolados e com produtos das atividades humanas, ambos assimiláveis ao longo do percurso até onde seus influxos chegam.

Os principais meios pelo quais os poluentes atingem um curso d'água são os escoamentos superficiais pluviais e as águas subterrâneas de ressurgência (aquíferos). Os escoamentos superficiais estão bastante relacionados com os volumes pluviométricos, ou seja, a intensidade das chuvas (Bertol *et al.*, 2003 *apud* Lima, 2005). Os mecanismos físicos de poluição das águas são desenvolvidos a partir do momento em que resíduos industriais e domésticos são lançados nos cursos d'água, causando uma série de transtornos. Estas perturbações são verificadas nas variações do gradiente de temperatura, na taxa de sedimentos inertes e podem, inclusive, trazer impactos mais graves para o meio aquático como, por exemplo, a possível quebra do ciclo vital das espécies, tornando a água biologicamente estéril (Bertol *et al.*, 2003 *apud* Lima 2005). O aumento da temperatura da água diminui a quantidade de oxigênio que ela pode reter no meio líquido. Desta forma, os seres que habitam o meio aquático necessitam processar maiores volumes de água para conseguir o oxigênio exigido pelos respectivos metabolismos.

O fluxo de elementos geoquímicos que constituem os produtos poluentes reflete a extensão da poluição e de muitos outros processos atuantes em uma área de drenagem. Informações geológicas, composição de águas pluviais, uso do solo, densidade populacional ou de animais domésticos, podem oferecer dados para identificar os vários processos associados ao fluxo destes elementos químicos. A poluição está associada ao fluxo de materiais que dependem diretamente da densidade populacional, seu estilo de vida e suas atividades culturais (Santos,1997).

Existem padrões muito bem identificados que relacionam anomalias ou deficiências de espécies químicas com as incidências de moléstias no Homem e nos animais. Contudo, estes relacionamentos podem ser dificultados por questões relativas à mobilidade e à dispersão destas espécies químicas, que são governadas por princípios da geoquímica e da dinâmica das águas superficiais e subterrâneas. Muitas vezes os efeitos tóxicos de uma substância se manifestam distantes de seus respectivos influxos no meio ambiente, podendo ocorrer em áreas pontuais ou ao longo de estruturas geológicas lineares, como falhas. Em alguns casos, o produto da degradação de uma substância é mais tóxico e mais persistente no solo do que a substância original (Azevedo; Chasin, 2003). Assim sendo, a aplicabilidade da informação geológica juntamente com as técnicas de investigação geoquímicas e geoestatísticas, relacionados ao modelo de desenvolvimento econômico, social e tecnológico, somando-se ainda as pressões que esse desenvolvimento gera sobre o meio ambiente, alteram a condição de qualidade das águas, gerando exposições ambientais que resultam em efeitos diretos e indiretos sobre a saúde humana. Conseqüentemente, a partir do conhecimento acerca dos fatores ou condições que influenciam o comportamento geoquímico de um determinado lugar em um ambiente

aquático, podem ser inferidas as causas e efeitos destes sobre a saúde humana e o meio ambiente.

A gipsita é um sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), e tem como composição estequiométrica 32,5% de óxido de cálcio (CaO), 46,6% de trióxido de enxofre (SO_3) e 20,9% de água (H_2O). Este minério passa por cominuição antes da alimentação das fornadas, através de britadores de mandíbula e moinhos de martelo, gerando poeira. Em alguns casos, procede-se um segundo estágio, em circuito fechado a seco, com peneiras vibratórias. Os íons sulfato SO_4^{2-} são encontrados nas águas devido à lixiviação das rochas sedimentares evaporíticas, onde a gipsita se apresenta, e também a partir da dissolução de particulados de gesso (bassanita).

A unidade básica de todos os sulfatos é o íon sulfato. Trata-se de um tetraedro composto por um átomo central de enxofre circundado por quatro íons de oxigênio. Um dos minerais mais abundantes desse grupo é a gipsita, o componente primário do gesso. A gipsita forma-se quando águas salinas, habitualmente marinhas, evaporam criticamente. Durante a evaporação, o Ca^{2+} e o SO_4^{2-} , dois íons abundantes na água do mar, combinam-se e se precipitam, formando leitos de sulfato de cálcio. Outro sulfato de cálcio, a anidrita (CaSO_4), difere da gipsita por não conter água. Seu nome é derivado da palavra *anidro*, que significa "sem água" (Press *et al.*, 2006).

A partir do minério bruto até a produção de gessos, ocorrem pelo menos 3 formas de dispersão mecânica de finos:

- Subproduto da cominuição do minério de gipsita (poeira), que produz o granulado adequado (diâmetro ≥ 1 cm) para alimentação dos fornos. Trata-se de material fino, mineral, também chamado de "gesso agrícola".

- Emissão de poeira, resultante da calcinação do minério para a produção de gesso.
- Emissões sólida e gasosa, resultante da combustão do agente calcinante (usualmente BPF e lenha), compostas principalmente por CO₂, CO, SO₂, SO, H₂O (vapor d'água), NO_x, HPA's, e particulados de origens diversas.

A poeira de gesso tem uma ação irritante para as mucosas do trato respiratório e para a retina dos olhos, desencadeando infecções tais como: conjuntivite, rinites crônicas, laringites, faringites, perda da sensação do olfato e do paladar, hemorragias nasais e reações das membranas da traquéia e brônquicas em trabalhadores expostos a este tipo de dispersão de partículas na atmosfera (OIT, 1989). Outros experimentos feitos com animais expostos à poeira do gesso evidenciaram o desenvolvimento de pneumonia e pneumoconiose intersticial, produzindo alterações na circulação sanguínea e linfática, em nível pulmonar (OIT, *op. cit*).

As poeiras são constituídas de partículas sólidas de qualquer tamanho, natureza ou origem, formadas por trituração ou outro tipo de ruptura mecânica de um material original sólido, capazes de se manter em suspensão no ar (Santos, 2001).

Torna-se necessário o estudo e a identificação de contaminações dos corpos hídricos, neste caso sulfáticas, que interferem no meio aquático e na potabilidade da água. Neste estudo foram determinadas as contaminações sulfáticas em corpos hídricos represados e reservatórios de água subterrânea em uma área gesseira, situada a leste da cidade de Araripina, em Pernambuco.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade de água em corpos hídricos, sob a influência do contaminante sulfáticos.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Constatar a presença de contaminantes sulfáticos em águas superficiais, represadas e poços.
- 2) Delimitar as áreas de influências dos contaminantes sulfáticos, contribuindo para o controle e gestão ambiental dos corpos hídricos.

2.3 HIPÓTESES

A emissão de poeira e a mobilidade de particulados em suspensão gerada pelas calcinadoras de gipsita podem influenciar a dispersão dos contaminantes de sulfato em corpos hídricos.

2.4 JUSTIFICATIVAS

A região de Araripina, no semiárido de Pernambuco, possui 29 mineradoras que calcinam e verticalizam a produção de gesso, compondo um total de 152 unidades calcinadoras de grande e médio porte. Na região predominam também as calcinadoras de menor porte, empregando lenha, óleo diesel e coque, enquanto as demais 443 fábricas de pré moldados são, em sua maioria, pequenas empresa semi clandestinas informais com baixa tecnologia (Silva, 2008). Estas atividades são responsáveis pela emissão de poeiras geradas pelas calcinadoras de gipsita.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na mesorregião Sertão e na microrregião Araripina do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Estado do Ceará, a sul com Ouricuri, a leste com Ipubi e Trindade, e a oeste com Estado do Piauí. Está mapeada em escala 1:100.000 (folhas SUDENE de Fronteira, Campos Sales, Ouricuri e Simões). A sede municipal tem altitude média de 622 metros, localização geográfica de 7°34'34" de latitude sul e 40°29'54" de longitude oeste, distanciando-se aproximadamente 683 km da capital do estado de Pernambuco, e pode ser acessada pelas rodovias federais BR-232/316 (Figura 1). A área de estudo (Figura 2) cobre 44 km².

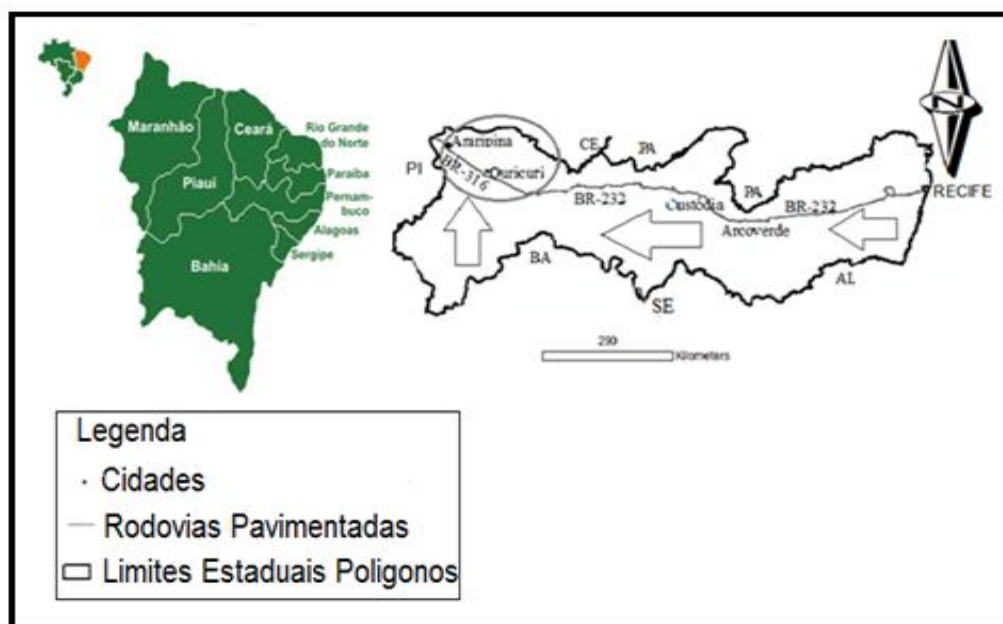


Figura 1 - Localização da região Ouricuri/Araripina, e suas vias de acesso desde Recife.

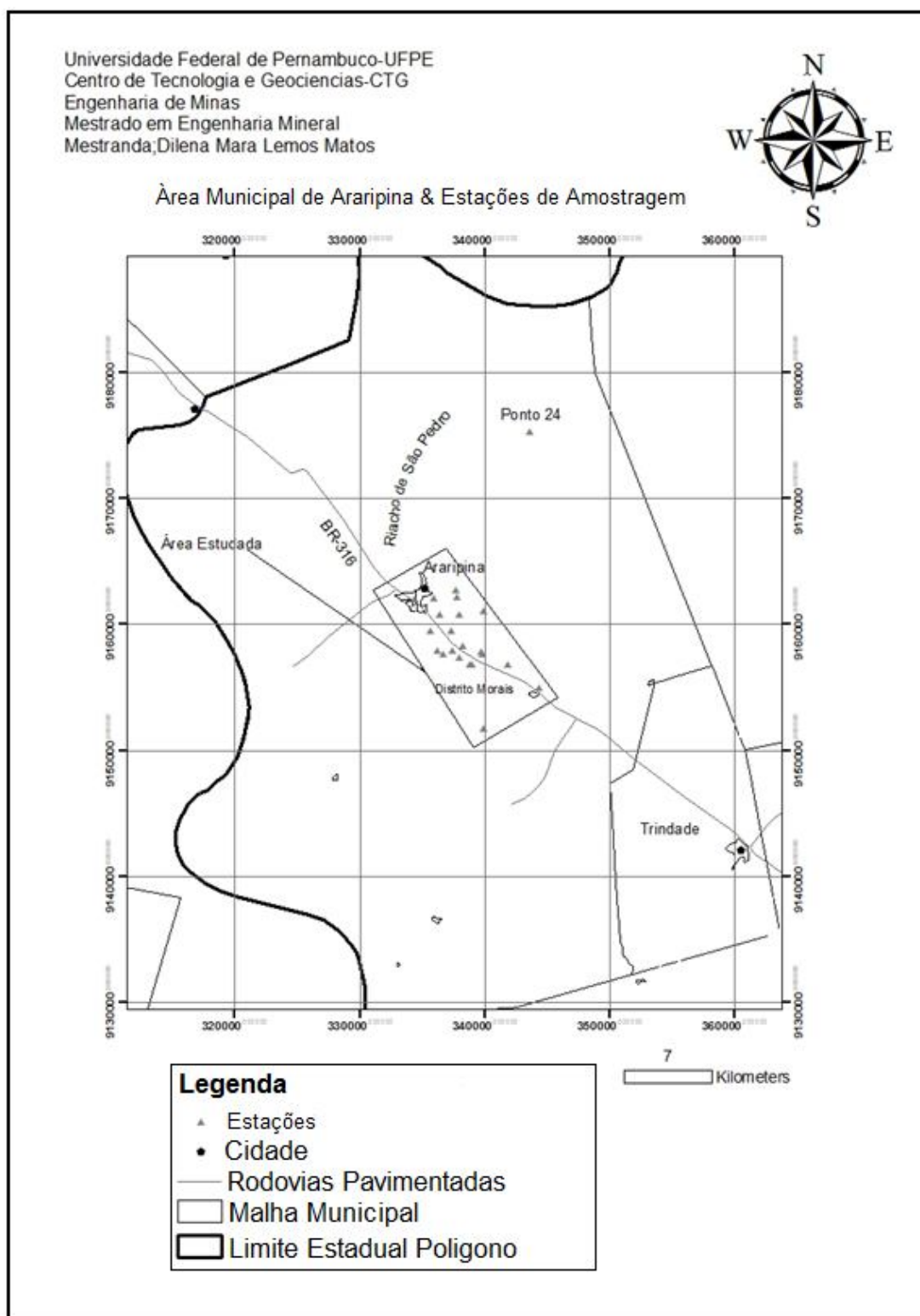


Figura 2 - Delimitação da área de estudo, município de Araripina.

3.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A cidade de Araripina está encravada na Unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplano bastante monótono, com relevo predominantemente suave-ondulado, cortado por vales estreitos e vertentes dissecadas (CPRH, 2005). Elevações residuais, cristas e/ou outeiros, pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino. Parte da área, a norte, está inserida na unidade geoambiental das Chapadas Altas.

A vegetação é basicamente composta por Caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólia. O clima é do tipo tropical semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro, com término em abril. A precipitação média anual é de 431,8 mm (CPRH, *op. cit.*).

Na encosta da Chapada, em Pernambuco, encontram-se as nascentes dos riachos São Pedro, Santo Antônio e o Rio da Brígida. Estes últimos, e outros de menor importância, compõem a Bacia do Rio da Brígida, afluente do Rio São Francisco. A Bacia do Rio da Brígida é intermitente, só escoando no período das chuvas. Seu principal afluente é o Riacho São Pedro, no município de Araripina. A drenagem da Bacia do Rio da Brígida é densa na parte que percola sobre rochas do embasamento cristalino, com padrão dendrítico-retangular. Apresenta riachos secundários subsequentes, que obedecem à direção NE em virtude da direção geral das rochas do embasamento (Araújo *et al.*, 1992).

3.3 ASPECTOS DA OCUPAÇÃO DO SOLO

Na região podem ser distintas formas particulares de uso e ocupação do solo, conforme os fatores naturais reinantes. No pediplano, predomina a combinação de gado com atividades agrícolas, destacando-se culturas do milho e feijão e criação de gado, muito semelhante ao que ocorre em outras regiões do sertão pernambucano. Na zona de transição, representada pelos pés-de-serra e contornos da chapada, ocorre a mesma combinação do gado e pequenas lavouras, diferenciando-se daquela anterior pela densidade ocupacional e em função das melhores condições de solo e umidade, muito semelhantes às da Chapada. É precisamente neste compartimento que se encontra parte das jazidas de gipsita, o que caracteriza esta região como de predominância da atividade extrativo-mineral; ou seja, a agricultura ocupa os espaços que ainda não foram requeridos para exploração mineral ou onde não há jazimentos.

O valor das terras no sertão nordestino se dá em função da presença da água; enquanto no Pólo Gesseiro do Araripe é em função do jazimento mineral. Onde a terra não possui esse recurso, seu valor é diversas vezes menor. Propriedades assumem outra avaliação quando próximas das minas, já que nestas ocorre matéria-prima para as calcinadoras, não compensando nelas se desenvolver agropecuária. No caso das terras que não são utilizadas pela mineração, a água é o recurso valorizado; pois com sua escassez não se consegue produtividade na agropecuária (Araújo, 2004).

3.4 GEOLOGIA

A Bacia do Araripe é a mais completa e complexa das bacias interiores do NE do Brasil. Sua evolução se relacionam com eventos tectônicos que resultaram na ruptura e fragmentos do Supercontinente Gondwana e na abertura do Oceano Atlântico Sul (Fambrini *et al.* 2009) Seu preenchimento abrange três seqüências cratônicas: pré-rifte, rifte e pós-rifte. A fase rifte é representada pela Formação Abaiara, de idade jurássica, composta por depósitos de sistemas flúviolacustres, sintectônicos (Gomes, 2001). Na fase pós-rifte foram depositadas as formações aptiano-albianas: Rio da Batateira, composta por arenitos conglomeráticos, granodecrescentes para arenitos, siltitos e folhelhos (Gomes, 2001); Santana, composta por folhelhos, calcários, argilas, margas e evaporitos de ambiente marinho restrito; e Arajara, composta por sedimentos terrígenos de granulação fina, de ambientes lagunar e litorâneo (Gomes, *op. cit.*). Cabe mencionar o Membro Crato da Formação Santana, cujos fósseis foram recentemente descritos por Viana e Neumann (1999). Discordante sobre estas unidades está a Formação Exu, composta por arenitos argilosos de depósitos de canal e argilitos de planície de inundação, interpretados como de rios meandantes.

A área de estudo inclui as seguintes litologias e formações: sedimentos eluvionares/coluvionares (TQe); arenitos argilosos finos, caulínicos, da Formação Exu (Ke); folhelhos, calcários, argilas, margas e evaporitos de ambiente marinho restrito (onde se explora a gipsita), da Formação Santana (Ks); e finalmente o embasamento cristalino, incluindo suítes magmáticas com granodioritos, tonalitos, monzodioritos e quartzo monzonitos (Figura 3).

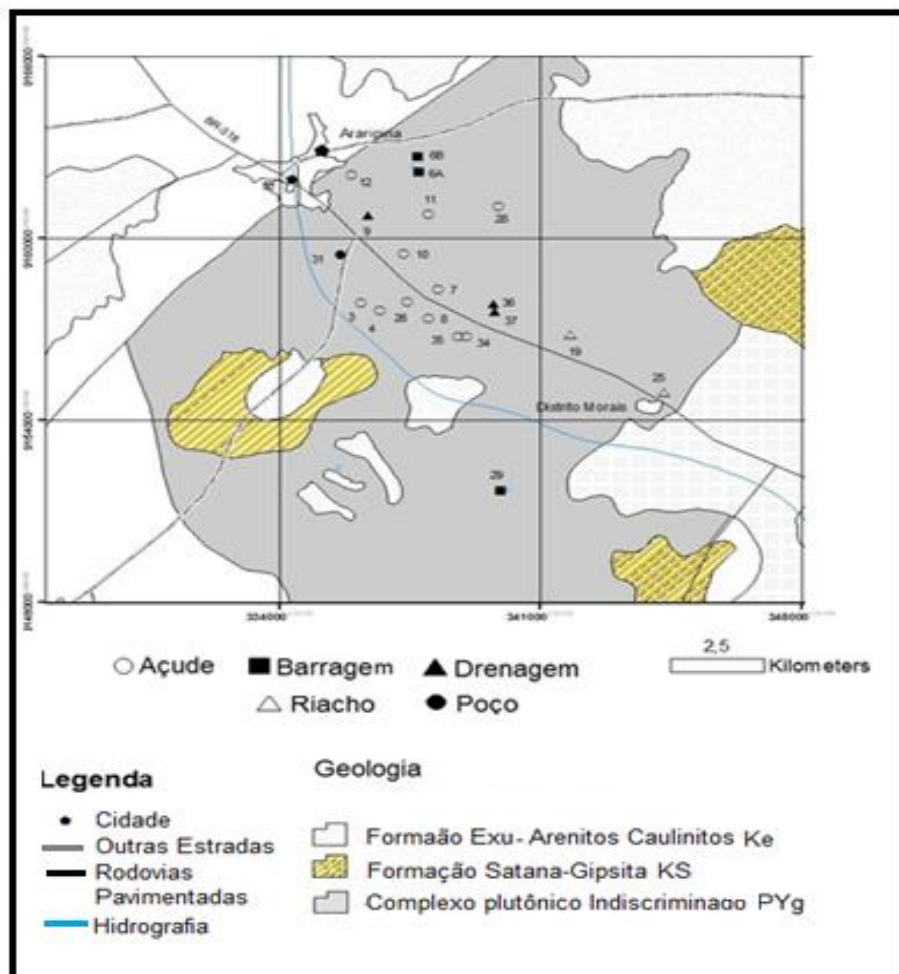


Figura 3 - Geologia da área de estudos, com indicações das estações de amostragem.

3.5 HISTÓRIA DO POLO GESSEIRO

O Pólo Gessero do Araripe teve início nos anos 60 pela migração de atividade similar, iniciada no estado do Rio Grande do Norte que, desde 1938, ostentava o título de pioneiro e maior produtor de gipsita e gesso no Brasil. As principais razões aceitas pelos profissionais do setor para esta migração foram: o capeamento de argila, da ordem de 20 m, e a pequena espessura da camada de gipsita (apenas 5 m), inviabilizando a continuidade da atividade mineradora naquele

estado, especialmente após a descoberta das jazidas de Pernambuco (Silva, 2008). O empresário Teotônio Pinto foi primeiro do ramo gesseiro a explorar gipsita na região de Araripina, na década de 40, após ter migrado de jazidas esgotadas da região de Mossoró-RN (Santos 2006).

Em seus primórdios a calcinação era muito modesta, utilizando-se instalações de casas de farinha, que eram abundantes, e lenha para a calcinação. O processo de industrialização em larga escala iniciou-se a partir da compra de britadores, que deixavam a gipsita com aparência de “grãos de arroz” e, portanto, mais homogeneizada antes da calcinação. Na década de 70 ocorreu uma grande revolução na calcinação, com o advento de tecnologias mais acuradas, através da instalação da Indústria de Gesso São Miguel (multinacional alemã) em Araripina, modernizando-se o processo de calcinação de gipsita na região. Esta indústria estabeleceu uma forte mudança de paradigmas, pois até então os empresários não possuíam uma visão comercial global da industrialização de gessos. Na década de 90 a industrialização adotou novas tecnologias, graças a Adriano Sampaio, filho de Teotônio Pinto, que viajou à França para a importação de fornos mais modernos. Estes equipamentos aumentaram a produção gesso. Em paralelo, começaram a ser importados equipamentos de linha para a lavra mineral. Como consequência geral, iniciou-se a diversificação da produção de gesso em artefatos e produtos pré-moldados.

3.6 MÉTODOS

3.6.1 AMOSTRAGEM

Na primeira abordagem foram levantados trabalhos envolvendo dissertações, teses, artigos científicos, publicações, entre outros, sobre a região de Araripina, no semiárido Pernambucano. Particularmente, foram investigadas as ações antrópicas aí desenvolvidas nas últimas décadas, e levantadas informações sobre sua geomorfologia e hidrologia, incluindo-se os dados geológicos. Para a Geologia regional foi utilizada como referência o levantamento da CPRH (2005).

Para os estudos de contaminação de sulfatos em águas superficiais e subterrâneos foram considerados corpos d'água lóticos (Riacho Moraes e seus tributários), represados (lênticos) e quatro poços subterrâneos, cuja amostragem foi realizada ao fim da estação de chuvas da região (janeiro a abril). De 15 a 22 de abril de 2011 foram realizadas as viagens de campo e as amostras de água foram analisadas *in situ* e preservadas em potes de polietileno para posterior análise em laboratório. Em cada sítio foram realizadas coletas pontuais. Esta escolha visou demarcar a máxima influência de alimentação por águas de escoamento superficial, em termos de contaminações (sulfatos) através da lixiviação dos solos nas bacias de recepção, e confinamento final nos corpos de represamento d'água.

Em cada estação de amostragem foram analisados os seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura (°C), condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD), com o concurso de um equipamento OAKTON, modelo WP 600 (Figura 4), dotado de sensores analíticos específicos para as supracitadas variáveis. O equipamento foi aferido a cada dois dias, utilizando-se os padrões referenciais que integram seu kit operacional.

As vinte e três estações de amostragem foram georeferenciados, com auxílio de GPS Garmin Etrex, cujas leituras tiveram erros máximos entre 7 e 15 metros (Tabela 1).

Tabela 1. Estações e descrição/designação dos locais de amostragem.

ESTAÇÕES	UTM		TIPO DO CORPO RECEPTOR
6A	162176	37774	Barragem/água para consumo humano (DNOCS)
6B	162686	37747	Barragem/água para consumo humano (DNOCS)
29	151698	39953	Barragem Santo Antônio/fundo arenoso
3	157884	36219	Açude da Indústria Super Gesso
4	157606	36722	Açude Super Gesso/Rancharia
7	158302	38279	Açude com assoalho pedregoso
8	157354	38012	Açude/trânsito de gado
10	159504	37342	Açude/concentração superficial de HPA's
11	160786	38028	Açude
12	162080	35962	Açude/Barrento por motivo de construções próximas.
26	157920	37448	Açude/dessedentação de gado e outros animais.
28	161050	39905	Açude ao sopé da chapada do Araripe/Formação Exu.
34	156754	39043	Açude sítio São Miguel 1/ao lado da BR.
35	156746	38811	Açude sítio São Miguel 2/ponto mais distal da BR.
19	156832	41835	Riacho dos Moraes/Foi encontrado alguns peixes ortos, provável contaminação.
25	154912	44326	Riacho dos Moraes/ Distrito de Moraes. Usado localmente para lavagem de automóveis.
24	175270	43662	(Poço- referencial) IPA.
30	161948	34362	Poço no perímetro da Maternidade
31	159465	35674	Poço no perímetro de indústria de gesso.
33	152842	33169	Poço no perímetro de indústria de gesso.
36	157838	39770	Drenagem
37	157590	39791	Drenagem
9	160774	36402	Drenagem/Cor azulada despejo do esgoto do Município

A amostragem seguiu procedimentos recomendados pela APHA (2001). As águas de superfície em profundidade de 30 cm, que acondicionadas em recipientes de poliestireno, previamente lavados com solução de HNO_3 2%, procedendo-se a três relavagens internas *in situ* com água do próprio ambiente aquático. Em cada estação de amostragem foram preenchidos 2 (dois) recipientes com 200 ml de 5 íons águas, coletadas no mínimo a 15 metros das margens, filtradas em seguida a 0,45 μm (filtros de membrana Schleicher & Schuel). Estas amostras foram imediatamente resfriadas a aproximadamente 4°C, e assim também preservadas em laboratório, ao abrigo de luminosidades, por 14 dias, até o início dos procedimentos analíticos no LAMSA/UFPE. Neste, foram realizadas as determinações de sulfatos, cloretos totais e bicarbonatos, conforme rotinas recomendadas pela APHA (2001).



Figura 4. Equipamento OAKTON, modelo WP 600, série Meters

Os resultados obtidos das análises físicas e químicas da água foram organizados em planilhas e submetidos a tratamento estatístico, culminando com análise de regressão multivariável exposta em matriz de correlação.

Posteriormente foram definidas auréolas de sedimentação da poeira (ou pluma) de gesso dispersada na atmosfera, através de suas repercussões sobre os corpos d'água estudados.

3.6.2 SIGNIFICADO AMBIENTAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS

As águas superficiais do território nacional seguem classificação e padrões de qualidade determinados pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esta resolução classifica as águas doces (salinidade $<0,5\text{‰}$), salobras (salinidade entre 0,5 e 30,0‰) e salinas (salinidade $>30,0\text{‰}$) do Território Nacional de acordo com a qualidade requerida para seus usos preponderantes e as divide em treze classes de qualidade.

As águas superficiais analisadas apresentam uso compatível segundo a classe 2, as quais são destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário; a atividade de pesca; a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas que são consumidas cruas. Desta forma, os parâmetros físicos e químicos foram avaliados em função dos limites estabelecidos para essa classe, conforme tabela abaixo.

Tabela 2: Padrão de qualidade para águas de Classe 2 - Resolução CONAMA nº 357/05.

Parâmetros / Unidade	Limite
Alcalinidade (pH)	6 a 9,0
Cloreto (mg/L^{-1})	250
Oxigênio Dissolvido (mg/L^{-1})	$>4,0$
Sólidos totais Dissolvidos (mg/L^{-1})	500
Sulfatos (mg/L^{-1})	250
Óleos e Graxas (mg/L^{-1})	Ausente
Bicarbonatos (mg/L^{-1})	$< 400^*$
Condutividade Elétrica (mS/cm)	100**
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$< 25^{***}$

*Limite estabelecido neste trabalho pelo autor.

**Limite estabelecido por Lima, 2005.

***Limite estabelecido por Lira, 2008.

4. RESULTADOS

Neste trabalho serão considerados os padrões classe 2 para águas, conforme normas do CONAMA (2005): sólidos totais dissolvidos (máximo de 500 mg.L⁻¹); sulfato total (SO₄²⁻) e cloretos (Cl⁻) não superiores a 250 mg.L⁻¹. Segundo a legislação vigente, óleo/graxas e substâncias que confirmam gosto ou odor devem ser virtualmente ausentes nos ambientes aquáticos em avaliação, mesmo se não perceptíveis pela visão, olfato ou paladar. Neste caso, as estações 9 e 10 , respectivamente com afluência de espuma de esgoto doméstico (riacho dos Morais, Figura 5) ou com evidências de concentração de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos -HPA's (pequeno açude; Figura 6) são pontos cujas águas não podem ter serventia antrópica de qualquer natureza.



Figura 5 - Incidência de espuma de detergente no curso do riacho dos Morais



Figura 6 - Ambiente hídrico com evidências de película superficial de HPA

4.1. pH e OD

O pH da maioria das águas dos açudes, de modo geral, é levemente ácido (5,5 a 6,5), enquanto nas barragens tende a valores menos ácidos a levemente alcalinos (Figura 7). Estes resultados refletem a influência de águas meteóricas (geralmente, pH 5,5) como influxo dominante, nuançadas pelo maior ou menor percurso destas águas antes de atingir o corpo hídrico represado. Barragens possuem bacias hidrográficas de maiores extensões, o que aparentemente tende a alcalinizar estas águas de escoamento por assimilação de produtos solúveis em seu trânsito sobre os solos.

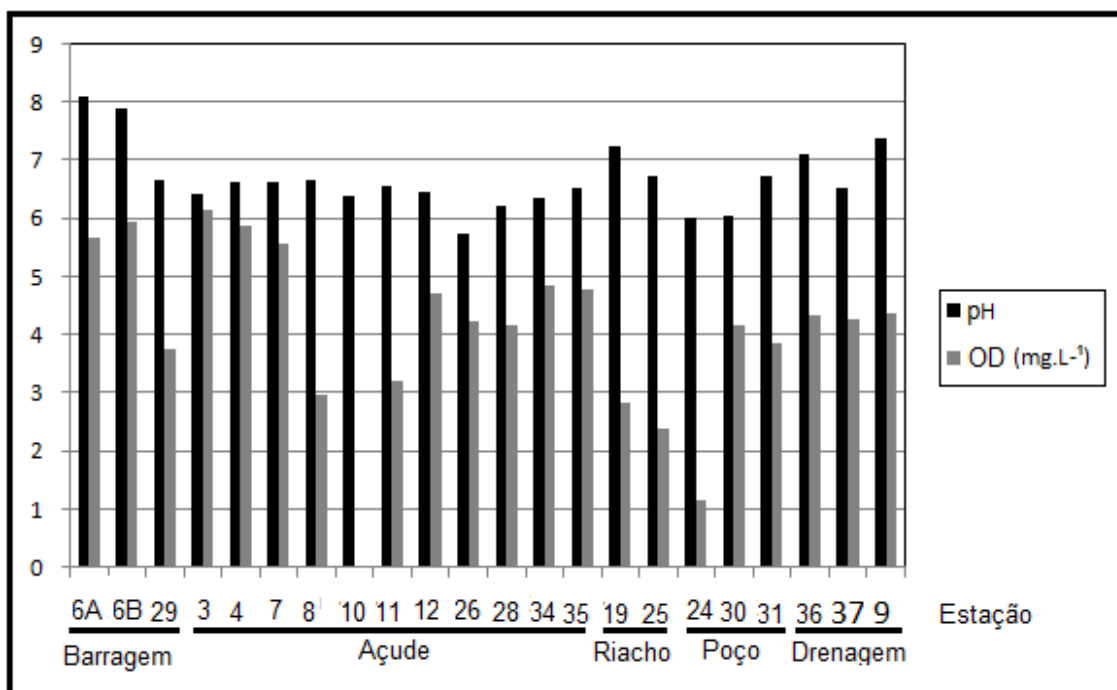


Figura 7. Variações de pH e OD em corpos d'água de uma área a SE de Araripina

O oxigênio dissolvido (OD) em meios hídricos de superfície sofre influência da temperatura, turbilhonamento, atividades de fotossíntese, além da altitude (Tundisi e Tundisi, 2008). Os valores mais altos ($OD \geq 5 \text{ mg.L}^{-1}$) ocorrem em açudes

e algumas barragens, pressupostamente devido à interação com a atmosfera, que costuma afetar espelhos d'água mais expressivos. Inversamente, em meios hídricos confinados, como o de águas subterrâneas, foram verificados menores valores ($OD < 4,2 \text{ mg.L}^{-1}$). Situação mais crítica ($OD < 3 \text{ mg.L}^{-1}$) foi constatada no riacho Morais, em razão de processo de eutrofização em curso neste ambiente (Figura 8).



Figura 8. Presença de peixe morto em águas do Riacho dos Morais, por insuficiência de OD.

4.2. CONDUTIVIDADE, STD E CLORETOS

Valores de elevados de condutividade ($>1500 \text{ mS.cm}^{-1}$) ocorrem, como seria de se esperar, em poços feitos no embasamento cristalino e em certas barragens (Figura 9). Neste último caso, talvez por uma questão de menor volume relativo de solvente, combinado com *leaching* de seus influxos em áreas contaminadas em sulfetos/cloretos (poeira de gesso). Faz exceção o poço do IPA (estação 24), porque o aquífero tem como hospedeiras rochas do arenito Exu, que poucas possibilidades de salinização oferecem, e porque se situa distanciado do pólo gesseiro.

As águas dos açudes que possuem teores elevados em sulfatos e/ou cloretos (estações 4 e 26) apresentaram alta condutividade. Também são os casos das águas do riacho Morais, e de todo seu sistema de drenagem cujas cabeiras

estejam encravadas no perímetro da cidade de Araripina. Fazem exceção as drenagens isoladas, que não circulam em perímetros contaminantes (ex. estação 37), e que têm como característica as baixas concentrações em STD e cloretos.

Como se constata classicamente na literatura, condutividade-STD-cloretos costumam ser variáveis interdependentes.

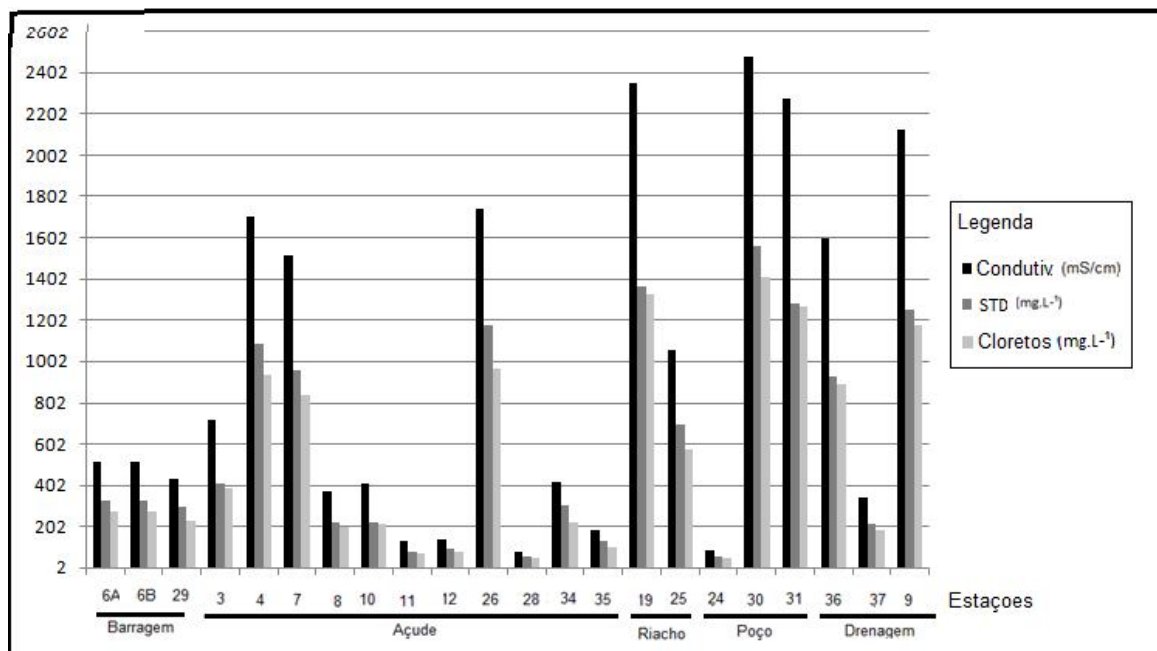


Figura 9 - Variações de condutividade, STD e cloretos, em corpos d'água de uma área a SE de Araripina.

Como será demonstrada adiante, a pluma de contaminação em sulfatos tem relação direta com a presença de maior quantidade de STD, assim como de concentrações em cloretos, nos corpos d'água represados.

4.3 SULFATOS, CLORETOS E BICARBONATOS

Concentrações em sulfatos $>250 \text{ mg.L}^{-1}$ só foram observadas em alguns açudes (estações 4 e 7) situados próximos de produção de gesso ou de derivados deste produto industrial (Figura 10). As barragens, geograficamente distantes do polo gesseiro, revelaram concentrações $<100 \text{ mg.L}^{-1}$, habituais de corpos d'água no embasamento cristalino regional. Também apresentaram valores anômalos ($>100 \text{ mg.L}^{-1}$) poços feitos na vicinidade de indústrias de gesso (estação 31) ou em águas do riacho dos Morais, que recebe influxos procedentes do perímetro da cidade de Araripina (estações 9 e 36).

Concentrações habituais de cloretos, em águas continentais, poucas vezes ultrapassam 20 mg.L^{-1} (Chester, 2000). Em corpos represados, no semiárido do Nordeste brasileiro, costumam se situar abaixo de 100 mg.L^{-1} . Este comportamento geral, que poderia ser considerado de *background* regional, é alterado particularmente nos casos de poços no embasamento cristalino e no curso do riacho dos Morais e alguns de seus efluentes (vide figura 10). No primeiro caso em função do tempo de residência destas águas nos aquíferos, onde minerais sódicos são comuns (feldspatos sódicos, muscovitas), no segundo em função de efluentes domésticos, onde produtos clorados são muito utilizados.

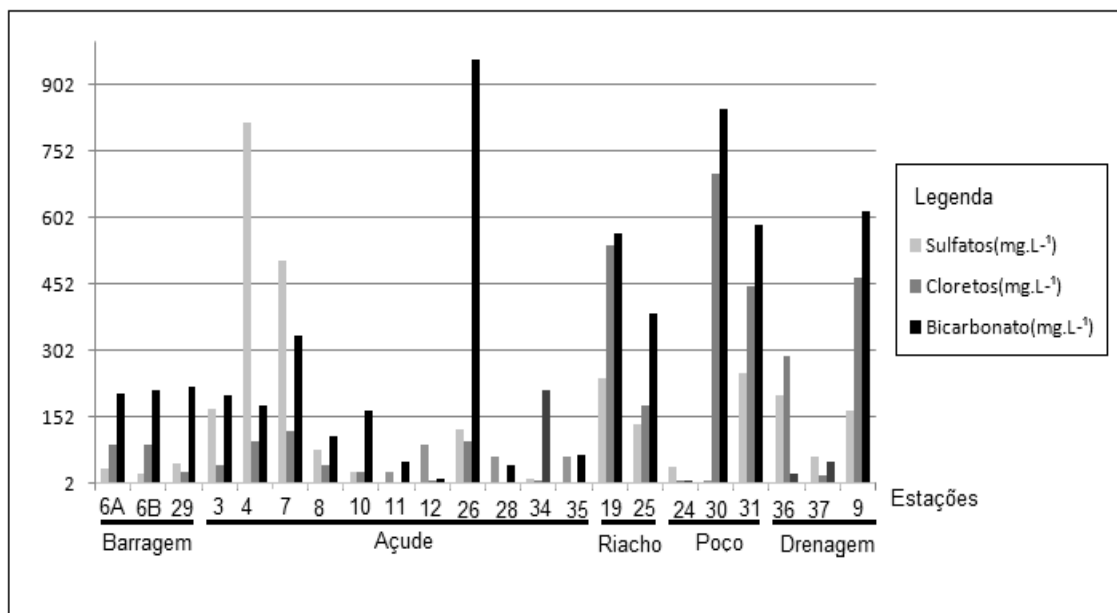


Figura 10 - Variações nas concentrações de sulfatos, cloretos e bicarbonatos, em corpos d'água de uma área a SE de Araripina.

Os bicarbonatos em águas continentais de superfície, sem a interferência do Homem, devem sempre ser maiores que as de cloretos, exceto em condições geológicas favoráveis (influência de depósitos de halita – NaCl) ou por influência de influxos de esgotos domésticos. De fato, valores em bicarbonatos > 500 mg.L⁻¹ foram verificados no riacho dos Morais em condições mais próximas do perímetro de Araripina (estações 9 e 19), e em águas subterrâneas do embasamento cristalino.

4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em um total de 23 estações, foram feitas determinações analíticas de 8 parâmetros, cujos dados estatísticos básicos de média aritmética, desvio padrão e máximos e mínimos (Tabela 2), mostram, em alguns casos, variações muito fortes.

Tabela 3- Valores estatísticos básicos dos parâmetros analisados de águas de uma área situada a sudeste de Araripina, Pernambuco.

Parâmetros	Média $\pm$ dp	Mínimo - Máximo
pH	6,7 $\pm$ 0,5	5,7 - 8,1
OD	4,0 $\pm$ 1,5	0,0 - 6,1
Temperatura	28,8 $\pm$ 1,8	25,2 - 32,0
Condutividade	962,4 $\pm$ 839,7	79,0 - 2481,0
Bicarbonatos	274,1 $\pm$ 274,0	7,5 - 956,9
Sulfatos	143,4 $\pm$ 188,0	9,0 - 813,9
Cloretos	149,2 $\pm$ 204,0	2,5 - 701,9
STD	592,6 $\pm$ 504,7	53,3 - 1559,0

O valor mínimo de pH é muito próximo ao habitual valor médio da água da chuva (pH = 5,5), e seus valores médio e máximo são sobretudo produzidos pelo seu trânsito superficial sobre os solos, sendo a alcalinidade quase exclusiva de corpos d'água de maior volume (barragens), e em águas do riacho dos Morais e seus tributários com cabeceiras na área urbana de Araripina, ou seja, mediante influência antrópica.

Os níveis de condutividade e STD, conforme expectativas são indicativos que a maior parte dos corpos d'água possuem salinização inadequada para atender as exigências de potabilidade. Também contribuem para isto as intervenções antrópicas, por contaminação em sulfatos e cloretos, principalmente.

Quando os mesmos são avaliados distintamente através de suas médias , conforme mostra a tabela 4, observamos uma maior influência dos parâmetros. Encontramos o menor OD nos riachos 2,6 mg.L⁻¹. Altas concentrações de cloretos acima de 250 mg.L⁻¹ e STD acima de 500 mg.L⁻¹ nas drenagens, poços e riachos. Com isso posterior aumento da condutividade no mesmo. E os açudes e barragens considerados dentro dos limites permitidos.

Tabela 4-Média dos parâmetros analisados segundo sua distinção.

Distinção	pH	OD	Temper.	Condutiv.	Bicarbona.	Sulfatos	Cloretos	STD
Açudes	6,4	4,2	29,2	679,4	210,8	178,25	39,98	431,1
Barragens	7,5	5,1	29,7	485,6	211,6	33,7	67,8	313,1
Drenagens	6,9	4,3	29,3	1356	229,9	142,3	256,86	798,8
Poços	6,2	3,0	27,7	1613	478,3	98,4	385,3	964,7
Riachos	6,7	2,6	28,4	1705	475,8	185,7	356,7	1029,3

Considerando-se uma análise regressiva, onde é considerada a totalidade dos parâmetros investigados (Figura 13), se pode vislumbrar suas influências em contexto integrado:

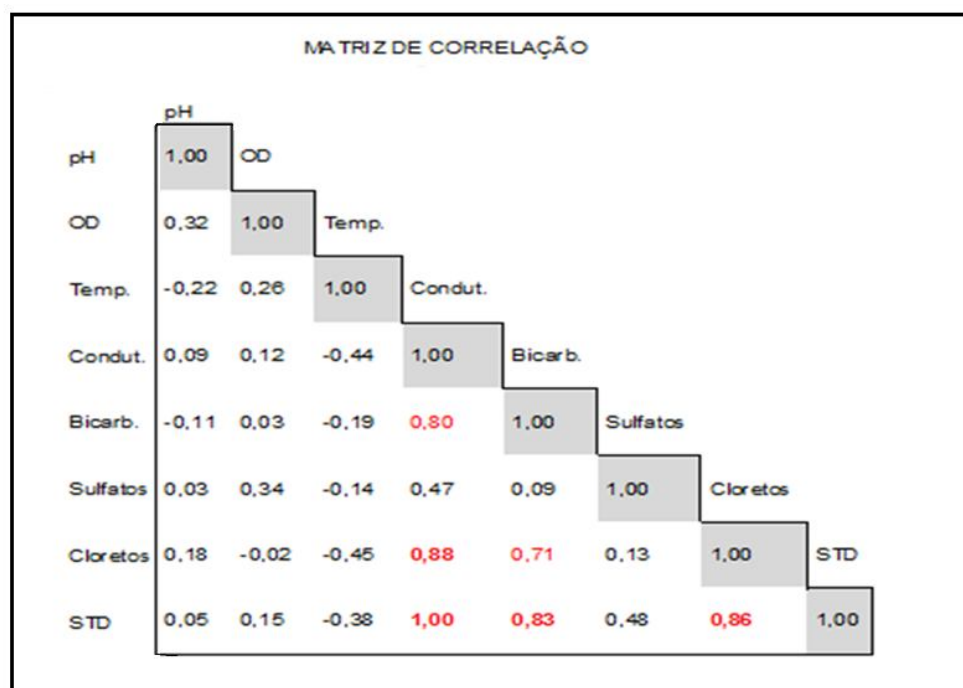


Figura 11. Matriz de correlação dos parâmetros analisados, referente a corpos d'água de uma área situada a sudeste de Araripina-PE.

Condutividade e STD são parâmetros intimamente relacionados e, como esperado, possuem extrema covariância ($R = 1,00$). Este comportamento segue a lógica que a condutividade elétrica resultante expressa a combinação de produtos em solução no meio aquático, ainda que, determinados solutos tenham uma influência mais marcante (cloretos $R = 0,88$) que outros (bicarbonatos $R = 0,80$). Estas diferentes respostas expressam a concorrência entre sais dissolvidos no mesmo solvente, não a quantidade relativa destes mesmos sais, na amostragem. Por isto, a correlação da condutividade com os sulfatos ($R = 0,47$), em presença de cloretos e bicarbonatos, se vê “menos favorecida”.

Não foi caracterizada a interação entre temperatura, pH e OD. A indicação que em temperaturas mais elevadas ocorra alguma diminuição na condutividade ($R = -0,44$) é muito discreta. Ao contrário, havendo diminuição relativa de solvente, a tendência seria contrária, ou seja, aumento relativo de concentração em sais ou, conseqüentemente, maior condutividade. Como os pontos analisados são procedentes de corpos hídricos distintos, trata-se de uma resposta extemporânea, estatisticamente casual.

As contaminações em cloro (cloretos $> 250 \text{ mg.L}^{-1}$) são verificadas em águas do riacho dos Morais. Em drenagens deste curso d'água cujas cabeceiras estão encravadas no perímetro da cidade de Araripina. Trata-se de uma influência antrópica bem definida, decorrente de efluentes domésticos urbanos: utilização doméstica de produtos clorados, esgoto sanitário com resíduos de urina, etc.

As contaminações em sulfatos ($>250 \text{ mg.L}^{-1}$) ocorrem na vicinalidade de unidades produtoras de gesso ou de produção de artefatos em gesso. Trata-se de outra influência antrópica bem definida, particular do polo gesseiro de Araripina.

Em contrapartida, as áreas ditas “não contaminadas”, na realidade, podem ser consideradas aquelas onde os teores de sulfato e de cloretos, nos corpos d'água, não atingem 100 mg.L^{-1} . As contaminações de sulfato, habitualmente, são veiculadas pela emissão de poeiras dos centros de produção de gesso (calcinação da gipsita), ou por efluentes enriquecidos em sulfatos, nos casos de unidades produtoras de artefatos em gesso. As plumas de dispersão atmosférica de poeira de gesso talvez possam alcançar centenas de metros devido a sua mobilidade, sedimentando-se em solos e na cobertura vegetal (sobre folhas arbóreas), de onde sofrem lixiviação a partir de eventos pluviométricos, acumulando-se em corpos d'água no âmbito da bacia de recepção destas chuvas. A orientação destas plumas segue, aparentemente, o sentido preferencial do “fetch” dos ventos (sentido SE-NW).

5. CONCLUSÕES

Anomalias hidroquímicas em sulfatos e cloretos ocorrem, efetivamente, na área de estudo, que inclui a área urbana de Araripina e se estende para sudeste, afetando açudes, o riacho dos Morais e alguns de seus afluentes, além de águas subterrâneas. Estas contaminações estão relacionadas com interferências antrópicas, como as calcinadoras de gesso e para os cloretos, possivelmente os despejos industriais e esgotos domésticos.

A calcinação de gipsita é o principal agente de contaminações em sulfatos, afetando as bacias de recepção no âmbito da pluma de dispersão atmosférica de suas poeiras, sedimentadas em solos e sobre a cobertura vegetal.

Subordinadamente devem ser considerados os efluentes da produção de artefatos em gesso e de uma forma geral, o trânsito de caminhões com cargas de gesso (ainda que ensacadas); a utilização eventual de gesso agrícola em alguns setores; a utilização muito difundida de tijolos em gesso a partir de rejeitos de calcinação ou de produção de placas.

Sugerimos um aprofundamento maior nos estudo dos corpos hídricos, sobretudo nos açudes e riachos, pois os mesmo apresentaram neste estudo altas concentrações sulfáticas e de cloretos. Portanto há a necessidade de saber como o meio aquático esta reagindo a essa supersaturação.

Neste estudo foram identificamos os pontos de contaminações das águas superficiais. Assim pode-se pensar em algumas alternativas pra a gestão e controle, como barragens, objetivando confinar os contaminantes (sulfatos e cloretos) evitando assim sua difusão pelo meio ambiente.

5. REFERÊNCIAS

APHA, 1995. Standard methods for examination of water and wastewater. 1155 ,19th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1995.

APHA, 2001. Methods for examination of water and wastewater. Washington, *Amer. Public Health Assoc.*, Chap. 1, p. 34-38 (20th ed.).

ARÁÚJO et al., 1992. ARAÚJO, S.M. S; PAULA; M. V. S; SILVA; M.P. da Bacia do Rio da Brígida: Possibilidades e Limitações de Uso dos Recursos Naturais. Recife: DCG/CFCH/UFPE, 1992. Relatório da disciplina Geomorfologia Aplicada. (inédito) 8 p.

ARAÚJO S.M.S, 2004. Tese O Pólo Gesseiro do Araripe; Unidades Geo-Ambientais e Impactos da Mineração, EDITORA UNICAP Número: 320/2004 69 a 95 p, 2004.

AZEVEDO, F.A. & CHANSIN, A.A.M., 2003. Metais: Gerenciamento da toxicidade. São Paulo, Editora Atheneu, 2003. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2005>. Acesso em: 02/03/2010.

BRENO et al., 2005. Diagnóstico do Município de Araripina. Recife, *CPRM*, **Projeto** cadastro de fontes de abastecimento por águas subterrâneas no Estado de Pernambuco, 26 p.

CETESB, 2009. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Qualidade Ambiental Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo; Séries Relatórios, Apêndice A, Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de

Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem, 43 pag.

CETESB, 1993. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1993. Controle da qualidade da água para consumo humano. CESTEB, São Paulo, 198pp.

CONAMA (2005). Resolução N° 357 de 17/03/2005. Brasília, *Cons. Nac. Meio*

Ambiente – CONAMA. Disponível em www.mma.gov.br/port/conama. Acessado em 08/02/2011

FAMBRINI et al. 2009;G. L,S. Tesser Jr.,V.H. M.L. Neumann,B.Y.C .Souza,W.F.Silva Filho:Estudos Geológicos; Fácies e Sistemas Depositionais na Área-Tipo da Formação Missão Velha,Bacia do Araripe,Nordeste do Brasil,161 a 190.UFPE-CTG;Volume 19,2009.

GOMES,H.A.(ORG). 2001. Geologia e recursos minerais do Estado de Pernambuco. Brasília: CPRM, 198 p.

HYPÓLITO et al,2011. R. Hypolito., S. Andrade e S. Ezaki; Geoquímica da Interação Água/Rocha/Solo.Estudos Preliminares.Editora All Print,450 p.

LIMA, M.A.S.,2005. Águas acumuladas em Açudes e Barragens na Região de Santa Maria e flutuações em seus atributos físico-químicos. Santa Maria, UFSM/PPG Ciên. Solos, Diss. Mestrado, 68 p.

LIRA, M.M.P.,2000. Aspectos da gestão dos recursos hídricos na sub bacia do prata (bonito/PE) - estudo de qualidade da água. 2000. 113f. Dissertação (Mestrado em.Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

LIRA, JB.M.L.,2008. Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife - Pernambuco, Brasil. 2008. 79f Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife.

MAGALHÕES,V.S.,2006. Hidroquímica e qualidade das águas superficiais e subterrâneas em áreas sob influência de lavras pegmatíticas nas bacias dos córregos Água Santa e Palmeiras, Município de Coronel Murta (MG). 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MEDEIROS,M.S.,2003.Poluição Ambiental por Exposição à Poeira de Gesso: Impactos na saúde da População. Recife, *Centro Pesquisas Ageu Magalhães*, Diss. Mestrado, 86 p.

NAIME & FAGUNDES, 2005. NAIME, R.; FAGUNDES, R.S. **Controle da qualidade da** água do arroio Portão, RS. Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, v. 32, n1, p. 27-35, 2005.

OIT,1989. Yeso. *In: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Madrid, *Min. Trabajo y Segur. Social/Oficina Intern. Trabajo - OIT*, v. 3, p. 2579.

PINTO et al., 2005. PINTO, J.O.M.S; Martinez, M.S.; Paschoalato, C.F.P.R. Avaliação das variáveis físico-químicas e microbiológicas do córrego Bebedouro da Bacia hidrográfica do Baixo Pardo/Grande, município de Bebedouro-SP. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23ª*, 2005, Campo Grande - Mato Grosso. **Anais...** Campo Grande: ABES, **2005**. p. 1-7. CD-ROM.

PRESS,F.; SIEVER,R.; GROTZINGER,J. & JORDAN,T.H. 2006. Capítulo 3. Minerais; constituintes básicos das rochas. *In: Para Entender a Terra*; Artmed Editora SA. p. 86-89 (4ª Edição).

SANTOS,A.M.A.,2001. *O Tamanho das Partículas de Poeira Suspensas no Ar dos Ambientes de trabalho*. São Paulo: FUNDACENTRO, 2001.p. 21 a 25.

SANTOS,J. 2006. Uso do Sensoriamento Remoto no Estudo das Mudanças da Vegetação Nativa do Município de Araripina PE. Recife, *Assoc. Tecnol. Ambien. Pernambuco-ITEP-OS*, Mestrado Profissional, 74 p.

SANTOS.A. C. 1997. *Noções de Hidrogeoquímica*. *In: Feitosa F. A. C. & Manoel Filho J. Hidrogeologia, conceitos e aplicações*. CPRM, Fortaleza, pp:81-108

SILVA. P.R., 2008. Pernambuco (1850 – 1950): Cem Anos de Reflexão, Antes do Cluster do Gesso, Faculdade Boa Viagem, Mestrado em Administração. 103 p.

SINDUGESSO, 2012. SINDICATO DA INDÚSTRIA DE GESSO DO ESTADO DE PERNAMBUCO; disponível em <http://www.sindusgesso.org.br/>, acessada em Janeiro 2012.

SPERING,M.1996. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Local: UFMG, 1996.243p.

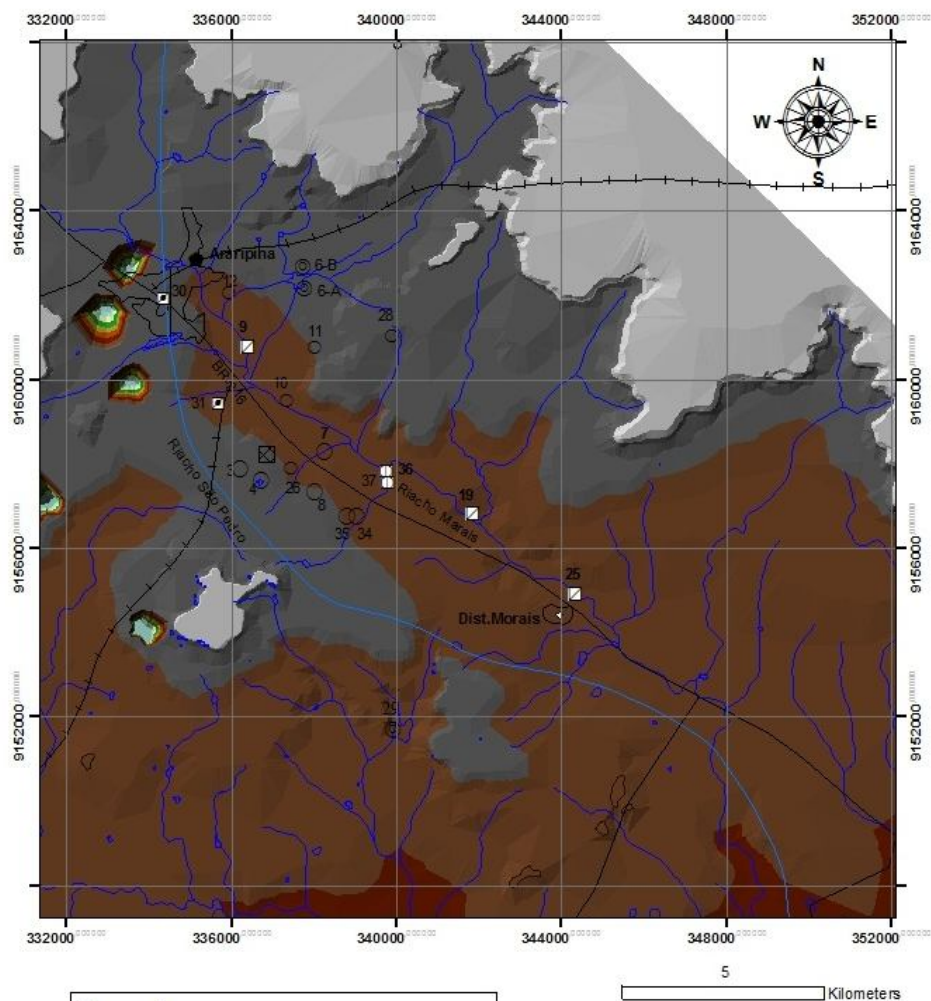
TUCCI. C.E.M., 2006. Água no meio urbano. *In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.;TUNDISI, J. G. (Coord.). Águas Doces no Brasil Capital ecológico, Uso e Conservação*. 3. ed. São Paulo, Escrituras. Ed., 2006.

VIANA,M.S.S. & NEUMANN,V.H.L., (1999). Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE

APENDECE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO-DEMINAS-CTG
Autor;Dilena Mara Lemos Matos UFPE/2012

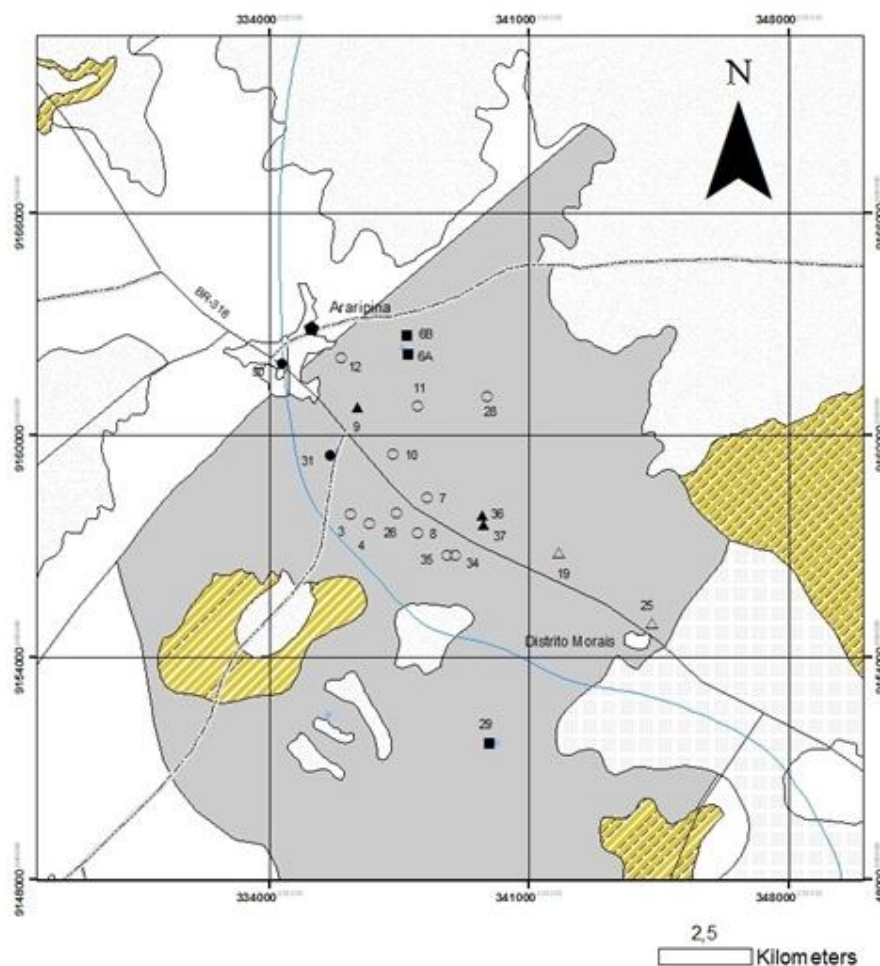
MAPA TOPOGRÁFICO & AGUA COLETADA ARARIPINA/PE



Legenda

- | | |
|-------------------------|------------|
| ● Cidades | ○ AÇUDE |
| — Rodovias_Pavimentadas | □ DRENAGEN |
| — Hidrografia | ▣ GESSO |
| — Outras_Estradas | ▣ POÇO |
| 711,111 - 800 | ▣ RIACHO |
| 622,222 - 711,111 | |
| 533,333 - 622,222 | |
| 444,444 - 533,333 | |
| 355,556 - 444,444 | |
| 266,667 - 355,556 | |
| 177,778 - 266,667 | |
| 88,889 - 177,778 | |
| 0 - 88,889 | |

Universidade Federal de Pernambuco-UFPE
 Centro de Tecnologia e Geociências-CTG
 Engenharia Mineral
 Mestrado em Engenharia Mineral
 Mestranda Dilena Mara Lemos Matos



Legenda

- | | | |
|-------------------|------------|--|
| ● Cidade | ○ Açude | Geologia |
| — Outras Estradas | ■ Barragem | □ Formação Exu- Arenitos Caulinitos Ke |
| — Rodovias | ▲ Drenagem | ▨ Formação Satana-Gipsita KS |
| — Pavimentadas | △ Riacho | ■ Complexo plutônico Indiscriminado NY3t |
| — Hidrografia | ● Poço | |