



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**MACELMA DE OLIVEIRA BRAGA**

**GRADIENTES DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO**  
**AQUÍFERA DO PARQUE NACIONAL/ VILA DE JERICOACOARA/CE.**

**FORTALEZA**

**2018**

MACELMA DE OLIVEIRA BRAGA

GRADIENTES DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO AQUÍFERA  
DO PARQUE NACIONAL/ VILA DE JERICOACOARA/CE.

Tese apresentada ao curso do departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutora em Geologia, Área de concentração: Geologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Beltrão Sabadia.

FORTALEZA  
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- B794g** Braga, Macelma de Oliveira.  
Gradiente da Vulnerabilidade à Contaminação Aquífera do Parque Nacional/ Vila de Jericoacara/CE. / Macelma de Oliveira Braga. – 2018.  
126 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. José Antonio Beltrão Sabadia.
1. Aquífero. 2. Vulnerabilidade. 3. Contaminação. I. Título.

CDD 551

---

MACELMA DE OLIVEIRA BRAGA

GRADIENTES DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO AQUÍFERA  
DO PARQUE NACIONAL/ VILA DE JERICOACOARA/CE.

Tese apresentada ao curso do departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutora em Geologia, Área de concentração: Geologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Antonio Beltrão Sabadia (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. José Lidemberg de Sousa Lopes  
Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL)

---

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

---

Profa. Dra. Juliana Maria Oliveira Silva  
Universidade Regional do Cariri (URCA)

---

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Deus,

Por ajudar-me em todos os momentos de minha  
vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo auxílio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio;

A Universidade Federal do Ceará, pelo acolhimento e conhecimentos adquiridos. Ao meu orientador Prof. Dr. Beltrão Sabadia pela paciência e orientação (*In memoriam*).

A Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Geologia Profa. Dra. Cynthia Duarte;

A todos os professores, alunos e funcionários do Departamento de Geologia da UFC que indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

*“Somente quando for cortada a última árvore,  
poluído o último rio, pescado o último peixe, é que o  
homem vai perceber que não pode comer dinheiro!”*

*(Greenpeace)*

## RESUMO

O presente trabalho trata das condições hidrogeológicas e vulnerabilidade aquífera do Parque Nacional de Jericoacoara (PARNA)/Vila de Jericoacoara, situada no Município de Jijoca de Jericoacoara, no litoral noroeste do estado do Ceará. O PARNA de Jericoacoara foi criado em fevereiro de 2002. Os aquíferos da região dividem-se em aquíferos sedimentar (Sistema Dunas e Barreiras) e aquífero fissural. Entretanto o abastecimento da Vila de Jericoacoara é provindo dos aquíferos sedimentares. O uso destes sistemas aquíferos deve ser racionalizado para evitar problemas relacionados à superexploração e/ou contaminação, neste contexto o mapeamento da vulnerabilidade é uma ferramenta importante para a preservação destes recursos. A vulnerabilidade aquífera significa sua maior ou menor susceptibilidade de ser afetado por uma carga contaminante imposta. É uma propriedade intrínseca do aquífero. Neste trabalho adotou-se como modelo metodológico o método GOD de Foster e Hirata (2006). Onde foram catalogados 55 poços, 28 através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM e 27 poços cadastrados por Forte e Abreu, 2017 em campo. Os índices encontrados na área variam de médio a alto. De acordo com os gradientes de vulnerabilidade a área foi classificada em setores, Setor I – área constituída de material sedimentar poroso e superficialidade do terreno – alta vulnerabilidade; setor II – vulnerabilidade média a alta por serem constituídas por sedimentos porosos e não consolidados menos superficiais. No mapeamento dos usos no PARNA, foi possível definir seis (6) unidades ambientais, sendo elas: Dunas fixas, Dunas moveis, Praia receptoras, Planície flúviomarinha, Serrote e Depressão interdunar, existindo um predomínio do campo de dunas. Dentre as principais atividades potencialmente impactantes identificou-se: a grande concentração de núcleos residenciais e turísticos na vila, a presença de dois cemitérios, obras de captação fora dos padrões da ABNT, poços funcionando sem a devida outorga, a não adesão de parte da população ao sistema de tratamento de esgoto, bem como, a posição inadequada e atualmente a alta demanda da estação de tratamento de esgoto. Por se tratar de uma unidade de conservação estes impactos se tornam ainda mais agravantes.

**Palavras-chave:** Aquífero. Vulnerabilidade. Contaminação.



## ABSTRACT

This paper deals with the hydrogeological conditions and vulnerability of the Jericoacoara National Park (PARNA) / Vila de Jericoacoara, located in the municipality of Jijoca de Jericoacoara, on the Northwest coast of the State of Ceará. The PARNA of Jericoacoara was created in February 2002. The aquifers of the region are divided into sedimentary aquifers (dunes and barreiras system) and fissure aquifer. However, the supply of the village of Jericoacoara comes from the sedimentary aquifers. The use of these aquifer systems should be rationalized to avoid problems related to overexploitation and, or contamination, in this context the mapping of vulnerability is an important tool for the preservation of these resources. Aquifer vulnerability means its greater or lesser susceptibility to being affected by an imposed contaminant load. It is an intrinsic property of the aquifer. In this work the God Method of Foster and Hirata (2006) was adopted as methodological model. Where 55 wells were cataloged, 28 through the underground water information system - SIAGAS of the Mineral Resources Research Company - CPRM and 27 wells registered by Forte and Abreu, 2017 in the field. The indices found in the area vary from medium to high. According to the vulnerability gradients the area was classified into sectors, sector I - area consisting of porous sedimentary material and superficiality of the terrain - high vulnerability; sector II - medium to high vulnerability because they are constituted by porous and non-consolidated less superficial sediments. In the mapping of the uses in the PARNA, it was possible to define six (6) environmental units, being: fixed dunes, mobile dunes, receiving beaches, plain flúviomarinha, serrote and interdunar depression, existing a predominance of the dunes field. Among the main potentially impacting activities were identified: the great concentration of residential and tourist centers in the village, the presence of two cemeteries, catchments outside ABNT standards, wells functioning without proper granting, non-adherence of part of the population to the sewage treatment system, as well as, the inadequate position and currently the high demand of the sewage treatment plant. Because it is a conservation unit, these impacts become even more aggravating.

**Keywords:** Aquifer. Vulnerability. Contamination.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de Unidades de Conservação do Ceará. ....	27
Figura 2 - Estratégia de proteção do recurso hídrico subterrâneo ante problemas de contaminação por fontes antrópicas de acordo com Hirata e Rebouças, (1999).....	38
Figura 3. - Etapas do processo de extração de drenagem e direção do fluxo por meio de uma imagem SRTM. ....	48
Figura 4 - Composição 3R2G1B (a) cor natural e 5R3G2B (b) do RapidEye.....	49
Figura 5 - Diagrama para avaliação do índice GOD de vulnerabilidade do aquífero à contaminação.....	50
Figura 6 - Localização do PARNA de Jericoacoara .....	53
Figura 7 - <i>Beach rocks</i> na praia de Jericoacoara .....	58
Figura 8 - Mapa de unidades ambientais do PARNA de Jericoacoara.....	63
Figura 9 - Mapa de fluxos subterrâneo da Via de Jericoacoara .....	74
Figura 10 - Diagrama da Gestão integrada das águas urbanas.....	75
Figura 11 - Diagrama da segurança hídrica .....	76
Figura 12 - Sistema de abastecimento de água na Vila de Jericoacoara: a) poço de captação da CAGECE. b) central de controle c) Estação Elevatória de Água. d) Reservatório elevado.....	79
Figura 13 - Tratamento de água da vila de Jericoacoara. a)tratamento por hipoclorito de cálcio- Ativa. b) tratamento bacteriológico- desativado. ....	80
Figura 14 - Mapa de fluxos e drenagem das águas superficiais .....	83
Figura 15 - Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) .....	85
Figuras 16 - Estação de Tratamento de Esgoto do PARNA (a)Decantador Lamelar (DL). b) Leitos de Secagem. ....	86
Figura 17 - Estação elevatória com vazamento de esgoto diretamente na rua.....	87
Figura 18 - Maquinário da usina de reciclagem. a)pré prensa. b)prensa. ....	91
Figura 19 - Mapa de profundidade do nível da água em metros dos poços em Jericoacoara.....	94
Figura 20 - Mapa de ponto d'água .....	96
Figura 21 - Cemitério localizado a noroeste da vila de Jericoacoara .....	100
Figura 22 - Presença de gado nas vias do PARNA. a) gado na entrada da vila, b) gado próximo à estação de tratamento de água da CAGECE. ....	101

Figura 23 - Mapa de vulnerabilidade à contaminação aquífera do PARNA de Jericoacoara segundo método GOD.....	104
--	-----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Precipitação média mensal (mm) em Jericoacoara no ano de 2010 a 2017. .....	68
Gráfico 2 - Classificação dos poços segundo propriedade. ....	92
Gráfico 3 - Caracterização dos poços de acordo com o uso. ....	93

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1- Categorias de Unidades de Proteção Integral no Brasil.....	23
Quadro 2- Categorias de Unidades de Uso Sustentável no Brasil. ....	24
Quadro 3 - Atividades potencialmente poluentes das águas subterrâneas, tipos e principais contaminantes segundo Foster e Hirata, (1993). ....	33
Quadro 4 - Alternativas de instalações para fontes pontuais de contaminação das águas subterrâneas segundo Foster (1992). ....	37
Quadro 5 - Lista de dados e informações requeridas para a caracterização da vulnerabilidade e as informações normalmente disponíveis na prática, segundo Foster e Hirata (1988). ....	42
Quadro 6 - Índices ou classes de vulnerabilidade de aquíferos à poluição .....	51
Quadro 7 - Unidades Ambientais de Jericoacoara .....	62
Quadro 8 - Tipos de Solos do PARNA de Jericoacara.....	64
Quadro 9 - Índice de atendimento de abastecimento de água de Jericoacoara.....	81
Quadro 10 - Relatório mensal de qualidade de água do sistema de abastecimento de água potável de Jericoacoara fevereiro de 2018. ....	81
Quadro 11 - Quantitativo de resíduos coletados diariamente em Jericoacoara .....	90
Quadro 12 - Localização e Nível Estático (NE) dos poços de Jericoacoara. ....	95
Quadro 13 - Gradientes de vulnerabilidade do PARNA de acordo com método GOD .....	105
Tabela 1 - Precipitação média mensal (mm) em Jericoacoara no ano de 2010 a 2017. ....	67
Tabela 2 - Tipo de ligações prediais na vila de Jericoacoara .....	80
Tabela 3 - Ligações de esgoto na Vila de Jericoacoara.....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARCE	Agência Reguladora do Estado do Ceará
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
COGERH	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DL	Decantador Lamelar
DMC	Domínio Médio Coreaú
DAFA	Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRATUR	Empresa Brasileira de Turismo
EEE	Estação Elevatória de esgoto
ENE	Leste-Nordeste
ENE-WSW	Leste-Sudoeste
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FSAs	Filtro aerado submerso
GOD	Grau de Confinamento/Ocorrência de Substrato/Distância até o lençol freático
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IGBP	Programa International Geosphere – Biosphere
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPLANCE	Instituto de Planejamento do Ceará
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
NE	Nordeste
NE	Nível Estático
ND	Nível Dinâmico

ONG	Organização Não- Governamental
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
OMS	Organização Mundial de Saúde
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
RDO	Resíduos Domiciliares
RPU	Resíduos Públicos
NE	Nível Estático
SEMACE	Superintendência Estadual de Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de unidade de Conservação
SETUR	Secretária de Turismo
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas
PARNA	Parque Nacional
PPP	Perímetro de Proteção de Poço
PVC	Policloreto de Vinila
UC	Unidades de Conservação
UFC	Universidade Federal do Ceará
USP	Universidade de São Paulo
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## LISTA DE SIMBOLOS

$\Delta$	Delta
*	Asterisco
+	Soma
$\varepsilon$	Alt code
®	Registro
$\alpha$	Alfa



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	22
<b>2.1 Unidades de Conservação no Brasil</b> .....	22
<b>2.1.1 Unidades de Conservação no Ceará</b> .....	25
<b>2.1.2 Parque Nacional de Jericoacoara</b> .....	28
<b>2.2 Águas Subterrâneas</b> .....	31
<b>2.2.1 Qualidade de água subterrânea</b> .....	31
<b>2.2.2 Risco de contaminação de água subterrânea</b> .....	32
2.2.2.1 <i>Carga ou plumas contaminantes</i> .....	34
<b>2.2.3. Estratégias de proteção</b> .....	37
2.2.3.1 <i>Estratégias de proteção - Análise da Vulnerabilidade</i> .....	39
<b>2.3 Geoprocessamento</b> .....	44
<b>2.3.1 Sensoriamento Remoto</b> .....	44
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS</b> .....	46
<b>3.1 Catalogação dos Poços Tubulares</b> .....	46
<b>3.2 Sensoriamento Remoto</b> .....	47
<b>4. CONTEXTO AMBIENTAL DO PARNA DE JERICOACOARA</b> .....	53
<b>4.1 Geologia</b> .....	54
<b>4.1.1- Embasamento</b> .....	54
<b>4.1.2 Coberturas Cenozóicas</b> .....	55
4.1.2.1 <i>Terciário – Grupo Barreiras</i> .....	55
4.1.2.2 <i>Quaternário – Depósitos aluviais, Flúviomarinhos e marinhos e Eólicos litorâneos</i> .....	57
<b>4.2 Geomorfologia</b> .....	59
<b>4.3 Pedologia</b> .....	64
<b>4.4 Clima</b> .....	66
<b>4.5 Vegetação</b> .....	69
<b>4.6 Hidrografia</b> .....	70
<b>4.7 Hidrogeologia</b> .....	71
<b>4.7.1 Aquíferos Porosos</b> .....	72
<b>4.7.2 Aquífero Fissural- (Domínio Cristalino)</b> .....	73
<b>5. SEGURANÇA HÍDRICA</b> .....	75

5.1 Saneamento Básico em Jericoacoara.....	78
5.2 Abastecimento de água na Vila de Jericoacoara .....	78
5.3 Esgotamento Sanitário .....	84
5.4 Resíduos Sólidos.....	90
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	92
6.1 Mapa de Pontos d'água. ....	95
6.2 Qualidade das obras de captação .....	97
6.3 Atividades Potencialmente Poluidoras .....	99
6.3.1 <i>Construção de poços tubulares irregulares.</i> .....	99
6.3.2 <i>Cemitérios</i> .....	100
6.3.3 <i>Presença de animais soltos nas vias do Parque</i> .....	100
6.3.4 <i>Saneamento básico inadequado</i> .....	101
6.4 Vulnerabilidade aquífera do PARNA de Jericoacoara.....	102
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	106
7.1 Recomendações .....	108
REFERÊNCIAS.....	110
ANEXO	
Anexo 1 - Perfil de Poço da CAGECE em Jericoacoara. ....	125
Anexo 2 – Ficha técnica do poço.....	126

## 01. INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos hídricos subterrâneos está crescendo a cada ano, impulsionados pelas necessidades decorrentes da concentração demográfica e da expansão econômica, como por suas vantagens relativas sobre as águas superficiais.

Sua exploração é marcada, muitas vezes, por uma visão imediatista deste recurso, expondo-os, em diferentes áreas do território nacional, aos impactos da extração descontrolada por poços e da ocupação indisciplinada do solo, podendo comprometer sua qualidade. Contudo ainda se subestima os riscos de poluição, evidenciados por uma carência de políticas e de ações voltadas para a proteção dos aquíferos.

A caracterização da vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos e dos riscos potenciais de poluição associados à carga contaminante constitui uma estratégia de defesa da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, sendo um instrumento para o planejamento e suporte a gestão das águas subterrâneas. A avaliação da vulnerabilidade de um aquífero é um tema relativamente complexo e depende do tratamento integrado de diferentes tipos de informação colhidos na área de estudo.

Essa vulnerabilidade é função, principalmente, das condições geológicas e hidrogeologias do próprio aquífero, além da topografia e do tipo de solo. Existem atualmente vários métodos para a avaliação da vulnerabilidade de aquíferos, podendo avaliar de modo geral ou a um contaminante específico.

A vulnerabilidade de aquíferos pode ser definida em relação à susceptibilidade que um sistema aquífero tem de vir a ser degradado por atividades antrópicas, definido por uma probabilidade maior ou menor de alterações negativas da qualidade da água.

Hirata (1994) ao tratar da vulnerabilidade aquífera define-a como uma propriedade relativa, definida em distintos graus (ou níveis) de vulnerabilidade e sua avaliação ocorre admitindo-se que a contaminação é um processo dinâmico e interativo.

O presente trabalho baseia-se em caracterizar os gradientes de vulnerabilidade à contaminação aquífera do PARNA de Jericoacoara. Onde o sistema de abastecimento de água é exclusivamente subterrâneo.

Os aquíferos da região dividem-se em aquíferos sedimentar (Sistema Dunas e Barreiras) e aquífero fissural.

Segundo a CPRM (1998) O domínio representado pelos sedimentos da Formação Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica, com intercalações de níveis mais ou menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos variáveis de acordo com o contexto local. Na área de pesquisa esses sedimentos apresentam uma boa potencialidade, em função, principalmente, das espessuras apresentadas e, também, de suas características litológicas.

Ainda de acordo com o órgão, os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes. Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

O aquífero cristalino tem caráter fissural e ocorre nas fraturas das rochas metamórficas do “Serrote da Pedra Furada” e aflora em ressurgência da base (ARRUDA, 2007; ICMBio, 2011b). Embora na região exista a presença de dois tipos de aquíferos, sedimentares e fissural o abastecimento da Vila de Jericoacoara é provindo dos aquíferos sedimentares, Dunas e Barreiras.

A identificação das obras de captação dos recursos hídricos, o mapeamento da vulnerabilidade natural dos aquíferos e a identificação das principais formas de uso do solo e fontes de contaminação dos aquíferos destacaram-se como objetivos deste trabalho.

Para concretização dos mesmos foram estabelecidos os seguintes pontos específicos:

- ✓ Identificar o fluxo subterrâneo do aquífero e o fluxo de águas superficiais através de seus respectivos mapas de fluxo;
- ✓ Catalogar as obras de captação de água subterrânea;
- ✓ Identificar as principais formas de uso e possíveis fontes de contaminação do PARNA;
- ✓ Mapear os índices de vulnerabilidade aquífera.

A metodologia baseou-se na caracterização da vulnerabilidade aquífera levando em consideração o sistema hidrogeológico, associado ao uso da terra e a importância da água no abastecimento público, sendo a mesma metodologia adotada por Foster e Hirata (2006), método GOD, modificado. A escolha do método está relacionada à sua fácil aplicabilidade e ao índice de informação local, que no

PARNA é bem reduzido. O método mostrou-se satisfatório, adequando-se as necessidades da área.

A escolha do foco vulnerabilidade aquífera motivou-se pela crescente visibilidade de Jericoacoara com grande fluxo de turistas nacionais e estrangeiros, necessitando da demanda de água cada vez maior. O uso do solo com grandes empreendimentos turísticos chama a atenção, uma vez que, os mesmos possuem em sua grande maioria mais de uma obra de captação.

Outro fato preocupante é que não existe uma unidade no sentido de integração ao sistema de coleta de esgoto, ainda sendo encontrado o uso de fossas sépticas.

O uso e ocupação do meio físico pode afetar diretamente a preservação dos recursos hídricos subterrâneos no PARNA, uma vez que, os aquíferos são do tipo livre, com níveis freáticos rasos, mais vulneráveis à contaminação. Não podendo esquecer que os mesmos também estão expostos a problemas relacionados à super exploração, podendo causar a exaustão do aquífero.

Diante da fragilidade ambiental da área questiona-se:

Por se tratar de aquíferos livres na área litorânea estariam todos esses aquíferos em uma mesma linha de vulnerabilidade aquífera?

As atividades desenvolvidas no Parque oferecem riscos à contaminação aquífera?

A utilização dos aquíferos como única fonte de abastecimento público estaria sobre carregando o limite de vazão dos aquíferos?

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura abordará três temas principais: Unidades de conservação, Águas subterrâneas e Sensoriamento remoto por serem temas norteadores e pontos de análise deste trabalho.

### 2.1 Unidades de Conservação no Brasil

As ações antrópicas sobre os ecossistemas têm provocado grandes alterações no meio natural, resultando em uma crescente degradação. Como uma alternativa para minimizar tais impactos o desenvolvimento sustentável destaca-se como uma perspectiva importantíssima para melhorar o grau de comprometimento com a questão ambiental, bem como, a criação de unidades de conservação.

No Brasil, a primeira unidade de conservação criada foi o Parque Nacional de Itatiaia, em 1937, nos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Segundo Brito, (1999) naquela época a criação da unidade de conservação se dava de forma não sistemática, onde se buscava conservar áreas por apresentar belezas cênicas raras, atrativas naturais, ou por ser indicada por um conservacionista de renome nacional.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, (SNUC). Esse órgão é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais. Os principais objetivos são:

- ✓ Proteger e conservar essas áreas, bem como as espécies em risco de extinção;
- ✓ Preservar e restaurar os recursos e os ecossistemas naturais
- ✓ Valorizar a diversidade biológica desses espaços;
- ✓ Promover o desenvolvimento sustentável e atividades de caráter científico.

A lei n. 9.985 de 2000 estabelece critérios e normas para criação, implantação e gestão das unidades de conservação, as mesmas apresentam-se divididas em duas grandes categorias: Uso Sustentável e Proteção Integral. Definido assim o tipo de uso:

Uso indireto, proteção integral - onde aproveitamento direto dos recursos naturais não é permitido, pois o propósito é a preservação da diversidade biológica.

São elas: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre.

Uso direto, uso sustentável - onde o aproveitamento direto dos recursos naturais é possível, desde que feito de maneira sustentável. São elas: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista; Reserva da Fauna; Reserva do Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

A lei estabelece ainda o objetivo das unidades que são:

✓ Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei.

✓ Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

As características de cada unidade foram bem definidas pelo WWF Brasil como pode ser observado nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1- Categorias de Unidades de Proteção Integral no Brasil.

<b>UNIDADES DE PROTEÇÃO INTEGRAL</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Uso</b>
Estações Ecológicas	Preservar e pesquisar.	Pesquisas científicas, visitação pública com objetivos educacionais.
Reservas Biológicas (REBIO)	Preservar a biota (seres vivos) e demais atributos naturais, sem interferência humana direta ou modificações ambientais.	Pesquisas científicas, visitação pública com objetivos educacionais.
Parque Nacional (PARNA)	Preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica.	Pesquisas científicas, desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e turismo ecológico.
Monumentos Naturais	Preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.	Visitação pública.
Refúgios de Vida Silvestre	Proteger ambientes naturais e assegurar a existência ou reprodução da flora ou fauna.	Pesquisa científica e visitação pública.

Fonte: WWF Brasil, 2017.

Quadro 2- Categorias de Unidades de Uso Sustentável no Brasil.

<b>UNIDADES DE USO SUSTENTÁVEL</b>			
<b>Categoria</b>	<b>Característica</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Uso</b>
Área de Proteção Ambiental (APA)	Área extensa, pública ou privada, com atributos importantes para a qualidade de vida das populações humanas locais.	Proteger a biodiversidade, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.	São estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma APA.
Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)	Área de pequena extensão, pública ou privada, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias.	Manter os ecossistemas naturais e regulares o uso admissível dessas áreas.	Respeitados os limites constitucionais, podem ser estabelecidas normas e restrições para utilização de uma propriedade privada localizada em uma ARIE.
Floresta Nacional (FLONA)	Área de posse e domínio público com cobertura vegetal de espécies predominantemente nativas.	Uso múltiplo sustentável dos recursos florestais para a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.	Visitação, pesquisa científica e manutenção de populações tradicionais.
Reserva Extrativista (RESEX)	Área de domínio público com uso concedido às populações extrativistas tradicionais.	Proteger os meios de vida e a cultura das populações, extrativistas tradicionais, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais.	Extrativismo vegetal, agricultura de subsistência e criação de animais de pequeno porte. Visitação pode ser permitida.
Reserva de Fauna (REFAU)	Área natural de posse e domínio público, com populações animais adequados para estudos sobre o manejo econômico sustentável.	Preservar populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias.	Pesquisa científica.
Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)	Área natural, de domínio público, que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais.	Preservar a natureza e assegurar as condições necessárias para a reprodução e melhoria dos modos e da qualidade de vida das populações tradicionais.	Exploração sustentável de componentes do ecossistema. Visitação e pesquisas científicas podem ser permitidas.
Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Área privada, gravada com perpetuidade.	Conservar a diversidade biológica.	Pesquisa científica, atividades de educação ambiental e turismo.

Fonte: WWF Brasil, 2017.



### 2.1.1 Unidades de Conservação no Ceará

A Lei Nº 14950 de 27/06/2011 institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação do Ceará - SEUC, e dá outras providências.

Em seu art.1º a lei estabelece que as UC do Ceará sejam constituídas pelo conjunto de Unidades de Conservação estaduais e municipais de acordo com o disposto nesta Lei e na Lei nº9. 985, de 18 de junho de 2000. Em seu Art.3º a lei informa que o SEUC será gerido pelos seguintes órgãos, com as respectivas atribuições:

I - Órgão Consultivo e Deliberativo: o Conselho Estadual do Meio Ambiente - COEMA, com as atribuições de acompanhar a implantação do Sistema;

II - Órgão Central: O Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente - CONPAM, conforme estabelecido no art.2º, inciso VII, do Decreto nº 28.642, de 8 de fevereiro de 2007, com as atribuições de coordenar e avaliar a implantação do SEUC, propor a criação de UC estaduais, e inserir no SEUC as UC compatíveis com esta Lei;

III - Órgão Executor: A Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE, com as funções de subsidiar o CONPAM, e responsabilizar-se pela administração e fiscalização das Unidades de Conservação Estadual;

IV - Outros órgãos ou entidades estaduais e municipais responsáveis pela administração de UC que, de acordo com a legislação, vierem a integrar o SEUC.

Assim como as unidades de conservação Federais as UC Estaduais serão reunidas em 2 (dois) grupos, com características distintas:

I - Unidades de Proteção Integral:

II - Unidades de Uso Sustentável

Segundo a SEMACE (2018) No Ceará, o CONPAM órgão aos qual a SEMACE é vinculada, é responsável por administrar 22 Unidades de Conservação estaduais e um Corredor Ecológico. São estas:

Proteção Integral: Estação Ecológica do Pecém; Monumento Natural das Falésias de Beberibe; Monumento Natural os Monólitos de Quixadá; Parque Botânico do Ceará; Parque Ecológico do Rio Cocó; Parque Estadual das Carnaúbas; Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio; Parque Estadual Sítio Fundão.

Uso Sustentável: APA da Bica do Ipú; APA das Dunas da Logoinha; APA das Dunas do Paracuru, APA da Logoa de Jijoca; APA da Logoa do Uruaú; APA da Serra de Aratanha; APA da Serra do Baturité; APA do Estuário do rio Ceará; APA do Estuário do rio Curu; APA do Estuário do rio Mundaú, APA do Lagamar do Cauípe; APA do Pecém; APA do Rio Pacoti; APA do sítio Curió.

Corredor ecológico – Corredor Ecológico do Rio Pacoti, que interliga o fim da APA do Rio Pacoti com o início da APA da Serra de Baturité.

A SEMACE (2018) afirma ainda que as Unidades de Conservação Estaduais do Ceará administradas pela Universidade Regional do Cariri (URCA), segundo o Decreto Estadual nº 28.506 de 01 de dezembro de 2006 (DOE 14/12/2006), são: Monumento Natural Ponta Da Santa Cruz; Monumento Natural Sítio Cana Brava; Monumento Natural Riacho Do Meio; Monumento Natural Cachoeira Do Rio Batateira.

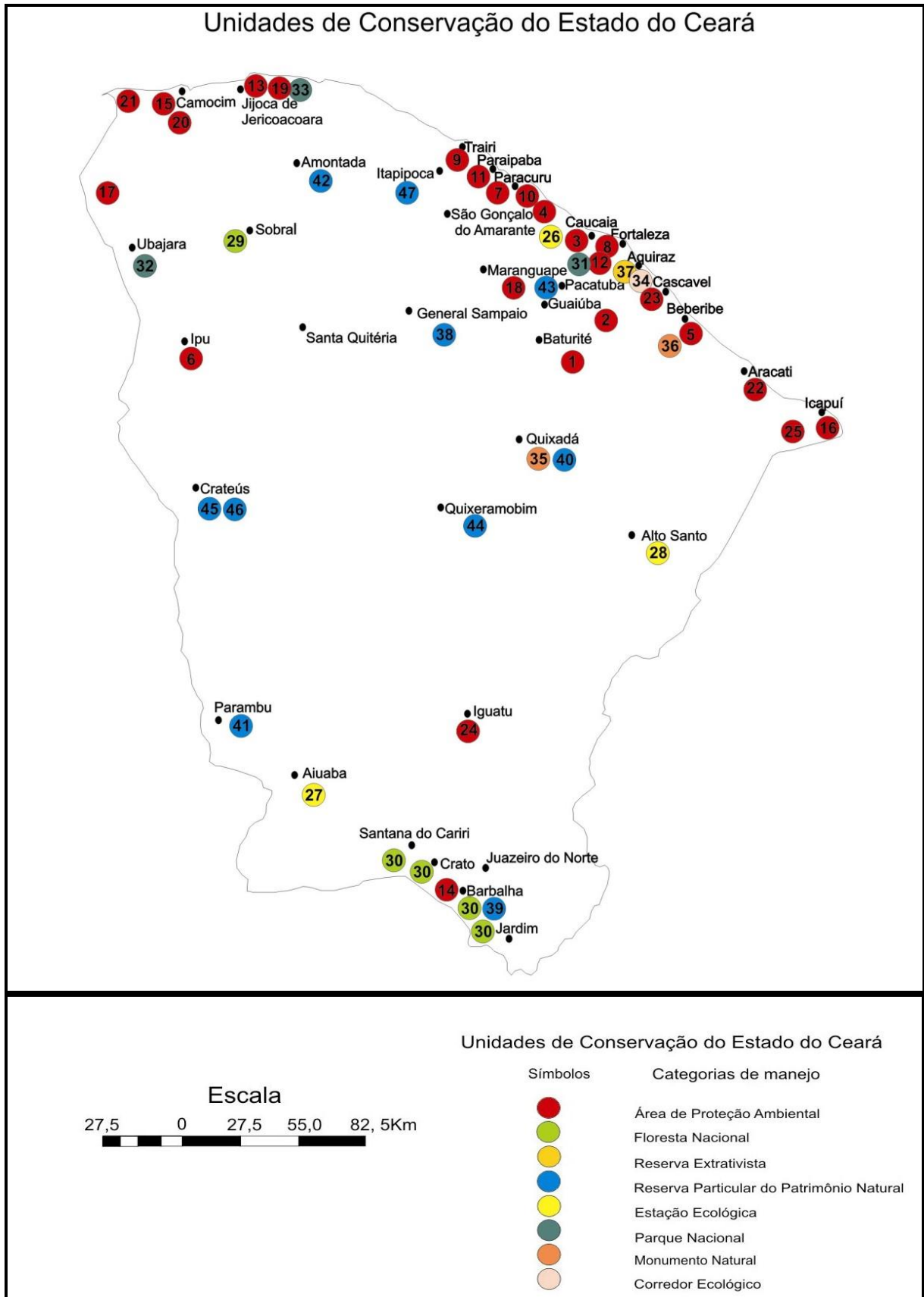
✓ As UC municipais são criadas e administradas pelo Poder Público Municipal, de forma a atender a peculiaridades regionais ou locais. No estado do Ceará, há 13 unidades municipais protegidas por lei, sendo que 8 pertencem à categoria APA, do grupo de Unidade de Conservação de Uso Sustentável, e 5 representam áreas ambientais que não pertencem às categorias previstas no SNUC (4 Parques Ecológicos e 1 Jardim Botânico).

✓ Ceará conta também com UC Federais no seu território, administradas pelo órgão Federal Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio). O ICMBio é uma autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e integra o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama).

Unidades de conservação Federais no Ceará são: Estação Ecológica da Aiuaba; Estação Ecológica do Castanhão; Parque Nacional de Jericoacoara; Parque Nacional de Ubajara; APA da Chapada do Araripe; APA do Delta do Parnaíba; APA da serra da Meruoca; Floresta Nacional de Sobral; Floresta Nacional do Araripe-Apodi; Reserva Extrativista do Batoque; Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde.

As unidades de conservação do Estado do Ceará podem ser observadas na Figura 1. Esse trabalho irá detalhar o Parque Nacional de Jericoacoara por ser a unidade de pesquisa da tese.

Figura 1 - Mapa de Unidades de Conservação do Ceará.



Fonte: Vidal (2006).

### **2.1.2 Parque Nacional de Jericoacoara**

O Parque Nacional (Parna) de Jericoacoara, no estado do Ceará, foi criado em fevereiro de 2002, com área de 8.416 hectares, a partir da recategorização parcial da Área de Proteção Ambiental criada em 1984, e da redefinição de seus limites em junho de 2007 (ICMBio, 2011).

Segundo o ICMBio (2011), foram ajustados os limites referentes à localização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Vila de Jericoacoara e os limites sul e oeste do parque, ampliando a área para 8.850 hectares, incluindo também uma faixa marítima com um quilômetro de largura, paralela à linha costeira.

A gestão direta do PARNA de Jericoacoara é feita de forma participativa por meio de seu conselho consultivo (CONPARNA), instituído através da Portaria IBAMA Nº 159 de 2002. De uma forma geral, o CONPARNA consiste em órgão integrante da estrutura do PARNA de Jericoacoara, composto por representações da sociedade civil, população residente e instituições governamentais e que tem por finalidade contribuir no planejamento geral de suas ações (ICMBio, 2011).

De acordo com o Artigo 11 do SNUC (Lei Nº 9.985/00) o objetivo básico do PARNA de Jericoacoara é “a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico”.

Os Parques Nacionais são de posse e domínio públicos, assim, as áreas particulares incluídas dentro de seus limites serão desapropriadas.

Segundo o ICMBio (2009), O PARNA de Jericoacoara é composto por terras públicas, pertencentes aos Governos Estadual e Federal, todavia há a presença de posseiros no interior da UC. A Visitação pública é permitida, desde que atenda às normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo, às normas previstas pelo ICMBio e àquelas previstas em regulamento.

No que diz respeito aos Parques Nacionais cadastrados no SNUC, o PARNA de Jericoacoara representa uma pequena fração da área total protegida por esta categoria de manejo (aproximadamente 0,036%). Já em relação às UC federais, o parque ocupa apenas 0,011% da área protegida. Todavia, a contribuição do PARNA de Jericoacoara aumenta quando a comparação é feita em relação ao

conjunto de áreas protegidas relacionadas aos seus biomas de inserção, representando 2,36% do Bioma Costeiro (ICMBio,2011).

Ainda de acordo com o relatório do órgão, O PARNA de Jericoacoara está inserido no domínio do Bioma Mata Atlântica (Decreto Nº 750 de 10 de fevereiro de 1993, Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006), mais especificamente no Ecossistema Costeiro-Marinho abrigando em seu interior ambientes de grande relevância: como restingas, manguezais e dunas. A área do PARNA de Jericoacoara representa 0,26% da área protegida pelas UC federais do Ceará, todavia, essa contribuição aumenta em relação à categoria de manejo dos parques (incluindo os parques botânicos e ecológicos), sendo que o Parque Nacional de Jericoacoara corresponde a aproximadamente 26% da área protegida por essas unidades de conservação no Estado.

O PARNA de Jericoacoara tem como vizinhas diretas as APA da Lagoa da Jijoca e de Tatajuba, sendo a primeira Estadual e a segunda Municipal. Um pouco mais distante está o Parque Ecológico de Acaraú, UC de jurisdição Municipal. Essas Unidades de Conservação protegem ecossistemas costeiros semelhantes aos do PARNA de Jericoacoara, entretanto, em termos de área o Parque Nacional tem mais que o dobro da área da APA de Tatajuba, segunda maior das UC supracitadas. (ICMBio,2011)

A crescente ocupação vem ocasionando impactos diretos e indiretos ao Parque, com uma demanda cada vez maior de utilização dos recursos naturais.

Fonteles (2000) *apud* Meireles *et al.*, (2011, p. 86) afirmam que:

De uma comunidade de pescadores registrando perda da população no interstício de 1980 a 1989 (de população que oscila de 731 habitantes em 1980, 580 habitantes em 1984, a 650 em 1989), tem-se, com o incremento da atividade turística no final dos anos 1990, aumento significativo da população, com curva ascendente, atingindo 950 habitantes em 1998, 1.500 em 2000 e 2.200 em 2003. Tal dado é reforçado ao se considerar população flutuante na alta estação (meses de dezembro a fevereiro; fim de junho a início de setembro; outubro e novembro, meses dos turistas europeus), cujo contingente envolve 1.300 turistas no ano de 1998.

Meireles, Dantas e Silva (2011, p.86), afirmam que:

A criação da APA e do Parque Nacional de Jericoacoara impõem reflexões quanto ao uso do espaço nos termos da lógica ambientalista, consoante com as normas previstas para as áreas em foco. Tal lógica, pautada na racionalidade do desenvolvimento sustentável, conduz a dois níveis de reflexão concernente ao limite natural de suporte da área em foco: o primeiro, na escala da vila, pautado na constatação da ampliação do volume

de investimentos de carácter turístico e da necessidade de ampliação de infraestrutura capaz de lhe dar sustentação; o segundo, na escala do parque, no tocante ao aumento gradativo do fluxo de veículos transportando turistas nacionais e internacionais, trabalhadores advindos das comunidades vizinhas, mercadorias para atender tanto à demanda da população autóctone como dos negócios, material de construção civil etc.

Atualmente há atividades potencialmente impactantes em desenvolvimento na região do PARNA de Jericoacoara, a construção do Aeroporto Internacional de Jericoacoara e a instalação de usinas eólicas.

Em funcionamento o aeroporto possui uma pista de pousos e decolagens com aproximadamente 2.300m de comprimento por 45m de largura, o suficiente para atender aeronaves de grande porte. O mesmo foi instalado no município de Cruz, além da Zona de Amortecimento do PN de Jericoacoara. Atua com transporte de passageiros, e com comércio exterior, uma vez que a região é exportadora de flores e frutos.

A presença do aeroporto pode causar pelo menos dois impactos na UC e suas imediações: a poluição sonora e atmosférica. Ele também ampliará o turismo na região que apesar dos aspectos positivos na economia implica em possíveis impactos ambientais.

A companhia aérea azul realiza voos de Recife para Jericoacoara, com quatro frequências semanais com saídas de Recife. Os voos são com o jato Embraer 195, de 118 assentos.

Atualmente, na região do PARNA de Jericoacoara existem três usinas eólicas em operação nos Municípios de Camocim e Acaraú e outras três outorgadas, mas ainda em análise, nos Municípios de Jijoca de Jericoacoara e Acaraú. Dentre os impactos, os mais importantes são o sonoro e o visual, todavia, os impactos causados pela geração de energia eólica são diluídos pelos seus benefícios, na medida em que produzem empregos diretos e indiretos, não emitem gases poluentes e produz energia a partir de uma fonte renovável-ar (ICMbio, 2011).

## **2.2 Águas Subterrâneas**

Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos de tempo extremamente variáveis, decorrentes de muitos fatores: porosidade do subsolo, cobertura vegetal, inclinação do terreno e tipo de chuva. Durante a infiltração, uma parcela da água sob a ação da força de adesão ou de capilaridade fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, constituindo a zona não saturada. Outra parcela, sob a ação da gravidade, atinge as zonas mais profundas do subsolo, constituindo a zona saturada.

As reservas subterrâneas geralmente são formadas e realimentadas pelas águas de chuvas, neblinas, neves e geadas, que fluem lentamente pelos poros das rochas. Normalmente esses reservatórios possuem água de boa qualidade para o uso humano (água potável), devido ao processo de filtragem pelas rochas e por reações biológicas e químicas naturais (FOSTER, 2003).

Para uma avaliação eficiente das águas subterrâneas devem-se abordar aspectos relacionados com:

- ✓ Qualidade;
- ✓ Riscos a contaminação; e
- ✓ Estratégias de proteção.

### **2.2.1 Qualidade de água subterrânea**

A qualidade da água subterrânea é uma consequência do estado natural, físico e químico, bem como, de qualquer alteração que possa ter ocorrido devido à ação humana sobre a mesma. A utilização da água para uma determinada atividade é determinada pela sua qualidade.

As principais formas de uso das águas subterrâneas são destinadas: ao consumo humano: as características que definem o modelo de água destinada ao abastecimento humano, denominadas padrões de potabilidade, compreendem critérios essenciais (proteção contra a contaminação por microorganismo patogênico e contra a poluição por substâncias tóxicas ou venenosas) e critérios complementares (cor, sabor, odor, turbidez, dureza, corrosividade, etc.).

A água potável é definida como aquela que pode ser consumida pelo homem sem ocasionar danos à saúde (SANTOS, 2000 *apud* GOMES, 2006).

O padrão de potabilidade para o consumo humano varia de região para região, entretanto, existe uma tendência para usar as normas adotadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS):

✓ Indústria: A utilização da água subterrânea na indústria pode ser de três maneiras: como matéria prima, para refrigeração e lavagem. Tendo cada uma suas próprias especificações e critérios. Os parâmetros (dureza, alcalinidade, STD, NO<sub>3</sub>, Ca, Fe, Mn, Cl, So<sub>4</sub> e pH) variam de acordo com o tipo de indústria, sendo o ataque químico (corrosão/incrustação) o que mais prejudica as indústrias. (VERISSIMO, 1999); e,

✓ Agricultura: na avaliação sobre as possibilidades da utilização de águas subterrâneas para irrigação, além da qualidade química das águas, outros fatores devem ser levados em consideração como: textura e estrutura do solo; tipo de manejo; método de irrigação empregado e tipos de culturas. De um modo geral, qualquer água que seja potável ao consumo humano pode ser aplicada na irrigação, porém, nem todas as não potáveis são impróprias para este uso. No que se refere à qualidade das águas para a irrigação, a classificação mais utilizada é aquela proposta pelo U.S. Salinity Laboratory, que relaciona a concentração de sais solúveis, como indicadora do perigo de salinização do solo, e a razão de adsorção de sódio.

### **2.2.2 Risco de contaminação de água subterrânea**

A preocupação sobre a contaminação da água subterrânea se refere principalmente aos aquíferos não confinados, especialmente onde sua zona não saturada é estreita e o nível freático é pouco profundo, mas um perigo de contaminação significativo pode estar presente também nos aquíferos semiconfinados, se as capas aquíferas confinantes são relativamente estreitas e permeáveis (FOSTER, 2002).

O conhecimento das características naturais do meio aquífero complementa o mapeamento da vulnerabilidade à contaminação. As etapas de identificação e a localização de atividades produtoras de cargas potencialmente contaminadoras, decorrentes da ação antropogênica, em áreas sobrejacentes ao



aquífero, também auxiliam os estudos sobre a questão das águas subterrâneas e a determinação o seu risco de contaminação (MARION, 2011).

Hirata (1994) ressalta também que o notável poder de depuração dos aquíferos, em relação a muitos contaminantes, e o grande volume de água que armazenam, faz com que as contaminações extensas se manifestem muito lentamente e as contaminações localizadas somente apareçam depois de algum tempo e, mesmo assim, quando deslocadas para captações em exploração.

O perigo resultante em uma ameaça para uma determinada fonte de abastecimento depende fundamentalmente da mobilidade e dispersão dos contaminantes envolvidos e no regime local de fluxo de água subterrânea.

De acordo com a área (urbanas, agrícolas, industriais ou de mineração) e o tipo de atividade desenvolvida, a área estará sujeita a um tipo de contaminante ou grupo de contaminantes (QUADRO 3) sendo que as fontes mais poluentes das águas subterrâneas em ordem de grandeza são: tanques subterrâneos, fossas sépticas, atividades agrícolas e aterros sanitários. (CAICEDO *apud* HIRATA, 1994).

Quadro 3 - Atividades potencialmente poluentes das águas subterrâneas, tipos e principais contaminantes segundo Foster e Hirata, (1993).

Atividade	Tipo	Principal Contaminante
Urbana	Saneamento <i>in situ</i>	nf o
	Vazamento de esgotos	o f n
	Lagoas de oxidação	o f n
	Descarga de águas servidas em rios	ns o f
	Lixiviação de lixões/ aterros sanitários	nf o
	Tanques de combustível	o s m
	Drenagem de estradas	o s o
Industrial	Fugas tanques/ tubulações	o m
	Derramamento de produtos químicos	o m
	Lagoas de efluentes	o m s
	Lixiviado de resíduos sólidos	o m s
	Drenos de pátios	o m s
	Material em suspensão/ gases	so
Agrícola	Área de cultivo:	
	Com produtos agro químicos	n o
	Com irrigação	n o s
	Com esterco, lodo, resíduos	n o s
	Com irrigação de águas residuais	n o s f
	Beneficiamento/ criação de animais;	-
	Lagoas de efluentes	fo n
Lançamento em superfície	ns o f	
Canais e rios receptores de efluentes	o n f	
Extração Mineral	Desmorte hidráulico	sm
	Descarga de água de drenagem	ms
	Lagoas de decantação	ms
	Lixiviação de resíduos sólidos	ms

Fonte: Foster e Hirata, (1993).

n: Nutrientes

o: Compostos orgânicos sintéticos e/ou carga orgânica

f: Patogênicos fecais

s: Salinidade

m: metais

### 2.2.2.1 Carga ou plumas contaminantes

Hirata (1994) ao tratar das plumas contaminantes define as substâncias reativas e conservativas:

Os fenômenos de retardação e degradação de contaminantes em subsuperfície definem, de forma bastante simplificada, as substâncias reativas e as conservativas. As conservativas são aquelas que não sofrem reações em subsuperfície e o centro de massa de sua pluma contaminante se locomove à velocidade próxima do fluxo de águas subterrâneas já as reativas que são aquelas que durante sua movimentação em subsuperfície são passíveis de sofrerem reações químicas que causam a transferência de matéria entre fases líquidas, sólidas e gasosas, conversões de espécies dissolvidas em precipitadas e vice-versa ou ainda a transformação de um elemento de uma substância para outra. Assim a pluma pode ter o seu movimento retardado, em relação à velocidade da água subterrânea, ou mesmo sofrer uma redução na massa, devido à degradação (HIRATA, 1994, p. 62).

O conceito de carga contaminante potencial quer se referir à atividade do homem que pode vir a gerar um evento importante e alterar, acima dos padrões de potabilidade definidos por lei, a qualidade das águas subterrâneas. É, portanto, um conceito associado a risco e não indica que a atividade esteja, neste momento, causando danos a um aquífero específico (HIRATA, 1994).

Quanto à distribuição espacial, a poluição (e a contaminação que pode originar) pode ter:

✓ Fontes Pontuais

É aquela originada das atividades concentradas numa pequena superfície e de fácil identificação; como atividades industriais, de mineração, tanques e armazenamentos, pontos de disposição de resíduos, lagoas de estabilização, cemitérios, etc.

✓ Fontes Difusas:

São as que contaminam áreas extensas. Normalmente são devidas a poluentes transportados por correntes aéreas, chuva e pela atividade agrícola. Basicamente, o tipo de poluição da qual não é possível, ou muito difícil, identificar a fonte. A poluição proveniente das fontes difusas pode ser dividida basicamente em

duas categorias: Rural e Urbana. Ela se caracteriza por ser de baixa concentração e de atingir grandes áreas.

✓ Fontes Lineares:

São as provocadas pela infiltração de águas superficiais de rios e canais contaminados. A possibilidade de esta poluição ocorrer dependerá do sentido de fluxo hidráulico existente entre o curso d'água e o aquífero subjacente. É necessário enfatizar que, ao longo de um mesmo curso, há lugares onde o fluxo se dá do aquífero para o talvegue e outros onde se passa o inverso, isto é, as águas do rio se infiltram em direção ao aquífero. A existência de poços profundos em funcionamento nas proximidades do curso d'água poderá forçar a infiltração de água contaminada no aquífero invertendo o seu fluxo ou aumentando sua velocidade.

O estudo macroscópico de um meio poroso é extraordinariamente complexo dado à forma complicada dos poros e pequenos canais por onde deve circular o fluido. Desse modo, podem-se estabelecer leis de caráter macroscópico que tratam o meio como contínuo com propriedades médias bem definidas; estas leis se baseiam na consideração de três parâmetros fundamentais: permeabilidade, porosidade e coeficiente de armazenamento (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1976).

Henry Darcy, engenheiro francês, investigou o fluxo de água através de camadas de areia, publicando o resultado de suas pesquisas em 1856. Mostrou que o escoamento da água através de uma coluna de areia saturada é proporcional à diferença de pressão hidráulica nos extremos da coluna e inversamente proporcional ao comprimento da coluna. Isso é conhecido como Lei de Darcy, ainda hoje utilizada como princípio básico do fluxo da água subterrânea, expressa matematicamente pela fórmula:

$$v = p \frac{\Delta h}{d} \quad (1)$$

Onde  $v$  é a velocidade de escoamento;  $\Delta h$  é a diferença das pressões hidráulicas,  $d$  é a distância entre os pontos onde a diferença de pressão foi medida e  $p$  é uma constante que depende das características do material poroso atravessado pela água (ROCHA e CRUZ, 2001)

Os contaminantes se movimentam, tanto na zona não-saturada como na zona saturada através dos mecanismos de dispersão e advecção.

A dispersão hidrodinâmica pode ser decomposta em longitudinal, quando acompanha as linhas de fluxo, e lateral, quando perpendicular ao mesmo. Para Hirata (1994) a dispersão desempenha um importante papel na atenuação de contaminantes, sobretudo os conservativos e móveis. Outro fator que propicia uma diluição da pluma contaminante é o próprio bombeamento de poços de exploração.

O processo de difusão molecular não pode ser separado da dispersão mecânica no fluxo de líquidos em meios porosos. Esses dois processos são combinados para definir um parâmetro chamado coeficiente de dispersão hidrodinâmica,  $D$ , o qual é representado a seguir (ELBACHÁ, 1989):

$$D_L = \alpha_L V_X + D^* \quad (2)$$

$$D_T = \alpha_T V_X + D^* \quad (3)$$

Onde  $D_L$  é o coeficiente de dispersão hidrodinâmica longitudinal [ $L^2 / T$ ] e  $D_T$  é o coeficiente de dispersão hidrodinâmica transversal [ $L^2 / T$ ].

Já o mecanismo de Advecção é ocasionado pelo fluxo de água, uma vez que com o deslocamento da água os contaminantes (solutos) presentes na mesma se movem na direção das linhas de fluxo com uma velocidade que, em princípio, é igual à velocidade média linear da água e sem alterar sua concentração na solução. A Equação 2.4 é uma equação diferencial representativa do transporte por advecção na direção  $x$  (NOBRE, 1987).

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -V_X \frac{\partial C}{\partial x} \quad (4)$$

Onde,  $C$  é a concentração de soluto [ $M/L^3$ ] e  $V_X$  é a velocidade linear média ou velocidade de percolação intersticial [ $L/T$ ]. A velocidade média do fluxo pode ser calculada pela Equação 2.5 (ELBACHÁ, 1989).

$$V_X = \frac{k}{\varepsilon} \frac{dh}{dx} \quad (5)$$

### 2.2.3. Estratégias de proteção

Segundo Hirata (1994) reconhecem-se três situações distintas, segundo o histórico de ocupação do terreno, São elas: fontes potenciais existentes, fontes herdadas e fontes futuras.

As Fontes Potenciais existentes são áreas onde as atividades já estão instaladas, (QUADRO 4), quando a contaminação já é fato, as avaliações devem ser desenvolvidas no sentido de se estabelecer quais os perigos que uma população específica está sofrendo, devido à ingestão e/ou contato com águas contaminadas, devendo identificar as fontes de poluição, estabelecer critérios de controle, as possíveis restrições e realizar outras instalações. Neste caso, o conceito de avaliação de risco (e não risco potencial).

Quadro 4 - Alternativas de instalações para fontes pontuais de contaminação das águas subterrâneas segundo Foster (1992).

Fontes de poluição	Crítérios de Controle	Possíveis Restrições	Instalações alternativas
Saneamento in situ (latrina, fossas sépticas e negras).	- Vulnerabilidade E uso do aquífero; - Densidade populacional; - Efluentes não industriais.	- Usar fossas sépticas; - Usar desenho melhorado de fossas.	- Rede de esgoto; - Fossas sépticas em descarga de subsolo.
Tanques e tubos enterrados.	Vulnerabilidade e uso do aquífero.	- Revestimento de parede dupla; detecção de fuga; - Retenção de fuga.	Instalar na superfície; Nenhuma.
Deposição de resíduos sólidos domésticos e industriais	-Vulnerabilidade uso do aquífero; -Vulnerabilidade uso do aquífero, tipo de substância enterrada.	-Impermeabilização da base e superfície; -Coleta, reciclagem ou tratamento lixiviado; -Monitoração.	- Disposição remota; - Disposição remota.
- Lagoas de efluentes -Agrícola  - Urbano industrial  - Industrial	- Vulnerabilidade de aquífero/ uso do aquífero - Vulnerabilidade de aquífero/ uso do aquífero - Vulnerabilidade de aquífero/ uso do aquífero, tipo de substância manejada.	- Impermeabilização da base; - Impermeabilização da base, monitoração defensiva; - Impermeabilização da base, monitoração defensiva.	- Nenhuma;  - Planta de tratamento disposição remota;  - Planta de tratamento disposição remota.
Cemitério	- Vulnerabilidade e uso do aquífero.	- Impermeabilização; - Drenagem superficial.	Crematórios.
Poço de injeção	- Vulnerabilidade e uso do aquífero.		- Tratamento; - Disposição remota.
Botafora de mineração e efluentes	- Condições hidrogeológicas	- Controles operacionais; - Monitoração ofensivo.	Tratamento com correção de PH.

Fonte: Foster, (1992)

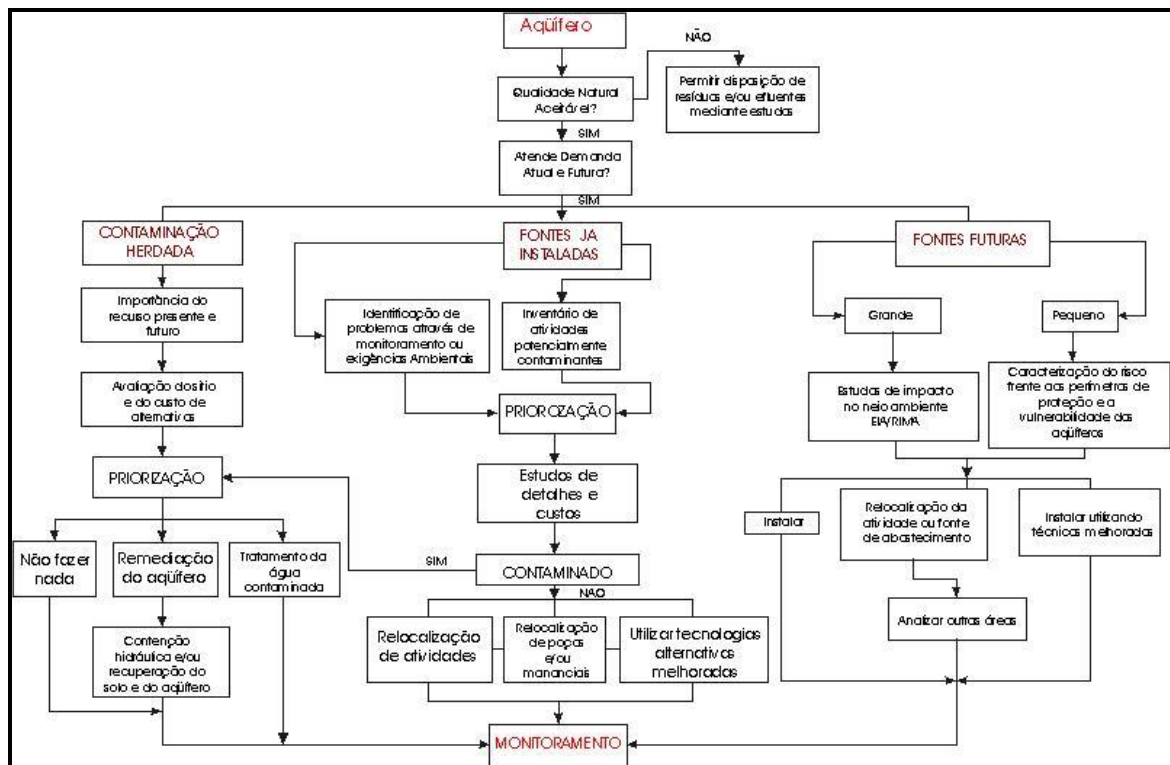
As Fontes Herdadas são áreas onde já se conhece a contaminação do aquífero são atividades que provocaram a contaminação das águas subterrâneas, cujos responsáveis não podem mais serem responsabilizados. Um dos grandes

problemas envolvidos é o custeio dos estudos e, caso seja necessário, da remediação do aquífero. Em muitas situações é o poder público o responsável pelo seu financiamento.

As Fontes futuras: Os EIAs/RIMAs (Estudo de Impacto Ambiental e Relatórios de Impacto do Meio Ambiente) são instrumentos usados para garantir a proteção dos recursos hídricos diante de uma atividade de grande impacto ambiental. Um estudo de EIA/RIMA exige certo grau de detalhamento que envolve quase sempre a perfuração de poços para a caracterização da geologia e hidrogeologia, incluindo modelo de circulação das águas subterrâneas. Podendo ser realizado em escalas diferenciadas dependendo do que se quer avaliar.

Dependendo do tipo de contaminação (fontes potenciais existentes, fontes herdadas ou fontes futuras) as estratégias de proteção dos recursos hídricos subterrâneos serão diferenciadas ante os problemas de contaminação, contudo em todas estarão presentes etapas de monitoramento. (FIGURA 2).

Figura 2 - Estratégia de proteção do recurso hídrico subterrâneo ante problemas de contaminação por fontes antrópicas de acordo com Hirata e Rebouças, (1999).



Fonte: Hirata e Rebouças, (1999).

### 2.2.3.1 Estratégias de proteção - Análise da Vulnerabilidade

O significado de vulnerabilidade (do latim *vulnerabilis*) relaciona-se ao ponto mais fraco ou mais vulnerável de um sistema aos processos de degradação (SÉGUIER, 1935). O processo de vulnerabilidade está associado, pois, à maior ou menor fragilidade do ambiente a mudanças globais.

Para Lopes (2013) de um modo geral, a vulnerabilidade é frequentemente relacionada a riscos ambientais, a um potencial de perda. Como as perdas variam geograficamente, ao longo do tempo, e entre diferentes grupos sociais, a vulnerabilidade também varia ao longo do tempo e do espaço.

O conceito de vulnerabilidade recebe diversas classificações, muitas vezes confundidas ou conceituadas de forma errônea como resistência, marginalidade, susceptibilidade, adaptabilidade, fragilidade e risco, definições essas que necessitam ser encaixadas conforme a sua utilização e merecem uma adequação ao objeto que se deseja conceituar (LIVERMAN, 1990).

Para Deschamps (2004) o estado de vulnerabilidade é bastante discutido na atualidade por um vasto número de pesquisadores e organizações, os quais o definem como a probabilidade de pessoas, lugares, infraestruturas ou ecossistemas serem afetados negativamente por um evento natural/ambiental ou contaminados por um elemento da natureza.

Ao integrar as dimensões sociais e ambientais na identificação e análise da vulnerabilidade, é pertinente a adoção da terminologia vulnerabilidade socioambiental. Essa premissa se justifica porque a vulnerabilidade aos riscos ambientais depende de fatores sociais, econômicos, tecnológicos, culturais, ambientais e da relação destes com o ambiente físico-natural, envolvendo, portanto, a dinâmica social e a dinâmica ambiental, esta última, inclusive, quando em estado de degradação (LOPES, 2013).

A análise da vulnerabilidade social pode ser entendida como o estudo da suscetibilidade, por parte do ser humano, a um perigo ou dano (BRAGA *et al.*, 2006). Assim, a vulnerabilidade envolve um conjunto de fatores que pode diminuir ou aumentar os riscos ao qual o ser humano, individualmente ou em grupo, está exposto em diversas circunstâncias de sua vida: uma enchente, um deslizamento, a perda de um emprego, uma despesa não esperada, uma doença, a marginalização social, uma recessão econômica.

Já a vulnerabilidade a nível ambiental pode ser compreendida como o risco a degradação do meio ambiente, cujo os fatores como erosão do solo, perda da biodiversidade, assoreamento e contaminação dos recursos hídricos e solos devem serem levados em consideração para um estudo mais apurado do espaço socioambiental do qual se deseja pesquisar. A vulnerabilidade ambiental pode ser entendida, ainda, como o grau de exposição de determinado ambiente a diferentes indicadores e fatores que podem trazer efeitos desfavoráveis, tais como impactos e riscos, decorrentes ou não de atividades econômicas (SANTOS e SOUZA, 2005).

Segundo Lopes (2013), a partir dos anos 90, os estudos sobre o tema vulnerabilidade têm grande repercussão no meio científico. Pesquisadores como Lima *et al.* (2000), Tran *et al.* (2002), Villa e Mcleod (2002), Zielinski *et al.* (2002), Schoter *et al.* (2004), Tixier *et al.* (2005), Li *et al.* (2006), e Metzger *et al.* (2006), utilizam diferentes tipos de indicadores na caracterização de vulnerabilidade de um determinado sistema ambiental, seja ele bacia hidrográfica, paisagem, aquífero ou outro.

Entende-se por vulnerabilidade natural de um sistema aquífero, como a probabilidade ou risco a ser contaminado. Também se entende como a capacidade de atenuação que o sistema solo/zona vadosa possui, quanto aos processos físico-químicos e biológicos, capazes de reter, eliminar e filtrar cargas contaminantes. Porém, não se deve pensar que a vulnerabilidade do sistema é atribuída única e exclusiva às características intrínsecas hidrogeológicas do subsolo. Para tanto, vulnerabilidade, “é a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero”, diferentemente de risco de poluição, “causado não apenas pelas características intrínsecas do aquífero, mas também pela existência de atividades poluidoras” (ROCHA, 2003).

Segundo Hirata, (1994) o conceito de vulnerabilidade de aquíferos foi inicialmente utilizado por Le Grand (1964), nos EUA, e Albinet e Margat (1970), na França, e mais amplamente nos anos 1980 por vários outros autores (ALLER *et al.* 1985; BACHMAT e COLLIN, 1987; FOSTER, 1987; FOSTER e HIRATA, 1988).

Desde então, esse conceito tem sido usado para expressar:

✓ Características intrínsecas que determinam à sensibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante antrópica imposta;



✓ Classificação dos aquíferos baseada na importância do recurso hídrico que é, ou será, utilizado no presente e no futuro incluindo a possibilidade de ser substituído por outro recurso; e,

✓ Classificação baseada na importância do aquífero em manter áreas ecológicas importantes.

A expressão começou a ter significado diferente para alguns autores. Foster (1987), ao definir vulnerabilidade a contaminação do aquífero considera como aquelas características intrínsecas dos estratos que separam a zona saturada do aquífero da superfície do terreno, o qual determina sua suscetibilidade de ser adversamente afetada por uma carga contaminante aplicada a superfície. O autor define contaminação como um processo dinâmico e interativo.

Assim, a vulnerabilidade a contaminação do aquífero para o mesmo seria função de:

✓ A acessibilidade da zona saturada do aquífero a penetração de contaminantes, em um sentido hidráulico; e,

✓ A capacidade de atenuação dos estratos subjacentes à zona saturada resultante da retenção ou reação físico-química dos contaminantes.

Segundo Hirata (1994) o conceito de vulnerabilidade de aquíferos aplicado à contaminação antrópica é seguramente uma das formas mais adequadas de se encarar a preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos. Adequar à atividade humana em função da capacidade de suporte do meio, ou seja, quanto ele pode atenuar cargas contaminantes, é fazer uma parceria com as características naturais do terreno para uma ocupação ambientalmente responsável.

Ela pode ser intrínseca, dependente das características hidrogeológicas da área e específica quando se ponderam fatores externos como clima e o contaminante em si.

Adicionalmente, Andersen e Gork (1989) *apud* FOSTER (2002) entendem que esta definição de vulnerabilidade das águas subterrâneas deve levar em consideração o grau de dificuldade que uma descontaminação do aquífero exige. Desta forma, aquíferos muito vulneráveis são aqueles onde há maior dificuldade em descontaminá-los.

Embora, a vulnerabilidade de aquíferos seja um conceito de fácil entendimento, o mesmo não ocorre com a sua aplicação prática, necessitando de dados e informações para a sua caracterização, o Quadro 5 mostra uma lista de

informações necessárias para a caracterização da vulnerabilidade e as informações normalmente disponíveis na prática, segundo Foster e Hirata (1988).

Desta forma, parece bastante razoável que muitos métodos de vulnerabilidade e risco analisem de forma conjunta as características do local e a carga contaminante (risco ambiental e sanitário, compostos envolvidos e atividade antrópica) para a definição do risco.

Quadro 5 - Lista de dados e informações requeridas para a caracterização da vulnerabilidade e as informações normalmente disponíveis na prática, segundo Foster e Hirata (1988).

<b>VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO</b>	<b>INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS</b>	<b>INFORMAÇÕES NORMALMENTE DISPONÍVEIS</b>
OCORRÊNCIA DE ÁGUA SUTERRÂNEA	- Existência de aquífero; qualidade hidroquímica da água subterrânea.	Existência de aquífero; qualidade hidroquímica da água subterrânea e uso.
<i>ACESSIBILIDADE HIDRÁULICA</i>	- Tipo de ocorrência de água subterrânea; profundidade da água subterrânea; capacidade de infiltração do solo; conteúdo da umidade da zona não aturada/ retenção específica; condutividade hidráulica vertical do aquífero.	Tipo de ocorrência da água subterrânea; profundidade da água subterrânea; litologia, grau de consolidação e conteúdo de argila do aquífero.
CAPACIDADE DE ATENUAÇÃO	- Espessura de solo e textura; distribuição e tamanho dos grãos (fissuras); mineralogia da matriz (argila/óxidos Fe e Al/ Conteúdo de matéria orgânica); porcentagem de argila.	Característica litológica do aquífero ou aquífero

Fonte: Foster e Hirata, (1988).

Conforme Villa e Mcleod (2002) existem três etapas de importante relevância para a construção de um método para avaliar a vulnerabilidade de uma determinada área, a saber:

- ✓ Escolha do sistema ambiental que será analisado e avaliado;
- ✓ Escolha e organização dos indicadores que se pretende utilizar; a escolha deve estar atrelada ao conceito de vulnerabilidade adotado e ao objetivo da análise a ser feita; e
- ✓ Definição e conceituação de vulnerabilidade, pois há muitas definições ambíguas, com diferentes abordagens de análise.

Para análise da vulnerabilidade do Parque Nacional de Jericoacoara recorreremos ao método GOD adotado por Foster e Hirata (2006), esses autores, analisam a vulnerabilidade, atrelada a índices que variam de 0 insignificante a 1,0 extrema.

Ao analisar o índice de vulnerabilidade verifica-se a sensibilidade do meio a agentes contaminantes.

O conceito de sensibilidade varia de acordo com os autores. Por exemplo, Adger (2006) define como "a medida em que um sistema natural ou humano pode absorver impactos sem sofrer danos de longo prazo ou outra mudança significativa do estado". Smit e Wandel (2006) falam sobre a relação dos critérios sensibilidade e exposição, onde argumentam que a sensibilidade não é separável da exposição. Luers (2005), concorda também que o critério de sensibilidade não pode se desconectar com o de exposição, e define a sensibilidade como o grau no qual um sistema responde a um distúrbio externo, e também inclui no conceito que a sensibilidade é a capacidade de resistir à mudança e de retornar para a condição anterior, após a perturbação ocorrida (LOPES, 2013).

A proteção das águas subterrâneas envolve dois aspectos complementares: problemas associados a superexploração, ou seja, a extração de água sem controle, superior a recarga do aquífero, ou parte dele; e a contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

Segundo Hirata (1994) qualquer problema de proteção da qualidade das águas subterrâneas deve incluir uma ação global de reconhecimento do recurso hídrico, bem como, contemplar linhas para a conservação da qualidade e quantidade da água.

Ainda segundo o autor a proteção dos recursos hídricos subterrâneos diferencia-se das técnicas empregadas para os recursos superficiais, já que a velocidade (bastante lenta) e o comportamento da pluma de contaminante são distintos para cada meio.

Para uma estratégia de proteção recomenda-se o Mapa de vulnerabilidade, uma vez que, o mesmo leva em consideração o sistema aquífero, relacionando-o e a importância da água no abastecimento público.

Segundo Matta (2002) a estratégia de mapeamento de vulnerabilidade é mais ampla e universalmente aplicável, protegendo o aquífero como um todo. Esta técnica é adequada ao planejamento de uso e ocupação do solo, ou a programas de proteção dos recursos hídricos subterrâneos, no estabelecimento de áreas críticas ou atividades potencialmente contaminantes.

## **2.3 Geoprocessamento**

Segundo de Xavier da Silva (2001), o Geoprocessamento pode ser compreendido como um conjunto de técnicas computacionais, que operam sobre base de dados (que são registro de ocorrências) georreferenciados, para transformá-los em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante. Suas técnicas e ferramentas permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, e ao criar bancos de dados georeferenciados.

Segundo Aronoff (1991), Um SIG, ou no inglês GIS (Geographic Information System), pode ser considerado um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados sendo uma ferramenta que automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes.

Câmara (1995) ressalta que as principais características de um SIG, envolvem em integrar numa única base de dados informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; oferecendo assim mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise e para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

### **2.3.1 Sensoriamento Remoto**

De acordo com Mather (1999) o sensoriamento remoto é a tecnologia que consiste na interpretação das medidas da energia eletromagnéticas refletidas ou emitidas por diferentes alvos da superfície terrestre. A radiação eletromagnética refletida ou emitida numa dada direção depende da intensidade e da faixa espectral do fluxo radiante incidente e das características físico-químicas do alvo em estudo, ou seja, refere-se à aquisição de informação sobre um objeto por um sensor que está a certa distância desse objeto.

Consiste em uma técnica que, permite analisar diferentes alvos a partir da energia eletromagnética emitida ou refletida por eles, captada por diferentes

sensores que operam em diferentes comprimentos de onda (faixas espectrais) e em diferentes plataformas.

Novo (1993) ressalta ainda que, o sensoriamento remoto é a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados e equipamentos para transmissão de dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta terra em suas mais diversas manifestações.

O sensoriamento remoto é muito utilizado na hidrogeologia, através do fornecimento de imagens orbitais, fotografias aéreas, dados de variáveis climáticas e ambientais, com várias aplicações. Para interpretar esses produtos é necessário avaliar as faixas espectrais captadas pelo sensor e ter em mente a detecção, identificação, medição e solução de problemas, além dos elementos de fotointerpretação (tonalidade, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombra, localização e vizinhança) (PINTO e VALÉRIO FILHO, 1996).

Para Vrba e Zaporozec (1994, *apud* Hirata, 2001) a elaboração de mapas de vulnerabilidade à poluição de aquíferos, auxiliados pelas técnicas digitais, tem revolucionado o procedimento de mapeamento de vulnerabilidade de aquíferos. Essas técnicas melhoram os métodos de análise, reduzindo o tempo de confecção de mapas; a precisão na definição das classes de vulnerabilidade, baseado no conhecimento do fluxo subterrâneo e mecanismos de transportes de contaminantes; bem como tem permitido a atualização rápida dos mapas existentes com a entrada de novos dados.

Meneses (2007) ressalta que, o mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos apresenta-se útil na medida em que pode auxiliar na alocação de recursos e na priorização das diversas atividades de monitoramento ambiental. Pode-se, através da utilização de mapas de vulnerabilidade, definir áreas em que o monitoramento deva ser executado de maneira mais intensiva, bem como, auxiliar no planejamento de práticas conservacionistas com vistas à definição de áreas que devam ser protegidas de modo a garantir a integridade do aquífero em termos de qualidade da água.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Os procedimentos metodológicos dessa pesquisa basearam-se na construção de um banco de dados sobre os elementos que compõem a área de estudo, junto a algumas instituições: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME); Ministério do Meio Ambiente (MMA); *United States Geological Survey* (USGS) e Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE).

✓ Drenagem, Limites Municipais, Mancha Urbana: Disponível em arquivo no formato *shapefile* em escala de 1: 100.000, disponibilizada pelo IPECE, 2015;

✓ Espelho d' Água: Disponível em arquivo no formato *shapefile* em escala de 1: 100.000 de 5 a 20 ha, disponibilizado pelo convênio FUNCEME/Ministério da Integração/Agencia Nacional de Águas que mapeou todos os espelhos d' água do Brasil, 2010;

✓ Poços Tubulares: Disponível em arquivo no formato *shapefile*, pela CPRM;

✓ Distritos Municipais por Setor Censitário: Disponível em arquivo no formato *shapefile* em escala de 1: 100.000, disponibilizado pelo IBGE, 2015;

✓ Criação do *shapefile* tipos pontos referentes aos geossítios inventariados com coordenadas disponíveis na dissertação: MEIRA, 2016;

✓ Criação do *shapefile* das curvas de níveis de 10 m por meio de imagens SRTM.

#### 3.1 Catalogação dos Poços Tubulares

A Identificação dos poços foi realizada através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM que tem em seu banco de dados todos os poços perfurados no Brasil. Foram encontrados 28 poços que estavam georreferenciados, e por meio das coordenadas foi elaborado o *shapefile* destes. Estes poços apresentam vazão média (Q) de 13,13 m<sup>3</sup>/h, nível estático médio (NE) de 5,2 m e uma profundidade média de 40 m.

De acordo com Forte e Abreu, 2017, existem ainda 27 poços não cadastrados, com nível estático médio (NE) de 5,9 m, e profundidade média de 40m.

Também foi realizado um levantamento de dados de poços cadastrados (construtivos e hidrodinâmicos).

### 3.2 Sensoriamento Remoto

Os produtos de Sensoriamento Remoto foram utilizados para a extração da drenagem, direção de fluxo e curvas de nível, atualização dos espelhos d' água e mapeamento dos usos no PARNA de Jericoacoara.

As imagens de satélite utilizadas foram de alta e média resolução:

- Imagens do mosaico RapidEye corresponde aos dias 30/06/2015, 06/08/2015 e 16/08/2012 cena 24377808, 14/09/2014 e 13/12/2011 cena 2437807 e 01/06/2015 de resolução espacial de 5 metros, com projeção UTM, em formato *geotiff* disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) por meio de convênio com as instituições públicas de ensino e pesquisa;

- Imagem *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) imagem s03\_w041\_arc1\_v3 com resolução de 30 m em formato *geotiff*, disponibilizado gratuitamente pela *United States Geological Survey* (USGS);

Para a elaboração do mapeamento dos usos dentro do PARNA de Jericoacoara, sendo realizado na escala de 1:52.000. A projeção utilizada nos bancos de dados foi a Sistema Universal Transverso de Mercator – UTM e o datum geodésico horizontal oficial do Brasil SIRGAS 2000 zona 24S.

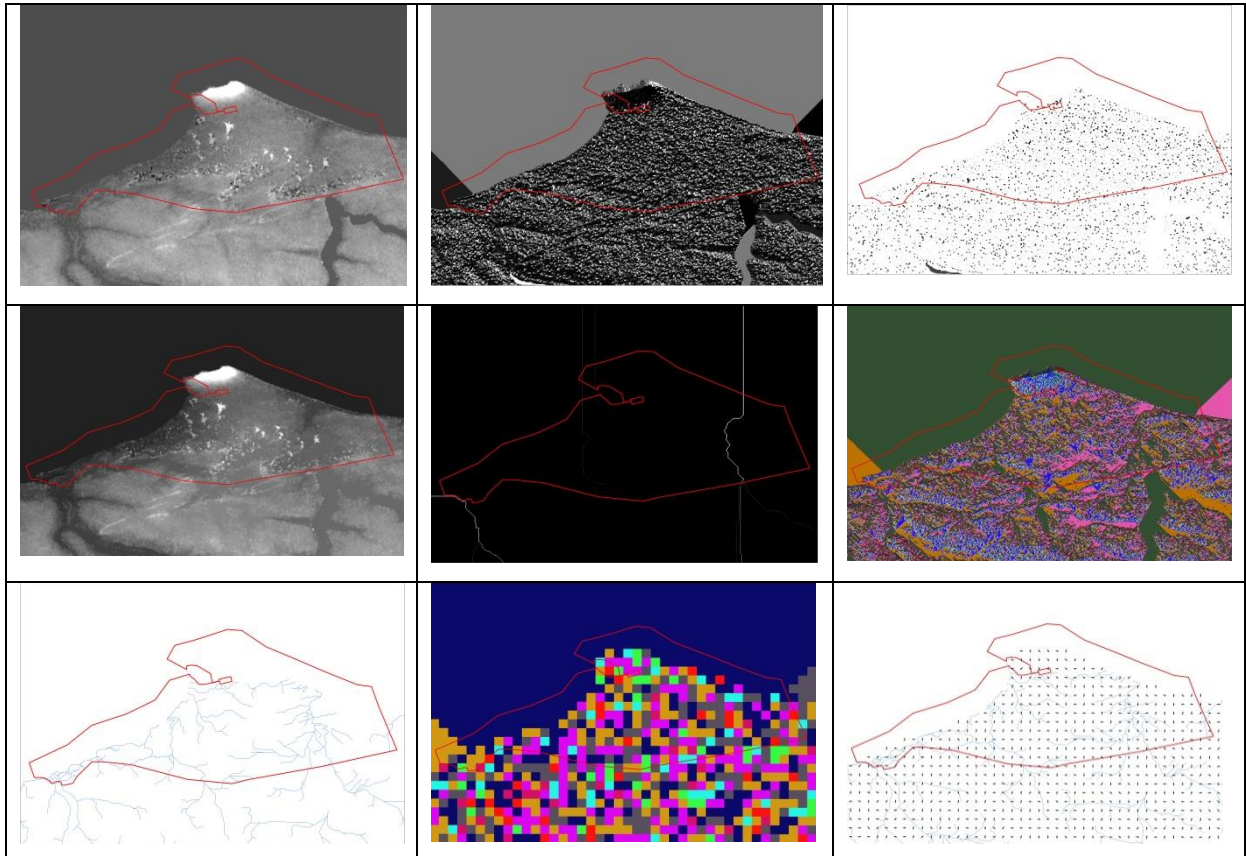
O processamento de imagens e *layout* dos mapas foi realizada no ArcGIS 10.3.1<sup>®</sup> e a criação das curvas de níveis foi no *Global Mapper* v.15.

Por meio do algoritmo *Spatial Analyst* e da ferramenta foi possível *Hydrology* foi possível extrair a drenagem *Flow Direction* (direção de fluxo), *Sinks* (identificação das depressões), *Fill* (preenchimento das depressões), refazer o *Flow Direction* novamente, *Flow Accumulation* (acumulação do fluxo), Map Algebra (Raster Calculator) e *Stream to Feature* (estabelecer o limiar dos *pixels*). Enquanto para determina a direção do fluxo de drenagem foi por meio do *Data Management Tools, Raster, Raster Processing* transformar o raster em *shp*.

Por meio do uso da imagem gerada pelo *Flow Direction* corrigida pelo *Fill* é realizado o *Resample* onde é possível definir o tamanho do ponto referente a direção, *Conversion Tools, From Raster, Raster To Point* e depois determinar o

ângulo que cada flecha para determinar a direção que a drenagem percorre (FIGURA 3).

Figura 3. - Etapas do processo de extração de drenagem e direção do fluxo por meio de uma imagem SRTM.



Fonte: Elaboração: LIRA E BRAGA, 2016.

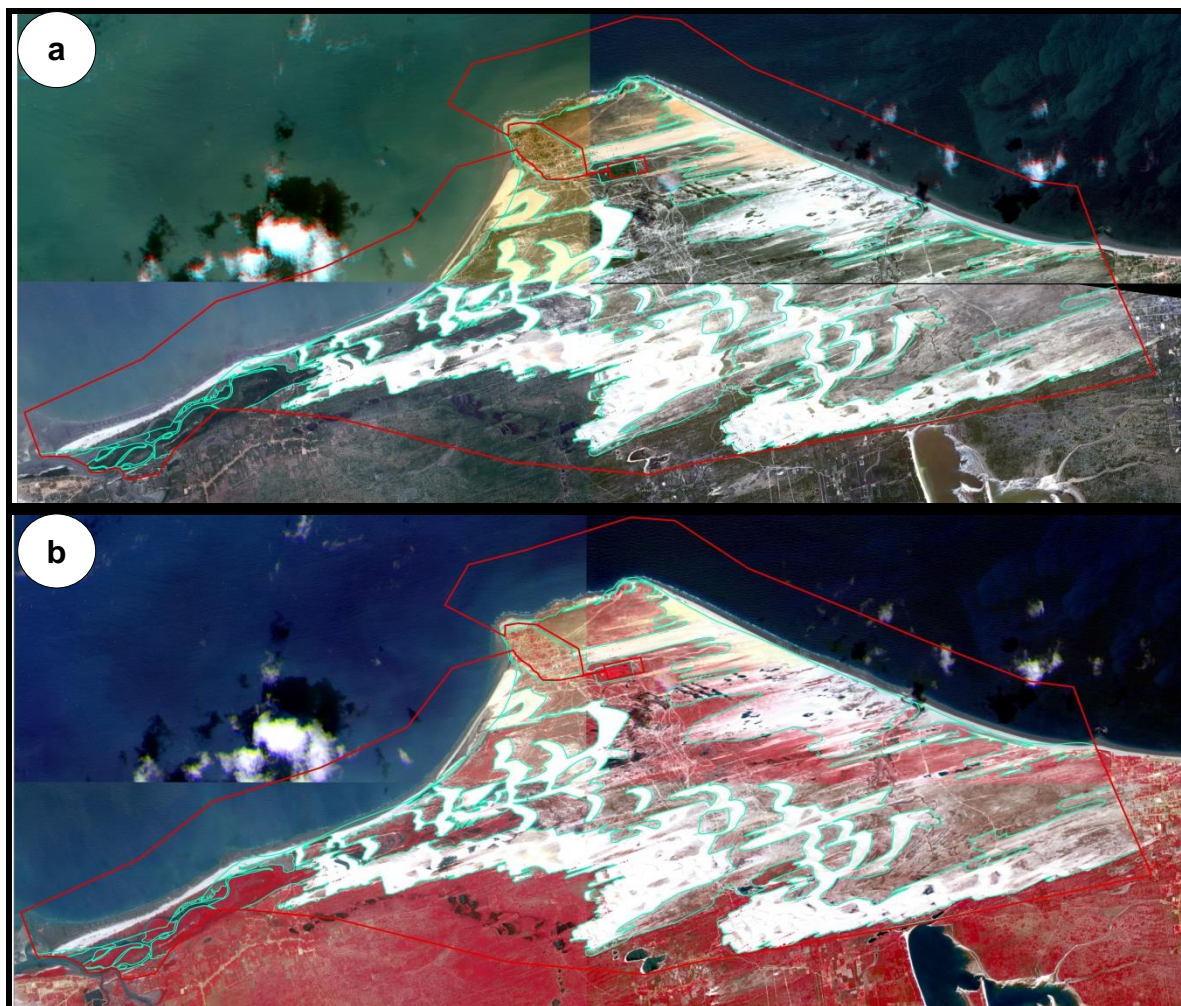
A imagem RapidEye é utilizado para o monitoramento ambiental com um melhor detalhe, já que a largura de imageamento é de 77 km, e composta por cinco bandas espectrais: azul (440 – 510  $\mu\text{m}$ ), verde (520 – 590  $\mu\text{m}$ ), vermelho (630 – 685  $\mu\text{m}$ ), RedEdge (690 – 730  $\mu\text{m}$ ) e Infravermelho Próximo (760 – 850  $\mu\text{m}$ ), tendo como produto a geração de uma imagem de composição natural e que utilizada para a vetorização dos principais usos no PARNA de Jericoacoara.

A composição colorida ou falsa-cor no geoprocessamento compreende a uma das etapas de sensoriamento remoto, e consiste da combinação de 3 bandas espectrais de satélites para a formação de uma composição colorida. A combinação de bandas consiste numa seleção cuidadosa, observando se esta seleção contenha as informações espectrais realmente desejadas, já que cada banda corresponde a uma faixa espectral (energia refletida), por meio de comprimento de onda. A



composição colorida para a identificação e conseqüentemente a vetorização dos tipos de usos foi por meio da composição colorida 5R3G2B e 3R2G1B (FIGURA 4).

Figura 4 - Composição 3R2G1B (a) cor natural e 5R3G2B (b) do RapidEye.



Fonte: MMA, 2014. Elaboração: LIRA, 2016.

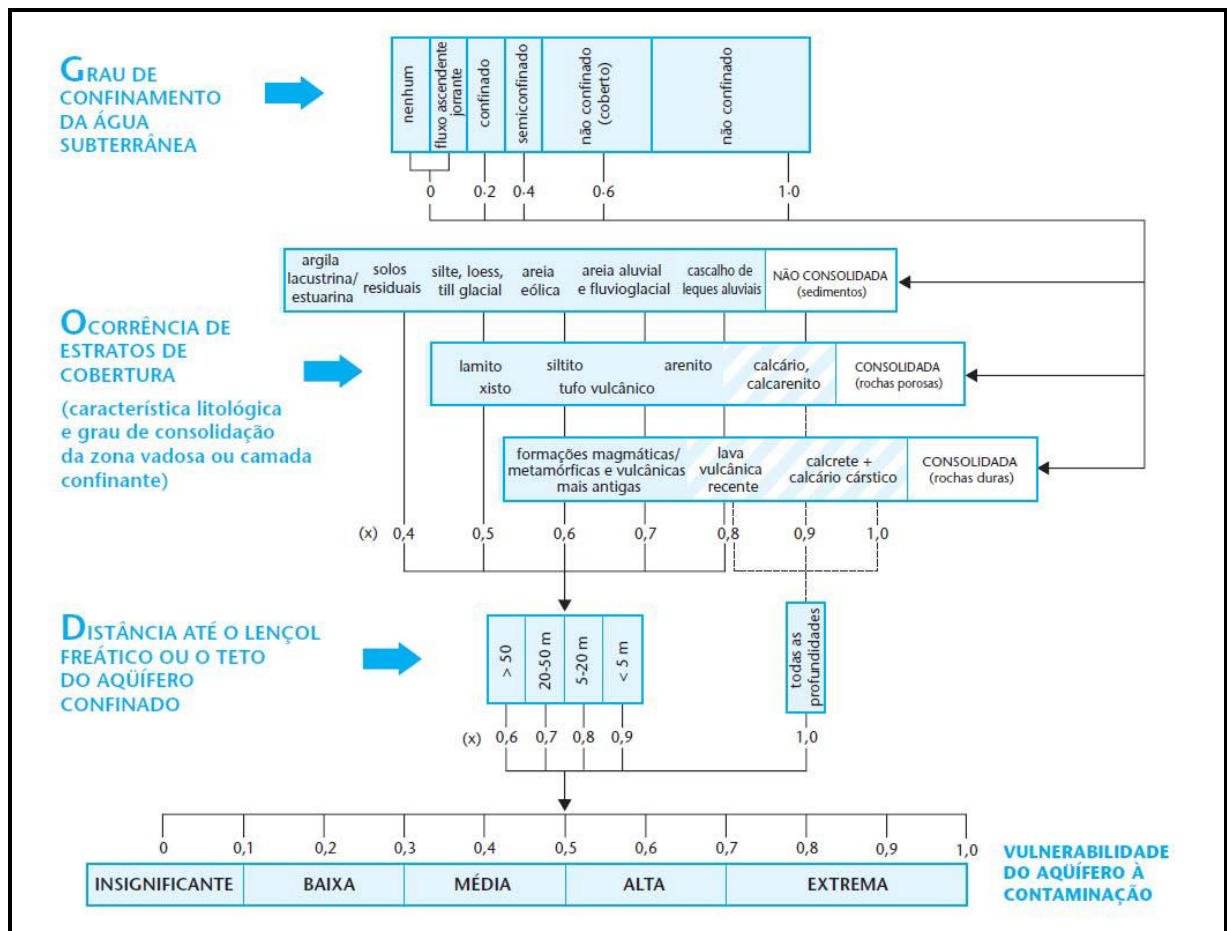
A classificação do Uso e Ocupação consistiu em realizar o reconhecimento por meio de padrões e objetos homogêneos. Onde o reconhecimento dos objetos pertinentes ao estudo foi identificado por um conjunto de *pixels*, no que diz respeito aos elementos de interpretação visual de uma imagem: textura (variação de níveis de cinza), tonalidade (características espectrais dos objetos e ao sombreamento), cor (distinção dos objetos presentes na cena), forma e padrão (referem-se às diferentes maneiras com que as feições naturais ou antrópicas se organizam na cena imageada). Para a fase de classificação convencional em tela (vetorização), ou seja, sendo utilizado o conhecimento de

fotointerpretação, onde o método de classificação para a distinção de cada classe temática representada foi extraído pelo reconhecimento na interpretação da imagem.

Após a vetorização dos usos no PARNA de Jericoacoara, deu-se início à fase de análise e identificação das informações contidas nas imagens para mapear o uso, pois o único tipo de uso encontrado foi à área urbana da Vila de Jericoacoara e da Estação de Tratamento de Efluentes e o restante localizado corresponde à paisagem natural.

A vulnerabilidade aquífera do PARNA foi analisada pelo método GOD. O acrônimo GOD derivado de **G**roundwater **O**ccurrence and **D**epth de Foster e Hirata, (2006). É um método qualitativo de avaliação do grau de vulnerabilidade à contaminação através de um índice de vulnerabilidade estimado com base no diagrama da Figura 5 de Foster (2006).

Figura 5 - Diagrama para avaliação do índice GOD de vulnerabilidade do aquífero à contaminação



Fonte: Foster *et al.*, 2006

O método caracteriza a vulnerabilidade a contaminação aquífera em função dos seguintes parâmetros, geralmente disponíveis ou facilmente determinados:

- ✓ Grau de confinamento hidráulico do aquífero;
- ✓ Ocorrência do substrato subjacente (zona saturada ou capa confinante) em termo de características litológicas e grau de consolidação, que determinam sua capacidade de atenuação dos contaminantes;
- ✓ Distância da água determinada como: a profundidade ao nível da água no aquífero não confinado ou profundidade ao trecho do aquífero confinado.

A rigor, não compreende o estudo da probabilidade de ocorrência de um evento, mas o potencial de contaminação existente. Esse tipo de índice constitui um apoio valioso as tomadas de decisão, em termos de planejamento da gestão dos recursos hídricos, em geral, e das águas subterrâneas, em particular. (PUERARI, 2002)

O índice de vulnerabilidade GOD pode apresentar-se dividido em cinco classes de vulnerabilidade observando-as no Quadro 6

Quadro 6 - Índices ou classes de vulnerabilidade de aquíferos à poluição

<b>ÍNDICE OU CLASSE DE VULNERABILIDADE</b>	<b>DEFINIÇÃO PRÁTICA</b>
Extrema	Vulnerabilidade a muitos contaminantes, com relativo rápido impacto em muitos cenários de contaminação.
Alta	Vulnerável a muitos poluentes, exceto aqueles muito pouco móveis e pouco persistentes
Moderada	Vulnerável a alguns poluentes, mas somente quando continuamente lançado.
Baixa	Somente vulnerável a contaminantes conservativo em longo prazo, quando continuamente e amplamente lançado.
Negligível	Camadas confinantes com fluxo vertical descendente não significativos.

Fonte: Foster, (2006).

O índice final integrado de vulnerabilidade de aquíferos GOD é um produto dos índices obtidos para cada parâmetro, é importante levar em conta que contém algumas modificações a respeito da versão original, uma vez que foram consideradas as experiências obtidas pelos pesquisadores nos anos 90. (FOSTER, 2002)

Estas modificações segundo Foster incluem:

- ✓ Uma pequena redução nos índices do parâmetro de distancia da água

✓ Uma simplificação na caracterização geológica do substrato subjacente, para “rochas potencialmente fraturadas de vulnerabilidade intrínseca intermediária”.

✓ Um esclarecimento para o índice de confinamento do aquífero em aquífero semi confinado.

Foster comenta que se adaptou um sistema híbrido (compatível com os usados em muitos mapas geológicos).

A elaboração do mapa de Vulnerabilidade do Método GOD foi feito por meio das seguintes etapas:

I. Criar uma tabela (xls) com os dados referente aos poços tubulares com as seguintes informações: poço; profundidade; nível estático; nível dinâmico; vazão; litologia; coordenadas geográficas;

II. Os parâmetros para a determinação do Método GOD foi baseado no: Grau de Confinamento da Água Subterrânea (G). O tipo de aquífero na área é do tipo Não Confinado devido ao tipo geológico; A Ocorrência de Extratos de Cobertura (O) que está fundamentada nas características litológicas encontrada na zona não saturada e Distância Até o Lençol Freático (D) que corresponde à profundidade do nível estático;

III. No *software* ArcGIS 10.3.1 sendo realizado primeiramente a delimitação máxima para que não houvesse a extrapolação dos dados, sendo o limite do PARNA de Jericoacara através do algoritmo *Geoprocessing – Environments - Processing Extent - Raster Analysis*, depois de criado a demarcação, o procedimento foi a Interpolação pela *Inverse Distance Weighting (IDW) ArcToolBox - Spatial Analyst Tools - Interpolation - IDW*, onde por meio da variável “índice de vulnerabilidade” foi determinado a interpolação dos dados em forma de ponto, onde cada um destes possui um valor, estabelecendo assim apenas uma estimativa de um valor baseado noutros valores conhecidos;

IV. Para cada classe foi estabelecido um parâmetro e uma cor.

V. Na área de estudo foram encontrados dois sistemas hidrogeológicos: o Cristalino relacionado à Formação São Joaquim e ao sedimentar relacionado ao Grupo Barreiras/Sedimentos Costeiros;

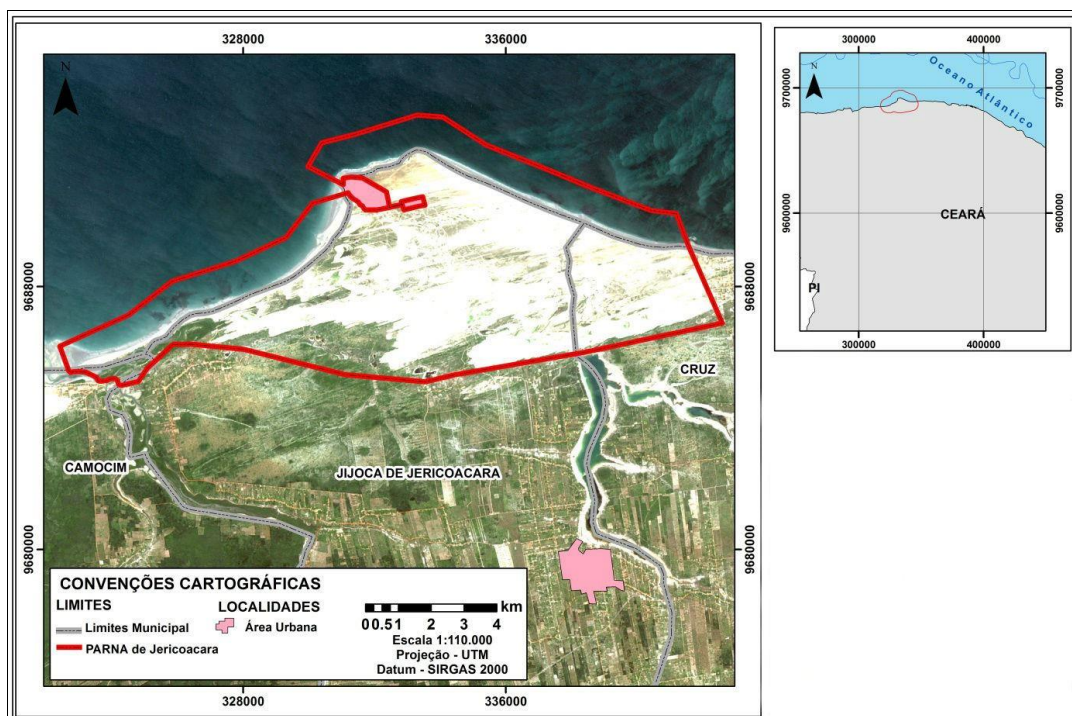
VI. O cálculo da vulnerabilidade foi feito GxOxD conforme a metodologia proposta.

#### 4. CONTEXTO AMBIENTAL DO PARNA DE JERICOACOARA

Para Magalhaes e Silva (2010), O conjunto de componentes geocológicos (geologia, morfologia, hidrologia, climatologia, pedologia e fito-ecologia) constitui o arcabouço estrutural do potencial ecológico, que com suas características próprias geram paisagens singulares dando-nos subsídio para a análise integradora do meio.

O Parque Nacional de Jericoacoara localiza-se no litoral Noroeste do estado do Ceará (02°47'36.68" Lat. S e 40°31'8.55" Long. W). De acordo com a Lei Nº 11.486 de 15 de junho de 2007, o polígono que constitui o limite do Parque Nacional de Jericoacoara abrange uma área de aproximadamente 8.850ha (FIGURA 6).

Figura 6- Localização do PARNA de Jericoacoara



Fonte: Lira e Braga, 2016

A área terrestre do Parque está situada nos Municípios de Jijoca de Jericoacoara (82,8%) e Cruz (17,2%). A Área da Marinha/União correspondente à parte oceânica e possui 25,97% da área total da Unidade de Conservação (UC). Contudo, a sua Zona de Amortecimento inclui além de áreas pertencentes aos

Municípios acima citados, terras dos Municípios de Acaraú e Camocim. A área total da ZA é de 249,6Km<sup>2</sup>.

## 4.1 Geologia

### 4.1.1 Embasamento

No Ceará o Domínio Médio Coreaú (DMC) está associado à Província Borborema, sendo que este sistema está localizado a Noroeste e é delimitado por importantes lineamentos como o Sobral-Pedro II, sendo separado por “*horts*” e “*grabens*” ou autos estruturais e está associado aos quartzitos encontrados na Ponta de Jericoacoara.

O contexto geológico que está fundamentado o PARNA de Jericoacoara é o da Província Borborema cujo embasamento está separado por “maciços” e “sistemas de dobramentos”, sendo que a região de Jericoacoara é um prolongamento do Maciço de Granja com exposição no litoral de rocha quartzítica ferruginosa no Serrote (GEORGEN, 1985).

O DMC é separado em dois que são os maciços e os sistemas de dobramentos (cinturões metamórficos) correspondem a terrenos metassedimentares e metavulcanicos sedimentares. Os maciços são terrenos compostos por migmatitos-granítico que interpõem e ramificam com os terrenos metassedimentares, sua expressão topográfica está na natureza litológica mais resistente.

O embasamento do DMC é composto pelo Maciço de Granja e o *Host* de Tuncunduba, enquanto o sistema de dobramentos é representado pela Faixa Martinópole que é um *grabén* com duas unidades basais a Formação Covão (topo), Santa Terezinha a Formação São Joaquim (base). A Formação Covão é representada por sericita-clorita xisto intercalações muito pequenas de quartzito, a Formação Santa Terezinha é representada por rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico como o meta-siltito, meta-arenito, filito e xistos quartzosos e a Formação São Joaquim por quartzitos com intercalações de xistos (BENEDETTI, 2012, p. 11), sendo que para alguns autores esta unidade é um grupo aparte onde foi subdivididas em duas novas Formações a Dom Simão na base e Itacolomi no topo (TORQUATO e NETO 1996).

A Formação São Joaquim é representada por quartzitos puros “constituída principalmente por quartzitos com variável composição mineralógica, incluindo minerais como cianita, silimanita e muscovita com intercalações menores de calcissilicáticas, xistos e metavulcânicas félsicas” (SIQUEIRA, 2012, p. 21) são rochas de idade Neoproterozóica do Toniano que foram intensamente dobradas e redobradas ocasionada devido aos processos das colisões continentais neoproterozoicas até a “tafrogênese do Pangea, o que inclui a abertura do oceano Atlântico que dura até hoje” (JULIO *et al.*, 2013, p. 1).

Esta formação é representa por “altos blocos soltos na superfície, estes se encontram bastante fraturados, por vezes brechados preenchidos por ferro e sulfeto como pirita e calcopirita” e concreções ferruginosa. (SIQUEIRA, 2011 *apud* MEIRA, 2016)

A Formação São Joaquim aflora nas encostas da Serra da Ibiapaba em forma de serrote alongado formando dobras paralelas com altitudes que variam de 600 a 700 m na região do município de Granja e se estende até o município de Jericoacoara ele aflora na porção setentrional com uma extensão aproximadamente de 2,3 km sendo que ele é exposto na forma do Serrote onde “sua cota máxima chega a 98 m formando uma crista de direção ENE-WSW com aproximadamente 2 km de extensão da linha de preamar” (MORAIS, 2000 *apud* MORAIS *et al.*, 2006). O Serrote se estende formando um arco rochoso que é resultante da erosão tanto marinha quanto eólica que é a Pedra Furada e que influenciam na dinâmica costeira da região (SOBRINHO, 1941; SANTOS e NEVES, 1984; MORAIS, 2000; CAVALCANTE e PADILHA, 2005; JULIO, 2012; ARAÚJO, 2014).

#### **4.1.2 Coberturas Cenozóicas**

As coberturas Cenozóica dividem-se em Terciário e Quaternário, cujas características são:

##### **4.1.2.1 Terciário – Grupo Barreiras**

As Formações Cenozóicas estão relacionadas à Província Costeira que corresponde aos estados da faixa litorânea do Brasil sendo compartimentadas nas seguintes subprovíncias: Amapá; Barreirinhas e São Luís; Piauí/Ceará; Potiguar; Rio Grande do Norte/Paraíba/Pernambuco; Alagoas/Sergipe; Recôncavo-Tucano-

Jatobá/Chapada do Araripe; Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia; Rio Grande do Sul. Sendo que as subprovíncias Recôncavo-Tucano-Jatobá/Chapada do Araripe e Potiguar adentram o interior.

O Grupo Barreiras representa no Estado do Ceará as etapas de evolução costeira que ocorreram no plioleistocênica estando relacionadas às mudanças climáticas, oscilações do nível mar e eventos tectônicos, foram os “ responsáveis pelas características geológicas, geomorfológicas, sedimentológicas, topográficas e paleontológicas” do litoral cearense (MEIRELES e RAVENTOS, 2002, p. 82; MORAIS *et al.*, 2006). A origem dos sedimentos da Formação Barreira é de origem sedimentar terrígena continental e marinha, estes sedimentos são a última rocha sedimentar em contato com o cristalino, ela adentra o estado bordejando os grandes vales fluviais, possuindo altimétricas variando de 20 a 200 metros (JACOMINE, 1996; ARAI, 2006).

A composição do Grupo Barreiras é de sedimentos detríticos, siliciclásticos, de origem fluvial e marinha, apresentando uma sucessão de lente e leitos de sedimentos clásticos afossilíferos, mal selecionados, pouco ou não consolidados, composto de folhelhos, arenitos de todas as granulométricas, siltitos, argilitos conglomerados, areias que variam de finas a grossas, grãos angulosos e uma matriz caulínica devido às condições de clima quente e úmido (MABESSONE *et al.*, 1972; BIGARELLA, 1975; CLAUDINO-SALES, 1993; JACOMINE, 1996; MAIA, 1998; ARAI, 2006; NUNES *et al.*, 2011; PINHEIRO, 2015).

Essa Formação ocorre em uma faixa quase que contínua aos tabuleiros costeiros, sendo em que alguns setores acabam encobrendo a Formação Camocim, este se apresenta como uma desconformidade erodida reduzida.

A Formação Camocim está presente na costa Norte do Ceará entre o vale do Rio Acaraú e a região de Chaval, é uma cobertura sedimentar com litologias e estruturas diferentes da Formação Barreira, portanto sendo considerada uma das fácies do Barreira. É um conglomerado constituído de seixos de quartzo ocorrendo em até 50 km do litoral. É representado por pequenas falésias, sendo uma capa descontínua e mapeada apenas em escala reduzida, pois sua estratigrafia não é muito visível. É um material laterítico extremamente ferruginoso, em Jericoacoara ele se mostra silsilicoso na matriz. Sua origem está no fim do Oligoceno e início do Mioceno (COSTA *et al.*, 1973; MORAIS, 2000; ICMBIO, 2011).



O Grupo Barreiras é estrutura geológica onde estão modeladas as formas litorâneas, e no estado do Ceará estas formas são representadas pelas praias, barreiras, dunas e fixas, estuários, lagoas, planícies litorâneas e tabuleiros costeiros. Sendo que em Jericoacoara as formas modeladas são as paleodunas, depósitos flúviomarinhos, depósitos de praia/litorâneos (dunas móveis e fixas) e rochas de praia/*beach rocks* (JULIO, 2012; PINHEIRO, 2015).

#### 4.1.2.2 Quaternário Depósitos aluviais, Flúviomarinhos e marinhos e eólicos litorâneos

As unidades quaternárias recobrem as litologias da área, principalmente o Grupo Barreiras, e são representadas, segundo o CPRM (2003) por: depósitos aluviais formados por argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas; depósitos flúviomarinhos e marinhos (planícies ou canais de maré) compostos por vasas escuras (mangues), areias de praia e *beach rocks*, pelitos arenosos, carbonosos ou carbonáticos, depósitos eólicos litorâneos de dunas fixas/paleodunas formados por areias de granulação fina a média, raramente siltosas de composição quartzosa ou quartzofeldspáticas, bem selecionadas, apresentando tonalidades cinza-claro e alaranjada, no topo, e avermelhadas na base; depósitos eólicos litorâneos de praias atuais e dunas móveis formados por areias esbranquiçadas de composição quartzosa, com granulometria variável, bem classificadas, em corpos maciços, ou com partes exibindo arranjos estratiformes, onde ocorrem leitões mais escuros com concentrações de minerais pesados e com a presença de fragmentos de matéria orgânica.

De acordo com a CPRM, Os depósitos eólicos litorâneos são formados por praias atuais e dunas móveis e incluem areias inconsolidadas, esbranquiçada, quartzosas, de granulometria fina a grosseira, bem classificadas, em corpos maciços, ou com partes exibindo arranjos estratiformes, onde ocorrem leitões mais escuros, com concentrações de minerais pesado (somam-se níveis de cascalhos e outros com marcante estratificação cruzada, além de fácies com bioclastos e fragmentos de outras matérias orgânicas). Constituem a faixa contínua coberta pela água do mar duas vezes ao dia. Seu limite superior se estende até onde começa a

vegetação ou outro ecossistema. São a principal unidade geológica da região, recobrimdo grande parte do PARNA de Jericoacoara

As paleodunas são dunas que estão sobrepostas ao Grupo Barreiras e cobertas pelas dunas atuais, de composição quartzosa/quartzofeldspática com grãos de quartzo foscos e arredondados. São caracterizadas por areias inconsolidadas de granulometria média a fina, bem classificadas com coloração nos tons de cinza claro, acinzentada e/ou esbranquiçada (BEZERRA e MAIA, 2012).

As dunas móveis e os sedimentos de praia são caracterizados por areias fina a médias nas fácies de barlavento e areias mais grossas no fácies de sotavento. O grau de seleção destes sedimentos é moderadamente selecionado, os grãos de quartzo são sub-angulosos a sub-arredondados, apresentando esfericidade média a alta, mostrando cor creme a amarelo claro. Estas dunas apresentam formas entre os tipos barcanas, cadeias barcanóides, transversas e lençóis de areias, segundo o Relatório de Meio Físico, Subsídios ao Plano de Manejo do Parque Nacional de Jericoacoara (2009).

Os sedimentos da planície fluviomarinha são siltítico/argiloso com grande quantidade de matéria orgânica e com coloração cinza escura.

Os *Beach rocks* estão localizados na área do pós-praia, entre o Serrote e a Vila de Jericoacoara (FIGURA 7).

Figura 7 - *Beach rocks* na praia de Jericoacoara



Fonte: JÚLIO (2012).

Os *Beach rocks* são depósitos que possui uma área descontínua de aproximadamente 20m de largura, mergulhando suavemente em direção ao mar, sofrendo diariamente o processo de abrasão marinha, sendo “indicadoras de flutuações relativas do nível do mar” (MEIRELES e RAVENTOS, 2002, p. 84; JULIO, 2012).

## 4.2 Geomorfologia

O relevo do PARNA de Jericoacoara apresenta como formas a Planície Litorânea que é representada pelas praias, campos de dunas móveis, fixas, paleodunas, planície flúviomarina, planície de aspersão eólica, planície lacustre, maciço residual que é o Serrote da Pedra-Furada e os Tabuleiros Costeiros, (GEORGEN, 1985; SOUZA, 2000; MEIRELES, 2002; ARRUDA, 2007; MEIRELES, 2011; JULIO, 2012; ICMBIO, 2011; PEREIRA FILHO, 2014; MEIRA, 2016).

O Serrote da Pedra Furada é um relevo dômico alongado no sentido W-E, atingindo uma altitude de 98 m é de rochas metamórficas (quartzitos, migmatitos e gnaisses). A Pedra Furada é uma saliência que quebra a regularidade do litoral, em termos descritos por Costa *et al.* (1973) é classificado como um pequeno *Inselberg*, no entanto na compartimentação de relevo do estado este se insere dentro de um maciço residual, devido a resistência de suas rochas aos processos erosivos, sendo uma estrutura dômica semicircular gerando um promontório. (MEIRELES *et al.*, 2011).

A Planície Litorânea foi originada por meio da ação das ondas, marés, correntes marinhas, fluxo fluviomarinho e ventos assim como a eventos tectônicos associados a flexura marginal durante o Cretáceo, a episódios vulcânicos na fachada marinha no Neógeno e as oscilações climáticas com variação do nível do mar entre o Mioceno e o Holoceno (MEIRELES, 2002, 2005, 2011; PEUVAST e CLAUDINO SALES, 2006; CLAUDINO SALE e PEUVAST, 2007).

As praias correspondem à faixa que coberta e descoberta diariamente em função das marés, sendo bastante reduzidas sendo delimitada por paleofalésias. No PARNA de Jericoacoara é presente nesta faixa as pontas litorâneas, os *beach rocks* e desembocaduras fluviais tendo uma extensão de 16 km (CLAUDINO SALES, 2005; ICMBIO, 2011).

As pontas litorâneas são representadas pela Ponta de Jericoacoara é representado pela feição do Neoproterozóico formada por quartzitos e quartzitos ferruginosos da Formação São Joaquim que é representada por outras pequenas formas que são “as cavernas, pilares marinhos, plataformas de abrasão marinha e entalhes basais” (JULIO *et al.*, 2012, p.2), é um relevo do tipo dômico semicircular que foi resultante de ações tectônicas.

Os *beach rocks* que se estende da Vila de Jericoacoara, passando pela Praia da Malhada até a área da Pedra Furada tendo uma extensão aproximada de 2 km, estes representam antigas faixas de praias, são arenitos conglomerados que estão em contato com a Formação São Joaquim e são indicadores de flutuações relativas do nível do mar (MEIRELES, 2002; ICMBIO, 2011; MEIRA, 2016). A desembocadura fluvial está relacionada ao estuário do Rio Guriú que está localizado a oeste do PARNA, é um ambiente com presença de mangue.

As dunas móveis são formadas pelo acúmulo e transporte de sedimentos arenosos marinhos, eólicos, lacustres, lagunares que foram acumulados durante as regressões marinhas e que servem de aporte para a zona costeira. No PARNA de Jericoacoara as dunas móveis são importantes por ser um reservatório de sedimentos. Dunas semi-fixas ou paleodunas estão presentes na porção sul do PARNA na forma de dunas parabólicas, sendo móveis em processo de fixação sul de Jericoacoara, sob a forma de dunas parabólicas. Dunas fixas ocorrem a sotavento das dunas móveis e é recoberta por vegetação que imobiliza a ação dos ventos (ARRUDA 2007; PINHEIRO 2009).

As dunas são classificadas de acordo com a mobilidade de sedimentos, partindo da mais antiga para a mais recente. Sendo classificadas em: Dunas de 1ª Geração que são as dunas frontais e mais antigas; Dunas de 2ª Geração correspondem aos lençóis de areais; Dunas de 3ª Geração são os eolianitos as dunas cimentadas e as Dunas de 4ª Geração correspondem às dunas atuais.

✓ De primeira geração (1ª Geração) correspondem as dunas mais antigas que são as fixas e as paleodunas, e estão na área de transição com os tabuleiros costeiros, são dos tipos parabólicas, estas são móveis em processo de fixação e em forma de U, ocorrendo no entorno da Ponta de Jericoacoara, podendo alcançar comprimentos de 11 km, se dispondo transversalmente e paralela em direção dos ventos dirigindo-se de SE/SW e são bem presentes na região de Rio

Guriú, possui a capacidade de absorção boa, sendo grandes quantidades de água subterrânea (CLAUDINO SALES, 2005; ARRUDA, 2007; PINHEIRO, 2009, 20015);

✓ As dunas de segunda geração (2ª Geração) correspondem as dunas móveis que na área do PARNA são dos tipos barcanas e barcanóides, estas podem apresentar alturas de até 20 metros, se desenvolvem em área planas com presença de espelho d'água, sendo formas isoladas com a concavidade contrária a direção dos ventos, por isso seu formato parece uma meia lua (MEIRELES, 2002; CLAUDINO SALES, 2005; ARRUDA, 2007; PINHEIRO, 2009, 20015; PEREIRA FILHO, 2014);

✓ As dunas de terceira geração (4ª Geração) são os eolianitos representam antigas dunas que foram cimentadas por de carbonato de cálcio e são encontradas dentro do PARNA mais já no município de Camocim nas proximidades da Vila de Tatajuba na área de amortecimento, estas foram denominadas de Dunas Petrificadas (CARVALHO *et al.*, 2009; MEIRA, 2016);

✓ As dunas de terceira geração (4ª Geração) são as dunas que estão em processo de formação são do tipo longitudinal ocorrendo sobre a zona de berma e de pequeno porte (MEIRELES, 2002; ARRUDA, 2007; PEREIRA FILHO, 2014).

A planície de aspensão eólica corresponde a terrenos planos onde ocorre uma intensa movimentação dos ventos sofrendo desagregação e transporte eólico e são vestígios de dunas longitudinais e parabólicas que foram destruídas pelo vento, e na área do parque corresponde ao setor de acesso a vila de Jericoacoara (CLAUDINO SALES, 2002, 2005; MEIRELES, 2011; MEIRELES *et al.*, 2011).

A planície lacustre equivale às lagoas costeiras interdunares, se originada entre lençóis de areia no momento de repouso no processo de migração de dunas. Dentro do PARNA é possível encontrar diversas lagoas sendo que no primeiro semestre dos anos elas são abastecidas pelas chuvas (ARRUDA, 2007). Os tabuleiros costeiros ocorrem nos limites do PARNA possuindo um suave caimento em direção ao mar.

Através do mapa de unidades ambientais (FIGURA 8) foi possível definir 6 unidades, são elas: Dunas fixas, Dunas moveis, Praia receptoras, Planície fluviomarinha, Serrote e Depressão interdunar, existindo um predomínio do campo de dunas. Essas unidades estão inseridas em 3 Geounidades principais: Planície litorânea, Planície Flúviomarinho e Cerrote. Onde suas características podem ser

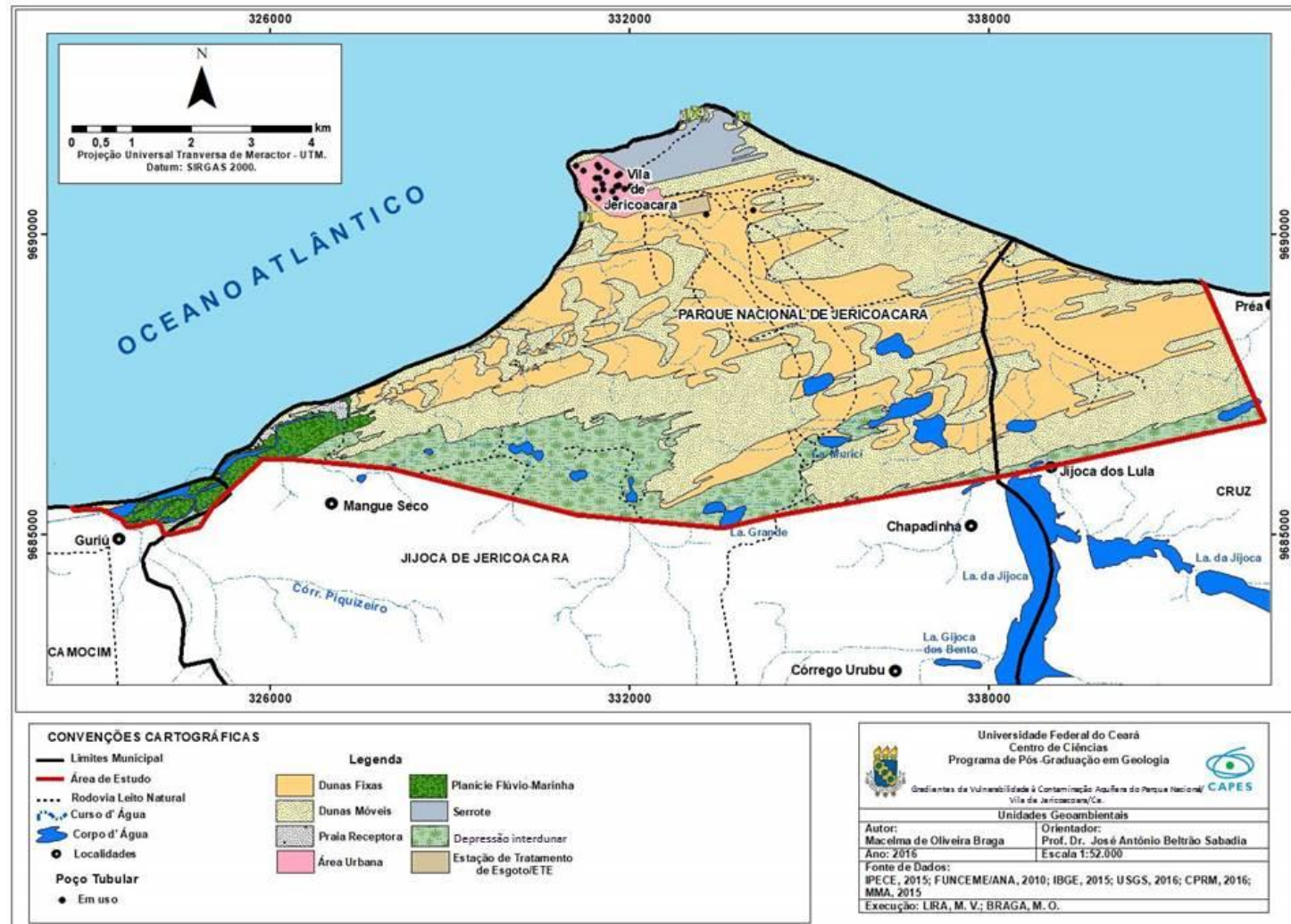
vistas no Quadro 7. As atividades exercidas nesses ambientes referem-se às atividades turísticas/ lazer,

Quadro 7 - Unidades Ambientais de Jericoacoara

Unidades ambientais	Características ambientais	Potencialidade/Limitações ambientais	Vulnerabilização
Planície Litorânea <ul style="list-style-type: none"> <li>Faixa de praia e campo de dunas fixas e móveis</li> </ul>	<p>Compartimento composto por terrenos de neoformação, com influência de maré, rios, ventos e chuvas, contendo larga faixa <u>praial</u>, com campos de dunas de várias idades, sistema manguezal, planícies lacustre e áreas inundáveis; condições climáticas variando de semiaridez a <u>subúmidade</u>, e com precipitações anuais variando de 700 a <u>1200mm</u>; bom potencial hidrológico subterrâneo; solo de origem sedimentar denominado <u>neossolo gartzarênico</u>; <u>revestido</u> por complexo <u>vegetacional</u> litorâneo; campos de dunas móveis trabalhados pela ação eólica.</p>	Patrimônio paisagístico; Atrativos para <u>visitação turística</u> ; Boa hidrologia subterrânea; Eco/ <u>geoturismo</u> ; Ocorrência de minerais pesados; Recarga de aquífero; Implantação viária; Loteamento; Baixo suporte para edificação; Restrições à mineração.	Desmonte ou interrupção do transporte sedimentar pela <u>especulação imobiliária</u> ; Poluição da hidrologia superficial e <u>subsuperficial</u> ; Perda de atrativo turístico; Desmonte de dunas por desmatamento; Aterramento; Mineração de areia pode romper o equilíbrio hidráulico provocando inundação e mudança do fluxo hídrico; Diminuição da produtividade biológica; Despejos de efluentes, resíduos sólidos e detritos;
<ul style="list-style-type: none"> <li>Planície <u>Flúvio-Marinha</u></li> </ul>	Area onde desemboca águas doces (rios) e salgadas (mar) sendo revestidas ou não por sistema manguezal e com solos denominados <u>Gleissolos</u> , decorrentes de processos combinados de origem fluvial e <u>marinha</u> .	Eco/ <u>geoturismo</u> ; Extrativismo vegetal racional; Pesquisa científica; Educação ambiental; Pesca artesanal; Abrigo de pequenas embarcações; Lazer; <u>Carcinicultura</u> ; Preservação de biodiversidade; Restrição à mineração; Solos com baixa fertilidade e alta salinidade; Agricultura e pecuária;	
Serrote	Formado por um conjunto de rochas metamórficas Pré-Cambrianas. Aflorando em superfície em parte coberto por sedimentos <u>coluviais</u> e eólicos.	Patrimônio paisagístico; Atrativos para <u>visitação turística</u> , <u>que é a Pedra Furada e que influenciam na dinâmica costeira da região</u>	Moderada vulnerabilidade ao acesso de veículos, ao <u>pastorão</u> e à mineração clandestina. Baixa vulnerabilidade ao acesso de <u>pedestre</u> (Arruda, 2007)

Fonte: Autora

Figura 8 – Mapa de unidades ambientais do PARNA de Jericoacoara.



Fonte: Eleaboração; LIRA e OLIVEIRA, 2014..

### 4.3 Pedologia

Segundo o plano de manejo do PARNA de Jericoacara na área são encontradas e individualizadas seis unidades de solo (ICMBio, 2011): Areias Quartzosas Marinhas e Distróficas (Neossolo Quartzarênicos Marinhas e Neossolo Quartzarênicos Distróficos), Solos Litólicos (Neossolos Litólicos), Solos Indiscriminados de Mangue (Gleissolos Sálicos) Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico (Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos) e Solos Aluviais (Neossolos Flúvicos), conforme o Quadro 8 a seguir:

Quadro 8 – Tipos de Solos do PARNA de Jericoacara.

Ordem	Sub-ordem	Localização
Neossolos	Quartzarênicos Marinhas e Distróficas	Faixa praial (linha de praia, pós-praia, dunas móveis, fixas e paleodunas do PARNA) com presença de metais pesados, fragmentos de conchas e minerais micáceos que são ricos em mica. Cor esbranquiçada.
	Flúvicos	Poucos evoluídos e encontrados nas várzeas de rios e lagoas.
	Litólicos	Solo compactados com afloramento rochoso no entorno da Pedra Furada.
Gleissolos	Sálicos	Rico em matéria orgânica e rico em sais, presente na planície fluviomarina da Barra do Rio Guriú.
Argissolos	Vermelho-Amarelos Distróficos	Mal drenados encontrados mais a Sul do PARNA na região de tabuleiros costeiros no contato entre os tabuleiros e as dunas fixas.

Fonte: ICMBio, 2011; PEREIRA FILHO, 2012. Adaptação da autora.

Os Neossolos Quartzarênicos Marinhas são as denominadas areais quartzosas oriundos de sedimentos na Formação Barreira, estes pouco desenvolvidos, porém bem drenados e profundos com o horizonte A e C. São encontrados numa estreita faixa que vai em direção a linha de costa, são possuem baixa fertilidade por isso não ser utilizado para a agricultura (ICMBio, 2011). Enquanto os Neossolos Quartzarênicos Distróficos estão presentes na faixa litorânea e pré-litorânea, em alguns pontos estão associados aos Neossolos Quartzarênicos Marinhas e Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, “são desenvolvidos a partir do retrabalhamento dos sedimentos da Formação Barreiras ou do transporte de areias marinhas” (ICMBio, 2011, p. 40). Esta classe de solo apresenta uma drenagem moderada a imperfeita, e em alguns pontos possuem o



lençol freático elevado durante boa parte do ano. É encontrado na área de litoral são sedimentos não consolidados do Holoceno como no caso das dunas móveis e possuem baixa saturação e fertilidade natural (LIMA *et al.*, 2002; PEREIRA e SILVA, 2005; JACOMINE, 2009).

Neossolos Litólicos são solos rasos de textura arenosa com presença de cascalho o horizonte A está em contato direto com o R, ou sobre o sobre a camada de alteração do horizonte C tendo em suas frações areia grossa e areia fina. Normalmente são profundos a muito profundo e excessivamente a acentuadamente drenados. Podem ser classificados em Hidromórficos (Forte restrição à drenagem) ou Órticos (Não apresentam restrição ao uso e manejo). É comum possuírem pedregosidade na superfície e é presente na área do Serrote Pedra Furada (PEREIRA e SILVA, 2005).

Os Neossolos Flúvicos são solos derivados de sedimentos aluviais recentes ocorrendo em áreas de várzeas, formados na maioria das vezes na desembocadura de pequenos riachos intermitentes ou no entorno de lagoas que foram bloqueados pelos sedimentos arenosos das praias, “são medianamente profundos, com texturas variadas, moderada a imperfeitamente drenados e com pH moderadamente ácido a levemente alcalino. São de grande fertilidade, com bom potencial agrícola” (ICMBio, 2011, p. 39), ou seja, são pouco evoluídos mais profundos, possuem alta fertilidade natural, (PEREIRA e SILVA, 2005).

Os Gleissolos Sálícos ocorrem em relevo planos como os estuários de rios, na PARNA de Jericoacara são encontrados na Barra do Rio Guriú, ou seja, estão próximos às lagoas e pequenas depressões da faixa litorânea, sob vegetação de mangues com influência das marés várzea e esporadicamente em terraços, associados aos mangues e baixos cursos de rios e influência da maré por isso normalmente apresentam gleização (ALMEIDA *et al.*, 2015). São solos hidromórficos e halomórficos (salinos) rico em matéria orgânica, apresentam a cor escura devido a matéria orgânica, além do sal encontrado também tem presença de enxofre, o que deixa este tipo de solo impróprio para o uso na agricultura. Sofre constantes alterações devidos as marés (PEREIRA e SILVA, 2005; IBGE, 2007).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos são solos medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados de cores vermelhas a amarelas e textura argilosa, abaixo de um horizonte A Bt e Cde com baixos teores de matéria orgânica. Desenvolvem-se a partir de diversos materiais de origem. Quando

localizados em áreas de relevo plano a suave ondulado. Estão presente na zona pré-litorânea e estão associados aos sedimentos da Formação Barreiras. São solos medianamente profundos, e bem drenado em alguns pontos, e “ácidos, porosos e de textura variando de média a argilosa. A cor varia de vermelho-amareladas a bruno-acinzentadas” (ICMBio, 2011, p. 39). Podem ser usados para diversas culturas, desde que sejam feitas correções da acidez e adubação, principalmente quando se tratar de solos distróficos ou álicos. Em face da grande susceptibilidade à erosão, mesmo em relevo suave ondulado, práticas de conservação de solos são recomendáveis (PEREIRA e SILVA, 2005; JARBAS. *et al.*, 2015).

#### 4.4 Clima

O clima da região Nordeste do Brasil apresenta, basicamente, como problemas climáticos, as acentuadas irregularidades tanto espaciais como temporal do seu regime de chuvas. Os principais sistemas atuantes responsáveis pelo período chuvoso é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Frente Fria, Vórtice Ciclônico de Altos Níveis, Linhas de Instabilidade, Complexos Convectivos de Mesoescala, Ondas de Leste, Brisa Marítima e Brisa Terrestre. Sendo que os causadores de chuva da pré-estação são de proximidades das frentes frias e Vórtices Ciclônicos de ar superior.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema responsável pela quadra chuvosa, no primeiro semestre do ano que são os meses de fevereiro, março, abril e maio e são influenciados por sistemas atmosféricos secundários como as linhas de instabilidades e os Complexos Convectivos de Mesoescala.

No segundo semestre do ano a ocorrência de chuvas é pequena, sendo quase escassa com predomínio de altas pressões atmosféricas e uma quase total ausência de fenômenos atmosféricos causadores de chuva, caracterizando a estação seca (FERREIRA e MELLO, 2005).

No Ceará são duas estações distintas, período chuvoso e seco, sendo que o período chuvoso se concentra no primeiro semestre do ano (janeiro a junho) e é subdividido em pré-estação chuvosa (janeiro) e a estação chuvosa propriamente dita. Já o período de seca fica de junho a dezembro.

O PARNA de Jericoacoara tem toda a sua área no litoral e é influenciado pelo clima Tropical Quente Semiárido Brando com temperatura variando de 26° a 28°C. No entanto as temperaturas máximas podem chegar a 35°C nos meses de novembro a dezembro com mínimas de 22°C em agosto que é o mês mais frio. A umidade relativa noturna fica por volta de 100% devido à influência da brisa marinha (GEORGEN, 1985).

Segundo os dados da FUNCEME (2017), o primeiro semestre do ano no PARNA, representa, assim como, no Nordeste a estação chuvosa responsável, em média, por mais de 98% das precipitações anuais, com maiores precipitações nos meses de fevereiro, março e abril. Existindo um decréscimo nas precipitações a partir de julho até o mês de dezembro. Podendo ser observado na Tabela 1 e no gráfico1 abaixo.

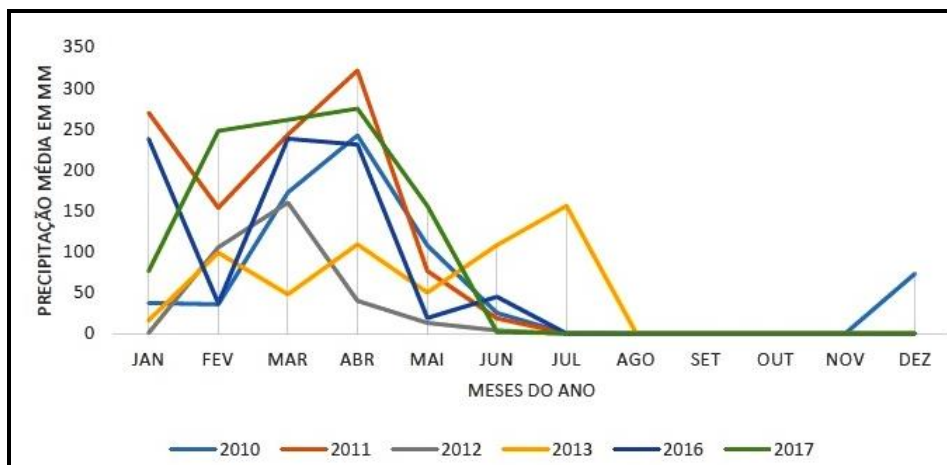
Tabela 1 – Precipitação média mensal (mm) em Jericoacoara no ano de 2010 a 2017.

MÊS/ ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
<b>2010</b>	37,5	35,8	172,5	242,1	107,6	25,1	0,3	-	-	-	-	73,3	694,2
<b>2011</b>	269,8	153,6	242,9	321,4	76,3	18,7	-	-	-	-	-	-	1082,7
<b>2012</b>	0,5	105,2	160	40	12,9	4	-	-	-	-	-	-	322,6
<b>2013</b>	16	98,8	47,7	109	50	108	156	-	-	-	-	-	585,5
<b>2016</b>	238	37	238	231	19	45	-	-	-	-	-	-	808
<b>2017</b>	76	247,5	261	274,8	156	2	-	-	-	-	-	-	1017,3

Fonte: FUNCEME, 2017 adaptação da autora.

O Gráfico da precipitação média mensal em Jericoacoara evidencia as maiores precipitações nos primeiros meses do ano e ausência da mesma nos meses de agosto a novembro, período de maior fluxo de turista internacionais que visitam a região em busca de dias ensolarados (GRÁFICO 1).

Gráfico 1- Precipitação média mensal (mm) em Jericoacoara no ano de 2010 a 2017.



Fonte: FUNCEME, 2015. Adaptação da Autora.

\* A FUNCEME não informou os valores para os anos de 2014 e 2015

Os ventos fluem na direção ENE (leste-nordeste) e direção E ou SE, sendo que estão relacionados à ação do Anticlone Sul. (CARVALHO e SANTOS, 2010; JULIO *et al.*, 2012). As médias de velocidade chegam a superar os 4m/s nos meses da estação chuvosa, com a chegada das ZCIT, registram-se mudanças na direção dos ventos, passando a predominar os de direção NE (MEIRELES, 2001 *apud* ARRUDA, 2007).

No primeiro semestre do ano, Segundo Arruda, 2007, os valores tanto da intensidade dos ventos quanto da insolação são menos elevados, ao avesso da precipitação que apresenta altos índices. As lagoas interdunares representam o afloramento do lençol freático na planície de aspensão eólica durante o período de maior precipitação. No segundo semestre, ocorre uma redução dos índices pluviométricos ocasionando o aumento da velocidade dos ventos e da insolação, resultando em uma maior migração das dunas no segundo semestre (menores índices pluviométricos, ventos mais elevados e maior insolação), juntamente com uma diminuição do nível hidrostático do lençol freático e, por consequência, da incidência das lagoas interdunares.

## 4.5 Vegetação

No PARNA de Jericoacoara devido as suas características morfológicas, climáticas e de solos existe uma diversidade de vegetação. No levantamento realizado por Matias e Nunes (2001) foram identificadas 87 espécies de 7 gêneros e 41 famílias. Sendo que a vegetação do tipo pioneira herbáceas é a que prevalece no Parque.

Nas áreas de praia se desenvolvem algumas espécies especializadas devido às condições salinas e arenosas como a *Ipomoea pes-caprae* (batata da praia), *Remirea maritima* (pinheirinho-da-praia) e *Sesuvium portulacastrum* (batata-da-costa) sendo estas rasteiras e *Scaevola plumieri* (mangue da praia) e *Guilandina bonduc* (carrapato da praia) arbustivas (MORO *et al.*, 2015).

Na pós-praia (zona de berma), Meireles *et al.*, (2011, 86), afirmam que:

As principais espécies constituintes da Vegetação Pioneira Psamofila são a *Ipomea asarifolia* (salsa), *Remirem marítima* (pinheirinho-da-praia), *Cyper sp* (capim-barba-de-bode) e as gramíneas *Paspalum plicatulum* e *Panicum trichoides*. Um pouco mais afastado do efeito das marés, onde a pós-praia é mais extensa estão a *Borreria capitata* (gurgutão), *Euphorbia brasiliensis*, *Heliotropina indicum*, *Phyllanthus lathyroides*, *Richardia glandiflora*, *Sida Glomerata* e *Chamaecrista hispidula* (moeda-de-vintem). É uma formação gramíneo-herbácea que ocupa esses ambientes recém-formados devido ao acúmulo sedimentar de origem eólica

Nas dunas móveis, fixas e planície de deflação prevalece a Vegetação Pioneira Psamófila (FIGUEIREDO, 1997), caracterizada por uma vegetação predominantemente herbácea do tipo estoloníferas alternadas com plantas lenhosas como o *Chrysobalanus icaco* (guajuru), *Anacardium occidentale* (cajueiro) e *Byrsonima crassifolia* (murici da praia) e *Byrsonima gardneriana* (murici) entre outras espécies (MATIAS e NUNES, 2001; MORO *et al.*, 2015).

Em alguns trechos do campo de dunas de Jericoacoara, há presença de manchas de vegetação mais densa, que constituem algumas dunas fixas, situadas mais afastadas da faixa de praia. Essas dunas fixas são estabilizadas pela Vegetação Subperenifolia de Dunas, que é formada por plantas de hábitos arbóreos e arbustivos (MEIRELES *et al.*, 2011).

Na planície fluviomarinha ou manguezal são encontradas as plantas halófitas que seu crescimento está relacionado diretamente nas proximidades de águas salinas como o *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), *Laguncularia*

*racemosa* (mangue-manso, branco ou rajadinho), *Avicennia germinans* (canoé, mangue-preto ou síriba) e na foz dos riachos que cortam o parque é encontrado o *Conocarpus erecta* (mangue-ratinho ou botão), adentrando a planície verifica-se a presença de espécies herbáceas como o *Batis maritima* (bre-do-mangue) e *Sesuvium portulacastrum* (beldroega). (MATIAS e NUNES, 2001).

Para Meireles *et al.*, (2011), outro aspecto diferenciado dentro da planície flúviomarinhas onde se localizam os mangues são os apicuns, áreas abertas devido a maior salinização do solo ou em decorrência de desmatamentos. Essas áreas são recobertas total ou parcialmente por espécies gramíneo-herbáceas de caráter halofítico, como: *Batis marítima* (bre-do-mangue), *Sesuvium portulacastrum* (bre-do), *Cyperus* ssp. (capim-barba-de-bode) e *Xyris* sp.

As Ciperáceas são encontradas nas áreas interdunares alagadas que crescem em áreas alagadas e de brejo como a *Nymphoides indica* (aguapé-da-flor-miúda) e a *Typha domingensis* (taboa). (MATIAS e NUNES, 2001; MORO *et al.*, 2015).

As espécies de vegetação encontrado nos tabuleiros são as que são encontradas comumente em toda costa do Ceará, possuem o porte arbustivo como a *Agonandra brasiliensis* (pau marfim), *Curatella americana* (cajueiro bravo), *Handroanthus impetiginosus* (ipê rosa), *Manilkara triflora* (maçaranduba), Mouriri cearenses (manipuçá) entre outros (MATIAS e NUNES, 2001; MORO *et al.*, 2015).

#### 4.6 Hidrografia

A maior parte do PARNA de Jericoacoara está inserida dentro da Bacia Hidrográfica do Coreaú, com exceção do distrito de Preá que pertence ao município de Cruz que compõe a Bacia Hidrográfica do Acaraú. A nível de sub-bacia o município de Jijoca de Jericoacoara que corresponde a maior porcentagem de terrenos dentro do PARNA está dentro da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu (ICMBio, 2011).

A maioria dos rios está paralelo a linha de costa sendo interrompidos em alguns pontos pelos campos de dunas, sendo efêmeros ou intermitentes, ou seja, na maioria das vezes só ocorrem durante a quadra chuvosa. Devido às dunas o padrão de drenagem é do tipo anastomosado (JULIO, 2012).

O rio de maior expressão no PARNA é o Guriú que está a Oeste e representa o rio principal da planície flúviomarinhas e em sua barra se desenvolve o manguezal no município de Camocim. Os riachos presentes dentro do PARNA são o Riacho do Balseiro, Riacho Doce. Já os córregos são o do Urubu, da Forquilha e do Piquizeiro.

Os espelhos d' água da região são de água doce e salobra, em sua maioria se desenvolvem no meio de dunas servindo como um oásis, sendo que alguns são perenes com água o ano todo, tudo dependendo da capacidade de armazenamento de águas subterrâneas e da altura de seu lençol freático e outros são temporários, sendo abastecido principalmente na quadra chuvosa. Os principais espelhos são a Lagoa da Enseada, Lagoa do Carlos, Lagoa das Piabas, Lagoa Jerônimo de Albuquerque, Lagoa da Jijoca, Lagoa Murici e Lagoa do Riacho Doce.

#### **4.7 Hidrogeologia**

Os domínios hidro geológicos correspondem a formações geológicas por onde as águas se infiltram e acabam sendo armazenadas formando os aquíferos podendo abastecer rios e poços. No Brasil estes domínios estão compartimentados nas Formações Cenozoicas representada pela Província Costeira, Bacias Sedimentares (aquífero poroso), Poroso/Fissural (aquífero misto), Metassedimentos/Metavulcânicas (aquífero fissural), Vulcânicas (aquífero fissural), Cristalino (aquífero fissural), e Carbonatos/Metacarbonatos (aquífero fissural). (CPRM, 2014).

No Ceará são encontrados seis domínios hidrogeológico o Grupo Barreiras/Sedimentos Costeiros, Cristalino, Serra Grande (Serra da Ibiapaba), Chapada do Apodi (Bacia Potiguar), Bacia Sedimentar de Iguatu e Cariri (Chapada do Araripe). No litoral os aquíferos se formam na Formação Barreira e nos sedimentos litorâneos recentes as praias e os campos de dunas onde a média de vazão fica entorno de 5 m<sup>3</sup> /h (FUNCEME, 2007).

A área em estudo, Segundo ARRUDA (2007) e ICMBio (2011b), tem seu abastecimento única e exclusivamente por água subterrânea, proveniente dos diferentes aquíferos presentes na área, sendo estes: o poroso e o fissural. O aquífero poroso ocorre nas rochas sedimentares e nos sedimentos do Grupo

Barreiras, que são recobertos por um campo de dunas móveis, que também representa um aquífero poroso, no qual é possível ver o afloramento do lençol freático pela presença das lagoas interdunares. Já o aquífero cristalino tem caráter fissural e ocorre nas fraturas das rochas metamórficas do “Serrote da Pedra Furada” e aflora em ressurgência da base.

#### **4.7.1 Aquíferos Porosos**

Correspondem aos ambientes de rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos, nos quais armazenam um grande volume de água. As águas subterrâneas podem ser armazenadas nos poros intersticiais presentes em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos decompostos *in situ*, formando assim aquíferos porosos. Essas rochas sedimentares e sedimentos apresentam porosidade primária e permeabilidade formada pelos vazios entre os grãos e a conectividade entre os mesmos. Esses aquíferos são denominados como meio isotrópico por ter sua porosidade, quase sempre, homogeneamente distribuída, fazendo com que a água flua em qualquer direção, dependendo somente do diferencial da pressão hidrostática. (FORTE e ABREU, 2017).

Os sedimentos inconsolidados, comumente, possuem maior porosidade efetiva e maior permeabilidade do que as rochas consolidadas, bem como alta capacidade de infiltração potencial. Dentre os sedimentos inconsolidados mais importantes destacam-se as dunas e os depósitos aluviais.

Nas áreas relacionadas aos sedimentos eólicos como as dunas móveis e fixas o potencial hidrogeológico é bom, mas devido ao bombeamento excessivo por meio de poços tubulares pode atingir a cunha salina, podendo assim deixar a água salobra. Nas áreas de planície flúviomarinha é inadequada à instalação de poços devido aos teores de sais e ao substrato argiloso (CPRM/SGB, 2014).

Os aquíferos porosos na Vila de Jericoacoara são divididos em dois sistemas, o sistema Barreiras e o sistema dunas litorâneas:

✓ Sistema barreiras (Aquíferas Barreiras): No aquífero Barreiras as vazões variam de 10 m<sup>3</sup>/h e 40 m<sup>3</sup>/h devido a sua litologia, composta argilas, arenitos e conglomerados, sendo em que alguns pontos a profundidade varia de 50 a 120 metros podendo ter uma produtividade alta com vazões variando entre 40 m<sup>3</sup>/h



e 100 m<sup>3</sup>/h com um nível estático de 13,8 m. Mas à medida que vai em direção ao interior a vazão varia de 10 m<sup>3</sup>/h a 40 m<sup>3</sup>/h. O volume de água que abastece as cidades nestas áreas, como o caso da Vila de Jericoacoara, ocorrendo na forma de aquíferos livres ou semi confinados e a vazão em Jijoca de Jericoacoara é de 5,98 m<sup>3</sup> /h com uma profundidade de 37 m (IBGE, 2013; CPRM, 2014).

✓ Sistema dunas litorâneas (Aquífero Dunas): As areias eólicas caracterizam-se pela ausência de frações de silte e argila, e apresentam textura uniforme com grãos arredondados e partículas distribuídas de areia média a fina. São moderadamente permeáveis (10<sup>-4</sup> a 10<sup>-6</sup> m/s) e formam aquíferos em áreas onde há boa espessura da zona saturada. As porosidades situam-se entre 30-40%. Ao contrário dos aluviões, os depósitos eólicos tendem a ser muito homogêneos, em escala local e as vezes em escala regional. (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000 *apud* FORTE e ABREU, 2017).

#### **4.7.2 Aquífero Fissural- (Domínio Cristalino)**

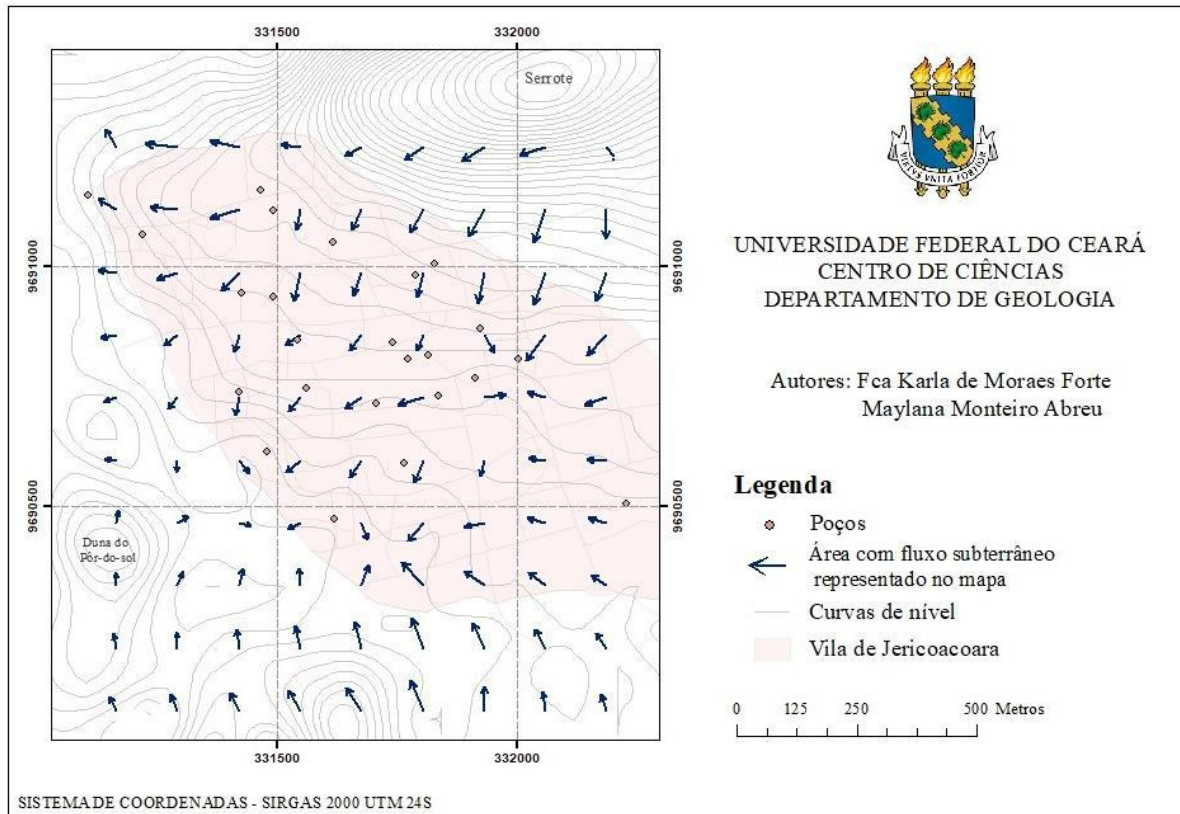
Está associado a grandes extensões de corpos maciços com rochas mais resistentes como quartzitos granitoides, gnaisses, dentre outras. Geralmente há muito pouca ou nenhuma porosidade primária, sendo necessário que haja fraturas para que a água subterrânea ocorra nessas rochas, criando uma porosidade secundária, responsável pelo armazenamento e uma permeabilidade [m<sup>2</sup>], que também se expressa como uma condutividade hidráulica [m/s], responsável pela circulação de águas subterrâneas. Estes aquíferos são denominados como meio anisotrópico pelo fato de a água fluir apenas em direções preferenciais (fraturas). O tipo de aquífero comum é do tipo fissural, onde a ocorrência de água subterrânea estão as fendas e fraturas onde a vazão é pequena (CPRM, 2014)

Na área estudada, o aquífero ocorre nas rochas metamórficas da Formação São Joaquim, no “Serrote da Pedra Furada”, onde a água percola pelas fraturas, que tem direção preferencial NW-SE, com sistema de fraturas principal N60W (ARRUDA, 2007; ICMBio, 2011; JULIO, 2012).

Segundo Forte e Abreu (2017) na região é possível inferir que há uma área de recarga a norte, que abrange o “Serrote da Pedra furada”. O fluxo dispersa em direção à região central da área, onde ocorre a área de descarga, caracterizada pelas cotas piezométricas mais baixas. E outra a sul da área de estudo, coincidente

com a região dunar, onde o fluxo converge para norte em direção à mesma área de recarga na porção central. Essa zona de convergência do fluxo registra também uma direção de fluxo preferencial em direção ao oceano, representando o nível principal da descarga da água subterrânea. Como pode ser observado na Figura 9

Figura 9 – Mapa de fluxos subterrâneo da Via de Jericoacoara



Fonte: Forte e Abreu (2017)

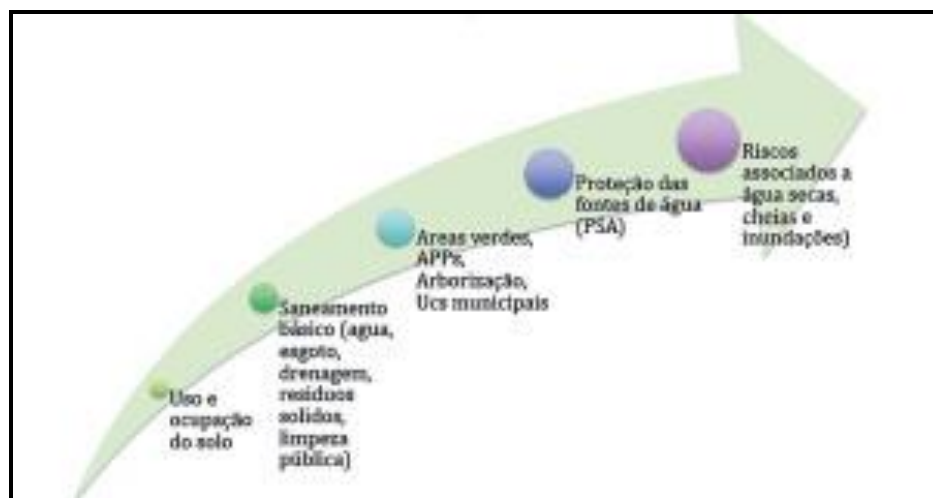
#### 4. SEGURANÇA HÍDRICA

Segundo o INPE/IGBP (2012), no século passado, a população mundial triplicou, mas o nosso consumo de água aumentou seis vezes. Ao mesmo tempo, a qualidade dos recursos hídricos disponíveis tem sido degradada pelas atividades humanas, inclusive o uso excessivo de agrotóxicos e o lançamento de esgoto e efluentes industriais não tratados. Demandas futuras de água terão de ser satisfeitas com recursos de ocorrência mais incerta e variável, tanto temporal quanto espacialmente.

Este cenário fica ainda mais claro quando 47% dos municípios brasileiros necessitam de ampliar o sistema de fonte de água, manancial de abastecimento ou mesmo a busca por novos mananciais (9%). Os municípios que usam somente mananciais de água superficiais representam 47%. (ANA, 2013).

Os Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos previsto nas leis das águas, nacional e estaduais, possui um mecanismo essencial para promover a gestão integrada (FIGURA 10), inclusive das águas urbanas, que são os comitês de bacias hidrográficas. Os Comitês – instâncias de Estado e colegiados que caracterizam o princípio da gestão descentralizada e participativa das águas uma vez que conta com a participação direta do poder público, dos usuários das águas e da sociedade civil. (REVISTA ÁGUAS DO BRASIL, 2017)

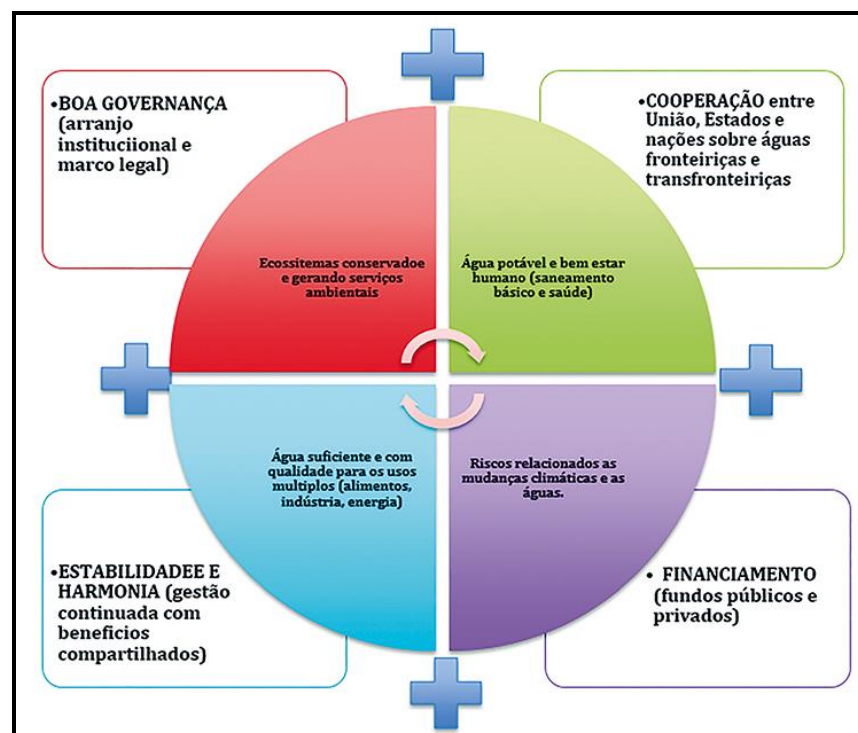
Figura 10- Diagrama da Gestão integrada das águas urbanas



Fonte: Revista Águas do Brasil, 2017.

Visando um olhar mais amplo e equilibrado sobre os recursos hídricos, discute-se a segurança hídrica, onde Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), segurança hídrica é “assegurar o acesso sustentável à água de qualidade, em quantidade adequada à manutenção dos meios de vida, do bem-estar humano e do desenvolvimento socioeconômico; garantir proteção contra a poluição hídrica e desastres relacionados à água; preservar os ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política” (FIGURA 11).

Figura 11- Diagrama da segurança hídrica



Fonte: Revista Águas do Brasil, 2017 (adaptado de UN-Water 2013 – Mauri)

O conceito de segurança hídrica é o novo desafio das organizações nacionais e internacionais a qual se tornou mais importante a uma década. Durante o 20º Fórum Mundial da Água de 2000, na Declaração Ministerial foi inserida a preocupação da segurança hídrica. Assim foi explicada a segurança hídrica: “significa garantir que ecossistemas de água doce, costeira e outros relacionados sejam protegidos e melhorados; que o desenvolvimento sustentável e a estabilidade política sejam promovidos; que cada pessoa tenha acesso à água potável suficiente a um custo acessível para levar uma vida saudável e produtiva, e que a população vulnerável seja protegida contra os riscos relacionados à água”. (REVISTA ÁGUAS DO BRASIL, 2017).

Agência Nacional de Águas (ANA) apresentou em (20/08/2014), em Brasília (DF), o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH). O PNSH será realizado por meio de parceria entre a ANA, o Ministério da Integração Nacional e o Banco Mundial, no âmbito do Programa de Desenvolvimento do Setor Água (Interáguas).

O objetivo do PNSH é definir as principais intervenções estruturantes e estratégicas de recursos hídricos para todo o País, tais como barragens, sistemas adutores, canais e eixos de integração, que são necessárias para garantir a oferta de água para o abastecimento humano e para o uso em atividades produtivas. Outro foco do Plano será reduzir os riscos associados a eventos críticos (secas e cheias).

O PNSH tem dois horizontes de trabalho. O primeiro, até 2020, é para identificação das demandas efetivas do setor de recursos hídricos, o que inclui um estudo integrado dos problemas de oferta de água e de controle de cheias em áreas vulneráveis, além da análise de estudos, planos, projetos e obras. No segundo, o Plano considera 2035 como prazo para o alcance das intervenções propostas pelo estudo, que visa a integrar as políticas públicas do setor de recursos hídricos. Uma das diretrizes do Plano é que as obras tenham natureza estruturante e abrangência interestadual ou relevância regional e garantam resultados duradouros em termos de segurança hídrica. As intervenções também deverão ter sustentabilidade hídrica e operacional. O PNSH vai analisar os usos setoriais da água sob a ótica dos conflitos pelo recurso – existentes e potenciais – e dos impactos na utilização da água em termos de quantidade e qualidade.

A alcançar a segurança hídrica depende da manutenção de um ciclo de funcionamento hidrológico, da implementação de sistemas confiáveis de engenharia, do desenvolvimento de conscientização sobre os riscos e de planos de mitigação, além da formulação de intervenções jurídicas, de políticas sensatas e de sistemas de gestão eficazes. A sociedade como um todo deve estar disposta a mudar. Não há uma rota simples para alcançar a segurança hídrica no futuro. Entretanto, é certo que os envolvidos com o desenvolvimento de soluções devem ter uma boa compreensão das complexidades, dos diferentes papéis e dos complexos mecanismos de feedback envolvidos no sistema global da água (INPE/IGBP, 2012).

Segundo a revista Águas do Brasil (2017), quanto mais água fornecermos para a população, maior será o impacto direto na produção do esgoto. Assim, se considerarmos que no Brasil, em 2010, possuíamos 61% de coleta de esgoto, e

somente 29% desta fração são tratados, temos um impacto significativo na qualidade das nossas águas.

Para uma gestão dos recursos hídricos eficiente, norteadada pela segurança hídrica é necessário que aspectos mínimos de saúde e cuidados ambientais sejam implantados como o saneamento básico, uma vez que, o mesmo oferece uma qualidade de vida socioambiental quando realizado de maneira adequada.

### **5.1 Saneamento Básico em Jericoacoara**

Segundo o relatório da FUNASA 2015 o Plano Municipal de Saneamento de Jijoca de Jericoacoara foi realizado em duas grandes etapas, que foi a elaboração do Plano de Mobilização Social e a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), propriamente dito. A elaboração do Plano de Mobilização Social (Produto B) consistiu no planejamento da mobilização da população, com a definição das instâncias e atividades que foram executadas durante todas as etapas do PMSB.

O órgão explica ainda que

A CAGECE é responsável pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário da sede municipal e da vila de Jericoacoara. A CAGECE existe sobre a forma de uma sociedade de economia mista, pessoa jurídica de direito privado, com capital aberto organizada sobre o controle acionário do estado do Ceará. Segundo o contrato de concessão dos serviços públicos de abastecimento de água e coleta, remoção e tratamento de esgoto sanitário, a CAGECE propôs no ato da concessão da outorga o prazo de 30 anos para a exploração com exclusividade no sistema de esgotamento sanitário e o de abastecimento de água no município em estudo. Nesse período a companhia pode fazer a implantação, exploração, ampliação e possíveis melhorias nos sistemas (PMSB, 2015, p. 81).

### **5.2 Abastecimento de água na Vila de Jericoacoara**

Segundo relatório da FUNASA, 2015, o Sistema de Abastecimento da vila de Jericoacoara é operado e administrado pela CAGECE. A captação da água é dada através de quatro poços tubulares com bombas submersas, que recalcam água para os reservatórios. A reservação da vila é composta por um reservatório apoiado (RAP-01), com capacidade de 250 m<sup>3</sup> localizado na ETA com função de reunião, e um reservatório elevado (REL-01), com capacidade de 150 m<sup>3</sup> com a

função de receber água da elevatória (EEAT-01) e abastecer a rede de distribuição de água da vila. Na Figura 12, pode-se observar parte desse sistema.

Figura 12 – Sistema de abastecimento de água na Vila de Jericoacoara: (a) poço de captação da CAGECE, (b) central de controle, (c) Estação Elevatória de Água, (d) Reservatório elevado.



Fonte: Acquatool consultoria, 2015 in FUNASA, 2015

Ainda de acordo com a FUNASA (2015), o tratamento de água na vila de Jericoacoara consiste em uma simples desinfecção com hipoclorito de cálcio no reservatório apoiado (RAP-01). Foi construído um tanque para o tratamento bacteriológico, (RAP-01) entretendo o mesmo nunca foi utilizado (FIGURA 13). A adução da água tratada é feita por adutoras em tubos PVC e DeF<sup>0</sup>F<sup>0</sup> de diâmetros nominais de 75 mm e 100 mm, com 1.292 metros de extensão. Atualmente existem 1.452 ligações na vila, onde, deste total, 1.181 são ativas. Estas ligações possuem colar de tomada, polietileno, kit cavalete e são 100% hidrometradas. O Tabela 2 a seguir apresenta a quantidade de ligações, assim como a situação das mesmas.

Figura 13 - Tratamento de água da vila de Jericoacoara. (a) tratamento por hipoclorito de cálcio- Ativa, (b) tratamento bacteriológico- desativado.



Fonte: Autora

Tabela 2 – Tipo de ligações prediais na vila de Jericoacoara

<b>Topos de Ligação</b>	<b>Nº</b>
Ativa	1.181
Cortada	95
Factível	61
Faturada Por Outro Imóvel	0
Ligação Sem Faturamento	0
Potencial	20
Suprimida	94
Suspensa	1
<b>Total</b>	<b>1.452</b>

Fonte: CAGECE, 2014 in FUNASA, 2015.

Os índices de atendimento se referem à quantidade de ligações de água ativas sobre a quantidade de domicílios. Atualmente, a localidade que possui um maior índice de atendimento de água é a Vila de Jericoacoara, com 104,4%, este número é devido ao fato da quantidade de ligações ativas de água ser maior que o número de domicílios (FUNASA, 2015). O quadro 9 mostra a relação entre Jericoacoara e Jijoca de Jericoacoara. Esse fato é explicado pelo grande número de demanda por água na Vila, voltado principalmente para atender as atividades comerciais voltadas para o turismo.



Quadro 9 - Índice de atendimento de abastecimento de água de Jericoacoara

<b>Índice de atendimento de abastecimento de água de Jericoacoara</b>				
<b>Localidade</b>	<b>Domicílios</b>	<b>Ligações ativas</b>	<b>Ligações totais</b>	<b>Índice de atendimento</b>
Jericoacoara	1.131	1.181	1.277	104,4%
Jijoca de Jericoacoara	2.928	2.106	2.367	71,9%

Fonte: Acquatool Consultoria, 2015 *apud* FUNASA, 2015.

Ainda de acordo com o órgão os poços da CAGECE possuem outorga de uso da água, sendo a da sede do município expedida em 2007 (Outorga N° 074) e a da Vila de Jericoacoara em 2006 (Outorga N° 469). Para 2015 a vazão média apurada para a Sede foi de 13,65 L/s, enquanto a vazão outorgada é de 8,75L/s, entretanto, a capacidade do manancial é de 28,50 L/s, portanto há disponibilidade de recurso, entretanto é necessária a permissão da COGERH. Em relação à Vila de Jericoacoara a situação é mais complexa, segundo o documento de outorga a capacidade do manancial é de 15,65 L/s e a vazão outorgada é de 4,3L/s, entretanto, já em 2015, o manancial apresentou uma vazão média de 25,75 L/s, superior a capacidade do Poço.

O relatório mensal de qualidade de água do sistema de abastecimento de água potável de Jericoacoara fevereiro de 2018 apresenta um resumo dos parâmetros básicos de controle de qualidade da água na rede de distribuição de 01/02/2018 a 28/02/2018 (QUADRO 10).

Quadro 10 - Relatório mensal de qualidade de água do sistema de abastecimento de água potável de Jericoacoara fevereiro de 2018.

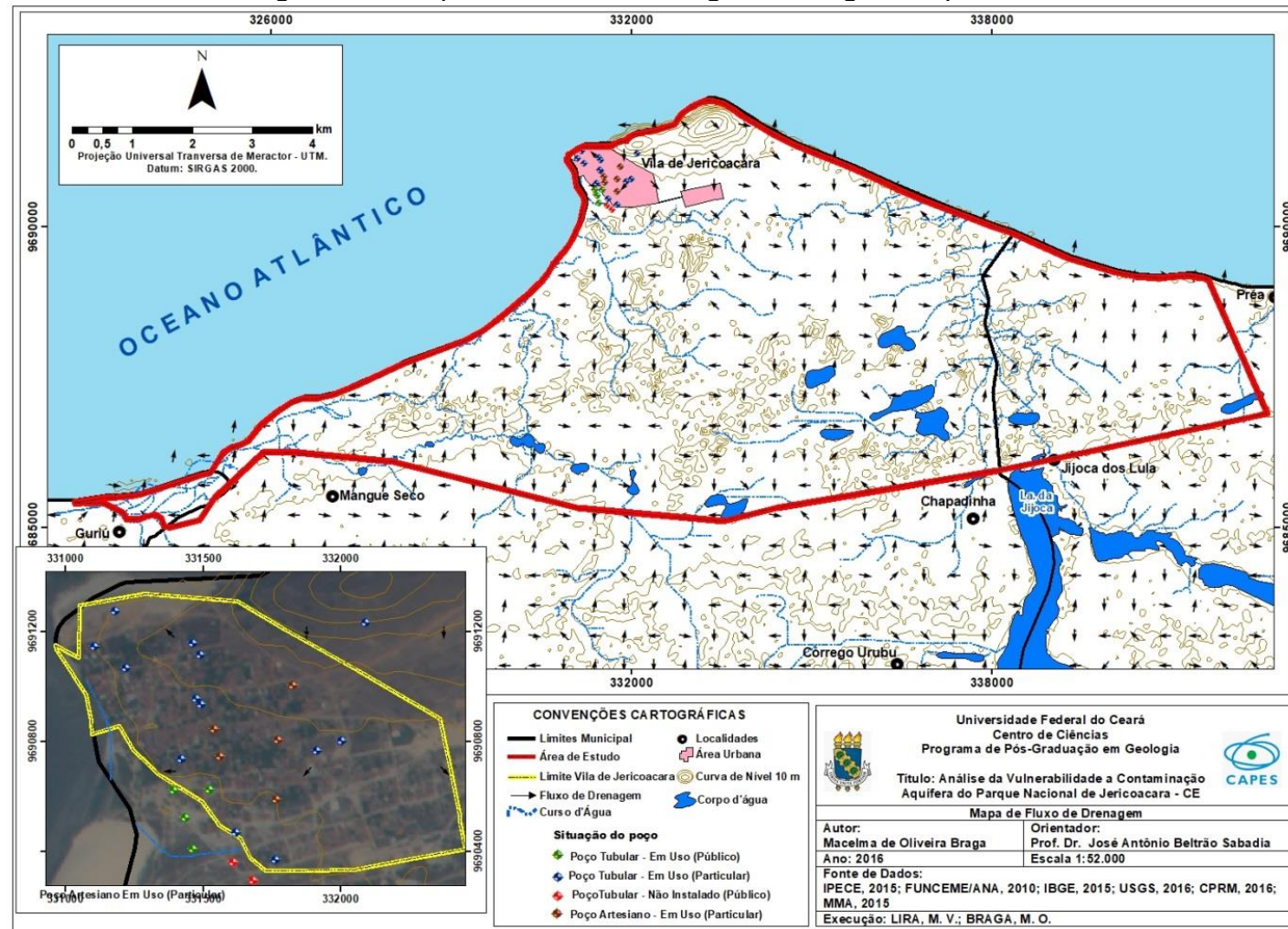
<b>Parâmetro</b>	<b>N. de Amostras</b>			<b>Padrão da Portaria de Consolidação n. 5/17/MS</b>
	<b>Rede de distribuição</b>			
	<b>Exigidos</b>	<b>Analisados</b>	<b>Em conformidade</b>	
Turbidez	10	10	10	Máx. 5,0 UT
Cor	5	10	10	Máx. 15,0 UM
Cloro residual livre	10	10	10	Min. 0,2 mg Cl <sub>2</sub> /l
Coliformes totais	10	10	10	Máx. 01 amostra não conforme
E. COLI	10	10	10	Ausência

Fonte: CAGECE, 2018

Na estação de tratamento de água de Jericoacoara, além das análises de rotina operacional a água produzida é diariamente avaliada pelo laboratório Regional de Sobral, onde são coletadas amostras mensais em pontos estratégicos.

A grande exploração dos recursos hídricos subterrâneos está relacionada a pouca expressão dos recursos hídricos superficiais, podendo ser visualizada através do mapa de fluxo de drenagem superficial, (FIGURA 14), gerando grande carência dos aquíferos, onde os mesmos são responsáveis pelo abastecimento exclusivo de água para vila. Outra preocupação refere-se à intrusão salina, já que os poços apresentam vazão superior á sua capacidade.

Figura 14- Mapa de fluxos e drenagem das águas superficiais



Fonte: Elaboração Lira, M.V; BRAGA, M.O.

### 5.3 Esgotamento Sanitário

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Vila de Jericoacoara é composto por duas estações elevatórias que operam em rodízio, uma estação de tratamento do tipo Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente (DAFA), um sistema para o tratamento dos gases provenientes do digestor anaeróbico, Filtro aerado submerso (FSAs), dois Decantador-Lamelar (DL), Leitões de Secagem e um Tanque de Contato. Sua rede coletora possui uma extensão total de 12.812,24 metros. (FUNASA, 2015). Na Tabela 3 são mostrados os tipos e quantidades de ligações de esgoto que fazem parte do sistema.

Tabela 3- Ligações de esgoto na Vila de Jericoacoara

<b>Tipo de Ligação</b>	<b>Número</b>
Ativo Condominal	0
Ativo Normal	589
Factível	317
Faturado por Outro Imóvel	0
Ligado S/ Interligação	350
Ligado Sc	28
Potencial	153
Suspenso	15
Tamponado	0
<b>Total</b>	<b>1452</b>

Fonte: Acquatool Consultoria, 2015 *apud* FUNASA, 2015.

O relatório da FUNASA (2015, p. 36) esclarece que:

Atualmente o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Vila de Jericoacoara limita-se por uma única bacia com um sistema de rede coletora que atende a região quase que em sua totalidade. A EEE-01 é dotada de um poço úmido com duas bombas submersas dimensionadas para uma vazão de 24 L/s, um gerador para o caso de paradas no fornecimento de energia e um agitador no poço. Nesta elevatória há dois cestos para retenção dos sólidos grosseiros, e quanto à desarenação, a Companhia adaptou um agitador no poço junto à bomba, vista que a caixa de areia, bem como a plataforma de secagem, poderiam gerar gases odorantes. A EEE-02, localizada na própria Estação de tratamento de esgoto (ETE), (Figura 15), funciona com um conjunto motobomba autoescorvante dimensionada para uma vazão de 10 L/s, além de possuir um pré-tratamento, a fim de facilitar a sua operação. A ETE da Vila foi dimensionada para atender uma vazão média diária de 1.020,00 m<sup>3</sup>, composto, dentre outras unidades, de um tratamento preliminar com gradeamento, medidor de vazão, uma caixa de um Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente (DAFA) dividido em dois módulos.

Figura 15 - Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)



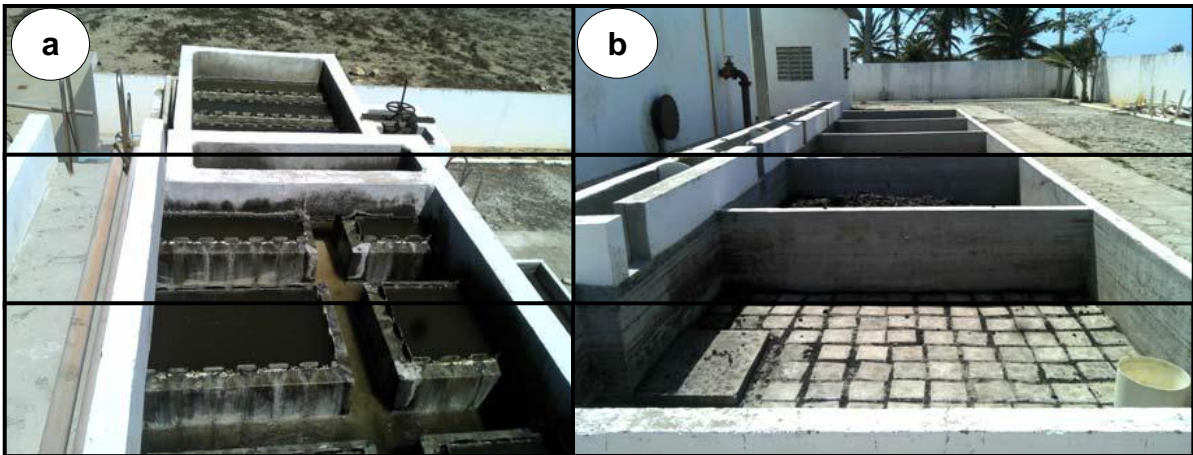
Fonte: Acquatool Consultoria, 2015.

Uma estação de tratamento gera gases que requerem um cuidado adequado. Segundo o relatório da FUNASA, 2015, A ETE da Vila de Jericoacoara possui um sistema para o tratamento dos gases provenientes do DAFA, localizado ao lado do digestor anaeróbio, de modo que o biogás passe por uma suspensão de cal antes de ser encaminhado para a atmosfera. O descarte dos gases ocorre a 9 metros do nível do terreno e existe ainda um laboratório para o controle dos padrões de lançamento do efluente.

Adequação de filtros, decantador e um plano de desinfecção (FIGURA 16), bem como o destino final do efluente são outros aspectos a serem observados em uma ETE. O relatório da FUNASA (2015, p. 75) informa que:

A ETE possui dois módulos de Filtros Submersos Aerados (SAFA) de comprimento 5,50 m, um Decantador Lamelar (DL), construído em dois módulos e área de 4,55 m<sup>2</sup>. O tanque de contato (TC) existente na ETE que foi dimensionado para um tempo de detenção hídrica (TDH) mínimo de 30 min e desinfecção através da aplicação da solução de hipoclorito de sódio e Leitos de Secagem de área total 85,4 m<sup>2</sup> (figura 16). A solução adotada para destinação final do lodo desidratado nos leitos de secagem é a higienização com cal, e a destinação final é no aterro sanitário de Sobral. Esta ETE foi dimensionada para atingir uma eficiência mínima na remoção de DQO de 90,6%; 93,8% de DBO e 99,998% na retirada de coliformes termotolerantes (CF), entretanto, não existem dados dos efluentes que possibilitem inferir acerca dos níveis de eficiência do sistema. Há também um emissário para o efluente final com o diâmetro de 200 mm que transporta o esgoto do fundo do tanque de contato da estação de tratamento a um terreno localizado na própria área da CAGECE, que foi projetado com sistema de gotejamento como método de disposição à superfície.

Figuras 16– Estação de Tratamento de Esgoto do PARNA (a), Decantador Lamelar (DL). b) Leitos de Secagem.



Fonte: Acquatool Consultoria, 2015.

Para monitorar a qualidade do lençol freático foram perfurados 4 poços com o intuito de acompanhar a percolação do esgoto tratado.

Segundo Guimarães (2013) devido ao crescimento turístico na vila de Jericoacoara, houve um grande aumento do volume de esgoto produzido. Mesmo depois da implantação da rede de esgotamento sanitário pela CAGECE, em 2009, acidentes envolvendo a rede de esgoto foram recorrentes. Além disso, até 2013 apenas 50% das casas da vila eram ligadas a rede coletora e grande parte do esgoto continuava a ser depositados em fossas, causando transbordamento frequente dos esgotos.

Esses transbordamentos de esgoto foram noticiados em uma matéria publicada no site do Jornal O Povo (2013), onde uma das estações elevatórias, localizada na rua Principal, próxima à praia, apresentou defeito na bomba, ocasionando um vazamento do esgoto diretamente na rua (FIGURA 17). Segundo moradores, nessa mesma notícia, o problema era recorrente, e que sempre que aumentava o fluxo de turistas, vazamentos de esgoto voltavam a acontecer.

Figura 17 - Estação elevatória com vazamento de esgoto diretamente na rua.



Fonte: Verdes Mares, 2013.

A rede de esgoto foi projetada para atender a população até 2020, entretendo segundo a funcionária responsável pela CAGECE no Parque, ela já ultrapassou o suporte da mesma. Já foi esquematizado um projeto de ampliação da Estação de tratamento, mas ainda se encontra em fases de discursões.

Principais problemas encontrados no sistema de Esgotamento sanitário da vila de Jericoacoara segundo relatório da CAGECE e o relatório da FUNASA foram:

- ✓ Ausência de qualquer tipo de pavimentação nas vias;
- ✓ Presença de sedimentos nas tubulações e estruturas que, além de dificultar o escoamento do efluente, podem também provocar o transbordamento do esgoto;
- ✓ Falta de mais um agitador para a segunda bomba, que facilite a passagem de materiais fibrosos sem o entupimento;
- ✓ A EEE-01 não possui subestação, este fato prejudica a vida útil das bombas e provoca interrupções no funcionamento devido aos picos de demanda de energia;
- ✓ Existência de uma rede coletora em desacordo com a capacidade mínima de arrasto (300 m);
- ✓ Posição inadequada, a EEE-01 e parte da rede coletora de esgoto encontram-se vizinhas aos principais poços de captação de água que abastecem a vila;

✓ Problema de eficiência no tratamento, ETE, que tem forte relação com a concepção dos Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente. Inadequado devido ao aumento do consumo dado o elevado fluxo turístico sazonal;

✓ Deterioração das placas que controlam a passagem do efluente no tanque de desinfecção, assim o sistema encontra-se praticamente sem funcionalidade;

✓ Deficiência na vigilância, as cercas de delimitação da ETE são frequentemente abertas pelos moradores para deixar livre a passagem dos animais para se alimentarem do capim existente no local;

✓ O emissário apresenta um mau funcionamento do sistema de gotejamento para o qual foi concebido, apresentando entupimentos e partes da tubulação rompidas, tornando o corpo receptor com uma camada excessiva de material biológico, que acaba ocasionando uma saturação do solo, e, conseqüentemente, o seu afloramento do efluente;

✓ Demanda bioquímica de oxigênio muito acima dos padrões da legislação (706,00 mg/L) apresentando baixos níveis de eficiência; 12) risco de contaminação, onde todo efluente proveniente da ETE é infiltrado no solo de alta permeabilidade, podendo chegar aos mesmos aquíferos subterrâneos que abastecem os poços tubulares de captação de água e que são parte do Parque Nacional de Jericoacoara;

✓ Presença de fossas rudimentares, e também as fossas sépticas, estas representam um sério problema para o meio ambiente e para a sociedade, uma vez que os resíduos podem contaminar o lençol freático que abastece a cidade, além de causar várias doenças à população.

Os efluentes tratado da ETE da vila de Jericoacoara são lançados em locais onde não existe nenhum curso d'água identificável, tratando-se de terrenos vizinhos às estações de tratamento, cujo corpo receptor é o próprio solo desses terrenos que, após ocasionar encharcamento dos mesmos, parte evapora e uma grande porção infiltra no solo durante grande parte do ano, ou seja, não apresentam capacidade de suporte para o lançamento dos efluentes de esgoto doméstico, mesmo previamente tratados.

Outro fator preocupante é o fato de que os poços de propriedade da CAGECE que abastecem a esta localidade se localizam a jusante do ponto de



lançamento dos efluentes, podendo sofrer contaminação provenientes dos esgotos tratados lançados no aquífero. Além disso, vale destacar que devido à localização da ETE da Vila de Jericoacoara e à direção dos ventos, os gases produzidos pelo Digestor (DAFA) provocam fortes odores, causando desconfortos à população (FUNASA, 2015).

Em uma matéria publicada no site do jornal Diário do Nordeste, 2018, O crescimento desordenado e vertiginoso em relação ao número de visitantes e moradores tem sobrecarregado a rede de esgoto e abastecimento de água da região. O problema é potencializado pela quantidade de imóveis que não possuem rede de esgoto à disposição, entretanto, não usam a existente na vila. Isso pode impactar na contaminação do lençol freático, além de acarretar outros perigos.

De acordo com o plano Municipal de Saneamento básico (PMSB) de 2014, a Vila possuía em torno de 1,131 domicílios, destes, apenas 632 estavam adequadamente ligados à rede de esgoto, ou seja, 52%. A cobertura da rede era de 88%.

Mas o acentuado crescimento populacional que hoje identifica cerca de 3 mil moradores segundo a matéria do jornal Diário do Nordeste, 2018, o atendimento passou para aproximadamente 995 de cobertura, mas ainda apresenta problemas com a baixa adesão dos próprios moradores, ao serviço, incluindo a rede de hotéis e pousadas, que acaba por comprometer a sustentabilidade da Vila.

Segundo o secretário de turismo, em reportagem ao jornal, a vila receberá novos investimentos este ano por meio da SETUR, com repasse de R\$ 5 milhões a serem utilizados em saneamento básico, com a construção das novas estações de tratamento de esgoto (ETE) e estação de tratamento de água (ETA). A expectativa de entrega dos projetos será para 2019. O Poder Público Municipal espera que as novas estruturas tenham capacidade para uma cobertura dentro dos próximos 20 anos.

O projeto e melhorias do sistema de esgotamento sanitário de Jericoacoara em seu projeto básico implicam em substituição e construção da rede coletora, estação elevatória e linhas de Recalque.

Segundo o projeto da CAGECE a Rede coletora atual tem uma extensão de 12883,29 pretende-se substituir 800,52 e está projetado uma ampliação de 3,133,34.

## 5.4 Resíduos sólidos

A coleta de lixo deve ser feita de acordo com a quantidade de lixo gerado adequando-se a dinâmica da região. O relatório da FUNASA (2015) relata as peculiaridades do sistema de coleta da vila de Jericoacoara, onde o mesmo afirma que:

A coleta de resíduos domiciliares (RDO) ocorre de segunda a sábado na Vila de Jericoacoara, já coleta de resíduos públicos (RPU), é realizada apenas na Sede Municipal. O destino final dos resíduos gerados é o lixão, que está a 9 km da sede de Jijoca, próximo à localidade Baixio. O lixão é delimitado por uma cerca de arame farpado e há a presença de animais em seu interior. Não há vigilante no local, O lixo é frequentemente enterrado, e tanto os resíduos dos serviços de saúde quanto às podas de árvores são queimadas. Existe Usina de Reciclagem (UR) na vila de Jericoacoara. Atualmente chegam à UR aproximadamente 1.600 kg de resíduo seco por dia, deste total, 30% corresponde à reciclagem de vidro (FUNASA, 2015, p. 86).

A quantidade de resíduos gerados na Vila de Jericoacoara é superior ao coletado em todo município, como mostra o Quadro 11, fato extremamente preocupante uma vez que, esse serviço não é totalmente eficaz. A intensa produção de resíduos está relacionada à grande demanda turística da área.

Quadro 11 - Quantitativo de resíduos coletados diariamente em Jericoacoara

Local	RDO(Kg/dia)	RPU (Kg/dia)
Sede Municipal	7520,10	5,582,74
Vila de Jericoacoara	15,918,15	0,00
Demais Localidades	6.338,37	0,00

Fonte: Acquatool Consultoria, 2015.

A usina de reciclagem existe em forma de cooperativa e trabalha em parceria com a prefeitura e os comerciantes locais. A mesma recebe uma verba da prefeitura para recolher o lixo reciclado do pequeno produtor, a população, já a coleta dos resíduos provenientes dos grandes produtores, comerciantes, donos de pousadas, hotéis, dentre outros é paga pelos próprios geradores.

A usina conta com 2 máquinas a pré-prensa e a prensa (Figura 18). Um caminhão cedido pela prefeitura para realizar a coleta e outro para transportar o

material para ser comercializado. O material reciclável é vendido para um comerciante do município vizinho, Cruz, exceto o vidro que é levado para Fortaleza.

Figura 18 - Maquinário da usina de reciclagem, (a) pré prensa, (b) prensa.



Fonte: Autora

Principais deficiências no sistema de manejo de resíduos sólidos e limpeza pública segundo o relatório da FUNASA, 2015.

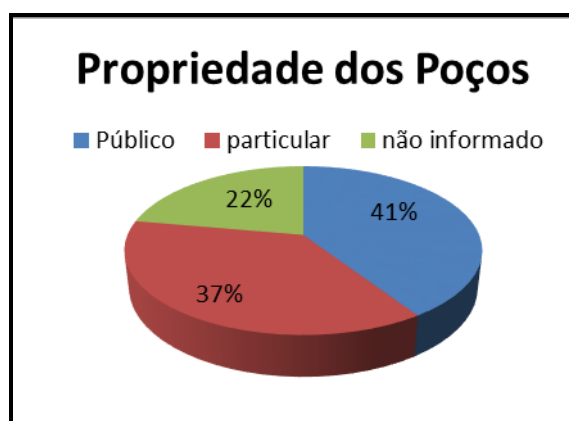
- ✓ Coleta pela prefeitura de todos os tipos de resíduos produzidos;
- ✓ Deficiência no número de funcionários e veículos;
- ✓ Dificuldade de acesso às ruas a certas localidades da Vila;
- ✓ Disposição final dos resíduos inadequada, lixão;
- ✓ Ausência de balança para realizar a pesagem dos resíduos coletados,
- ✓ Por vezes, a frequência da coleta é prejudicada devido a problemas mecânicos dos veículos coletores, principalmente os que fazem o percurso pela praia, por trilhas, para chegar até a Vila de Jericoacoara.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Os estudos sobre as águas subterrâneas do PARNA de Jericoacoara foram realizados através da análise dos cadastros de poços tubulares da CPRM onde foram identificados 28 poços tubulares na região, dos quais seis (6) desses poços são de propriedade da CAGECE. Os poços apresentam vazão média (Q) de 13,13 m<sup>3</sup>/h, Nível Estático Médio (NE) de 5,2 metros e Nível Dinâmico Médio (ND) de 16,73 metros e uma profundidade média de 40 metros.

Destes poços 11 são públicos e 10 são particulares, e em 7 poços não foi possível identificar o proprietário segundo os dados dos perfis. (GRÁFICO 2).

Gráfico 2- Classificação dos poços segundo propriedade.



Fonte: CPRM, 2016, Adaptação: Autora.

Antes da implementação da estação de tratamento e distribuição de água da CAGECE, as casas e estabelecimentos comerciais eram abastecidos, em sua maioria, por poços do tipo amazonas (cacimbas), revestidos com tijolos ou anéis de cimento pré-moldados, com profundidade em média de 8,00 metros. A maioria dos poços foi construído de forma artesanal e executados pelos próprios proprietários. Havia pouca ocorrência de poços tubulares rasos e alguns poços tubulares profundos (acima de 20 metros). (BARRETO e COSTA 2002).

Observou-se que o primeiro poço foi perfurado em 1984, situado na rua do Forró com 42m de profundidade, seguidos pelos poços perfurados em 1989, poços públicos, pertencentes ao Governo do Estado do Ceará quatro no total, encontrando-se atualmente fechados (2) e abandonados (2).

Após 1999, as residências e estabelecimentos comerciais começaram a ser abastecidos pela CAGECE, e quase todos os poços do tipo amazonas foram desativados ou interditados com entulhos e lixo, pelos próprios moradores. Entretanto ainda foi possível identificar 5 poços do tipo amazonas, 4 deles em utilização, com 8 metros de profundidade, em média, e 4,63 metros de nível da água. (FORTE e ABREU, 2017).

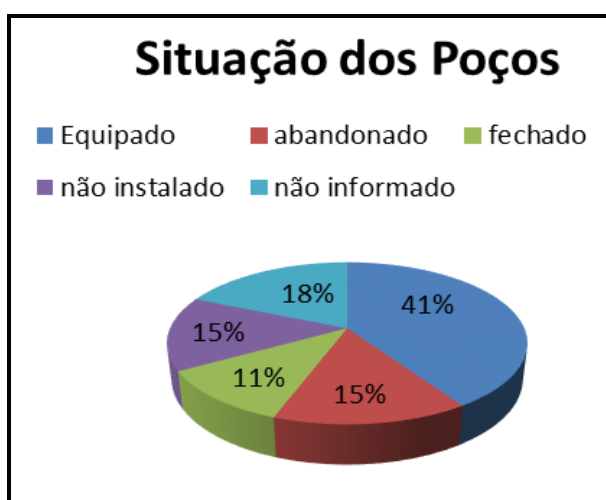
Devido ao crescimento habitacional e turístico no parque houve um aumento de perfuração nas últimas décadas de poços tubulares. Tal fato foi impulsionado pela grande demanda de água para a área.

Os poços em uso (operação) são aqueles que funcionam regularmente. Os desativados (paralisados) estão sem funcionar devido a problemas relacionados à manutenção ou quebra de equipamentos. O não instalado é o poço que foi perfurado, mas não foi equipado com sistema de bombeamento e distribuição. E por fim, os abandonados, que são aqueles poços obstruídos, entupidos com cimento, lixo ou soterrado, onde a recuperação destes pode ser muitas vezes inviável.

Os dados disponíveis encontram-se incompletos onde em algumas fichas técnicas não disponibilizavam nem dados básicos como profundidade do poço, proprietário, destino do mesmo e data de perfuração.

Da bateria dos 27 poços da região identificou que 03 estão fechados, 04 estão abandonados, 11 são equipados e 04 não estão instalados, em cinco poços não constam informações na sua ficha técnica sobre sua situação (GRÁFICO 3).

Gráfico 3- Caracterização dos poços de acordo com o uso.

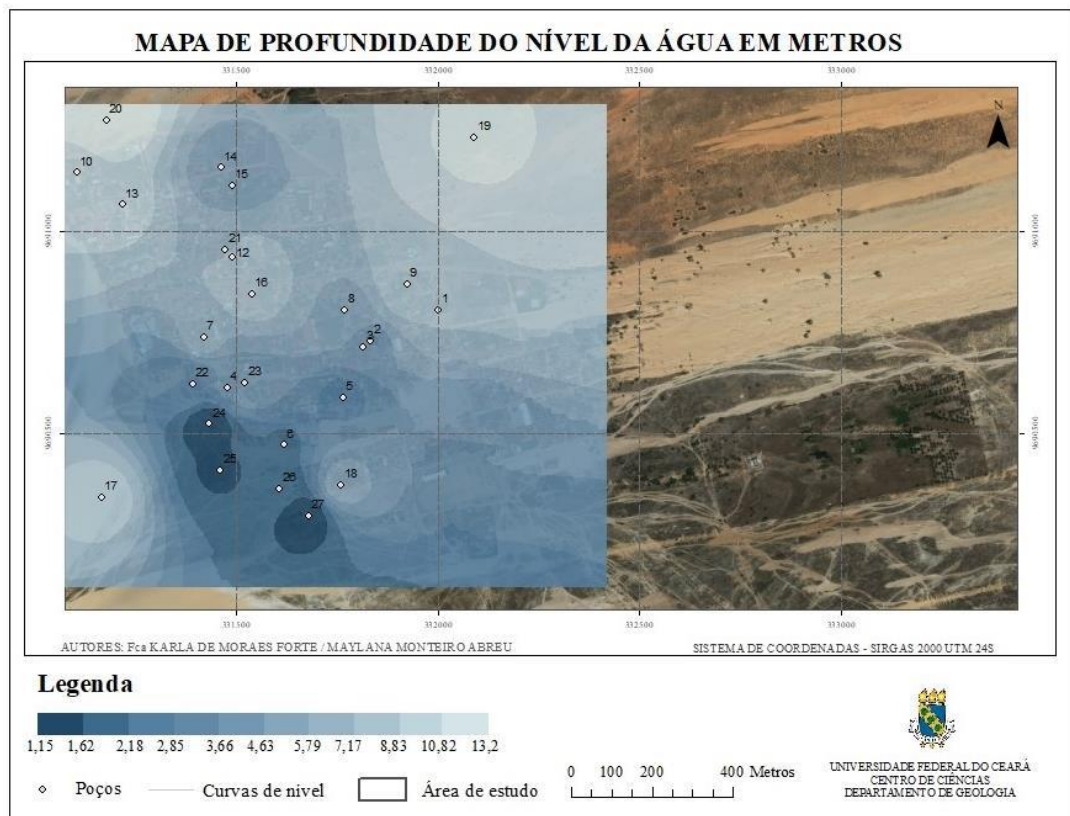


Fonte: CPRM, 2016, Adaptação: Autora.

Os poços em uso (operação) são aqueles que funcionam regularmente, na região estes poços destinam-se ao abastecimento público, abastecimento múltiplo e abastecimento residencial. Os desativados (fechados) estão sem funcionar devido a problemas relacionados à manutenção ou quebra de equipamentos. O não instalado é o poço que foi perfurado, mas não foi equipado com sistema de bombeamento e distribuição. E por fim, os abandonados, que são aqueles poços obstruídos, entupidos com cimento, lixo ou soterrado, onde a recuperação desse poço pode ser muitas vezes inviável.

Já os poços cadastrados no PARNA por Forte e Abreu totalizaram 27 poços (QUADRO 12) com profundidade média de 40 metros e nível estático médio (NE) de 5,9 metros, caracterizando-se como nível freático raso, onde as menores profundidades freáticas estão nas regiões de menor cota altimétrica, na porção centro sul da vila (FIGURA 19). Já os níveis freáticos mais profundos ocorrem nas regiões do “Serrote da Pedra Furada” e da “Duna do Pôr-do-sol”, onde estão as maiores cotas altimétrica da porção centro sul da vila. (FORTE E ABREU, 2017).

Figura 19 - Mapa de profundidade do nível da água em metros dos poços em Jericoacoara.



Fonte: Forte e Abreu, (2017).

Quadro 12 – Localização e Nível Estático (NE) dos poços de Jericoacoara.

PONTO	LONGITUDE (E)	LATITUDE (N)	NE (m)
1	332003	9690805	8.7
2	331834	9690729	3.33
3	331815	9690815	4.40
4	331478	9690613	4.00
5	331765	9690590	2.48
6	331619	9690471	1.95
7	331420	9690738	7.15
8	331771	9690806	5.26
9	331924	9690870	8.20
10	331105	9691147	9.15
11	331826	9690006	1.80
12	331492	9690937	8.99
13	331219	9691067	9.51
14	331463	9691159	4.99
15	331490	9691115	5
16	331540	9690845	7.92
17	331166	9690342	8
18	331761	9690372	5.3
19	332091	9691233	11
20	331179	9691276	13.2
21	331474	9690956	6.5
22	331393	9690623	2.84
23	331522	9690626	4.54
24	331434	9690523	1.15
25	331461	9690409	1.54
26	331608	9690363	1.7
27	331680	9690295	1.3

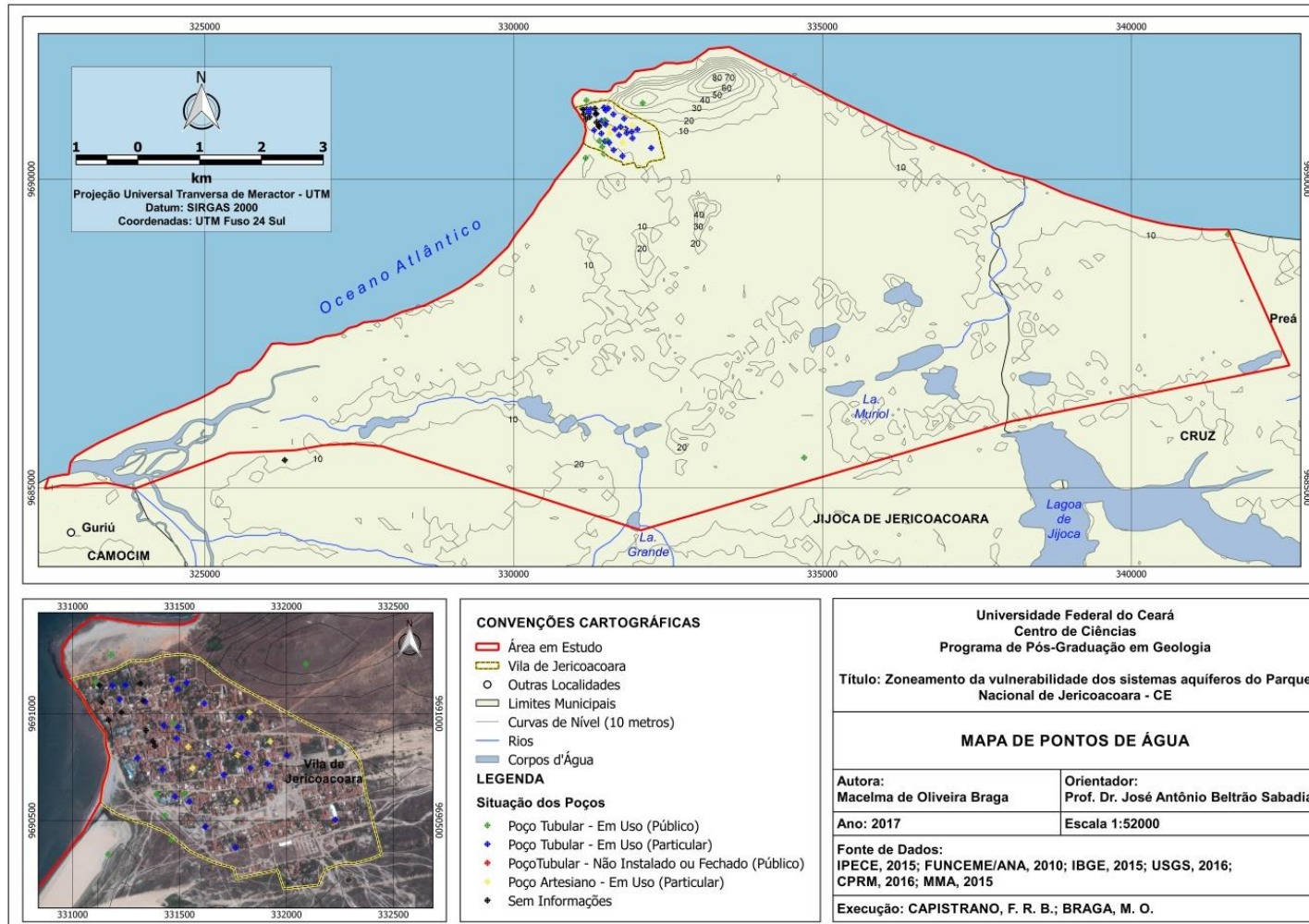
Fonte: Forte e Abreu, (2017)

Segundo Forte e Abreu, 2017, desses poços cadastrados, quanto ao tipo de obra de captação, 79% são tubulares e 21% são amazonas. Dos poços tubulares, 75% são usados em estabelecimentos comerciais e 100% dos poços amazonas são usados em residências.

### 6.1 Mapa de Pontos d'água.

A identificação dos poços visa orientar a ocupação do terreno, o mapa de pontos d'água, reuni os poços cadastrados pela CPRM e os de Forte e Abreu, 2017, identificando suas principais particularidades. Os poços concentram-se na vila, (FIGURA 20), uma vez que existe uma grande demanda motivada pela atividade turística.

Figura 20 – Mapa de ponto d'água



Fonte; CAPISTRANO e OLIVEIRA, 201



## 6.1 Qualidade das obras de captação

Em relação à qualidade de construção dos poços, 15,8 % dos poços não tem nenhum tipo de proteção sanitária. 26,4% dos poços não têm tampa e 100% dos poços não tem laje de proteção ou não tem as dimensões corretas especificadas pela ABNT. As principais finalidades da água são para uso doméstico, recreativo e consumo humano.

### I. Tipos de revestimentos dos poços;

Segundo a ABNT NBR 12244, O revestimento de completação deve ser especificado quanto à natureza, resistência mecânica, corrosão, estanqueidade das juntas, manuseabilidade na colocação, e resistência às manobras de operação e manutenção do poço.

Os poços tubulares no PARNA de Jericoacoara apresentam diâmetro de 6 polegadas, revestidos por canos de PVC aditivado (geomecânico), entretanto também pode-se observar revestimentos por tubos de PVC comum.

Os poços amazonas na região são construídos de forma mais artesanais, com diâmetro de 1,50 a 2,00 m na sua maioria, são utilizados revestimentos de anéis pré-moldados de concreto em sua grande parte, podendo ser utilizado também o revestimento de alvenaria.

### II. Laje de proteção;

Concluídos todos os serviços no poço, deve ser construída uma laje de concreto, fundida no local, envolvendo o tubo de revestimento. A laje de proteção deve ter declividade do centro para a borda, espessura mínima de 15 cm e área não inferior a 1,0 m<sup>2</sup>. A coluna de tubos deve ficar saliente no mínimo 50 cm sobre a laje segundo as normas da ABNT NBR 12244.

Os poços construídos na Vila de Jericoacoara na sua maioria não apresentam lajes de proteção, sendo observado algum tipo de cimentação no solo, visando mais o isolamento do que a proteção do poço.

### III. Tampa;

Segundo as normas da ABNT NBR 12244, quando concluídos todos os serviços, o poço deve ser lacrado com chapa soldada, tampa rosqueável com cadeado ou válvula de segurança.

As tampas têm a função de proteger o poço de materiais que possam vir a contamina-los. Na Vila de Jericoacoara os poços apresentam tampas, mas a

maioria inadequada ou já comprometida pela ferrugem. Entretanto também foi observado poços sem nenhuma proteção sanitária, com ausência de tampa.

#### IV. Finalidades das obras de captação;

Os poços de Jericoacoara são utilizados para o abastecimento público, residencial e comercial.

A região é abastecida exclusivamente por águas subterrâneas, onde as águas captadas pelos poços são utilizadas para consumo humano e atividades de lazer em piscinas e chuveiros em hotéis, pousadas, *hostels*.

#### V. Sistema de bombeamento;

O bombeamento da água do poço é feito por bombas submersas, com profundidades variadas, e requer a existência de energia elétrica trifásica. Sua instalação é feita dentro do poço mediante apenas um cano (tubo edutor), que liga a bomba ao reservatório, e um fio grosso que liga a bomba a um quadro elétrico situado, geralmente numa casa de bomba (ou de força), do tipo automáticas, que cessam o bombeamento após encher a caixa d'água usada no local. (FORTE E ABREU, 2017)

Segundo a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (Arce), atualmente 90% do total de poços de Jericoacoara não são regularizados.

De acordo com Alceu Galvão, analista de regulação da Arce, em reportagem publicado no site do jornal Diário do Nordeste 2018, Jericoacoara necessita de um foco nas ações de desenvolvimento ambiental sustentável. “Ela se tornou um dos principais destinos turísticos do Brasil. Esse crescimento é importante, mas traz consequências que podem se tornar grandes problemas para a vila. Por lá, as ligações clandestinas têm extrapolado o que suporta a rede e pode a qualquer momento gerar danos gravíssimos, que podem comprometer a imagem da própria Praia”, destaca.

Para diminuir esses problemas, em 19/02/2018, a vila de Jericoacoara recebeu a campanha “Abraço Jeri e Cuido do Meio Ambiente”. Trata-se de uma ação estratégica, realizada por meio da parceria entre órgãos e instituições das esferas Municipal, Estadual e Federal, que tem por objetivo sensibilizar e fiscalizar residências e empreendimentos sobre o descarte adequado do esgoto gerado na vila, bem como o uso responsável da água. “Além de ajustar as condutas, a campanha também vai orientar e alertar empreendedores e a população sobre o

papel de cada um na preservação do meio ambiente”, explica Alceu Galvão para o site.

A campanha “Abraço Jeri e Cuido do Meio Ambiente” tem como participantes a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Agência Reguladora do Estado do Ceará (ARCE), Superintendência do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), Ministério Público do Ceará, Instituto Chico Mendes (ICMBio), além da Prefeitura Municipal de Jijoca de Jericoacoara e entidades locais.

A campanha será dividida em duas fases: momentos de sensibilização e fiscalização. No primeiro momento, aconteceram visitas porta a porta esclarecendo sobre o cumprimento da legislação ambiental vigente e o uso adequado da rede de esgoto. Existiram também ações educativas em praças e outros locais. No segundo momento, será iniciada a etapa de fiscalização, com notificação e autuação das possíveis irregularidades detectadas pelos órgãos ambientais.

### **6.3 Atividades Potencialmente Poluidoras**

#### ***6.3.1 Construção de poços tubulares irregulares.***

Os poços devem ser construídos longe de áreas com significativo potencial de contaminação do solo e águas, como locais próximos a fossas sépticas, locais de despejamento de produtos químicos diretamente no solo, armazenagem de combustíveis e outros.

Para preservação dos aquíferos é importante que os poços possuam filtro e pré-filtro evitando a entrada de sedimentos e águas contaminadas. Os poços rasos, conhecidos popularmente como cacimbas, que normalmente apresentam grande diâmetro (1 a 2m), além dos filtros o acabamento da parte superior é fundamental, uma vez que, tem a função de vedar o poço, protegendo assim o aquífero e a água captada pelo poço de águas superficiais contaminadas. Evitando também o seu desmoronamento.

No PARNA existe uma concentração muito elevada de poços, uma vez que, estes são responsáveis pelo abastecimento público, e utilizados nas atividades turísticas da vila, os mesmos estão aglomerados na área urbana, situados próximos

a residências e estabelecimentos comerciais. Na Vila estão presentes os poços públicos e particulares. Muitos poços funcionam de forma irregular sem a devida outorga e fora dos padrões técnicos da ABNT

### **6.3.2 Cemitérios**

A localização inadequada, sem estudos e levantamentos geológicos e hidrológicos oferecem riscos potenciais de contaminação de águas subterrâneas por microorganismos, que proliferam durante a decomposição dos corpos, e elementos químicos diversos.

Na vila de Jericoacoara existem dois cemitérios podendo ser considerados como uma potencial fonte de contaminação. Um está situado no final da rua principal, na parte leste da vila, com cota de 19 metros, outro, a noroeste da vila, próximo à praia e ao Serrote, com cota de 10 metros (FIGURA 21)

**Figura 21 - Cemitério localizado a noroeste da vila de Jericoacoara**

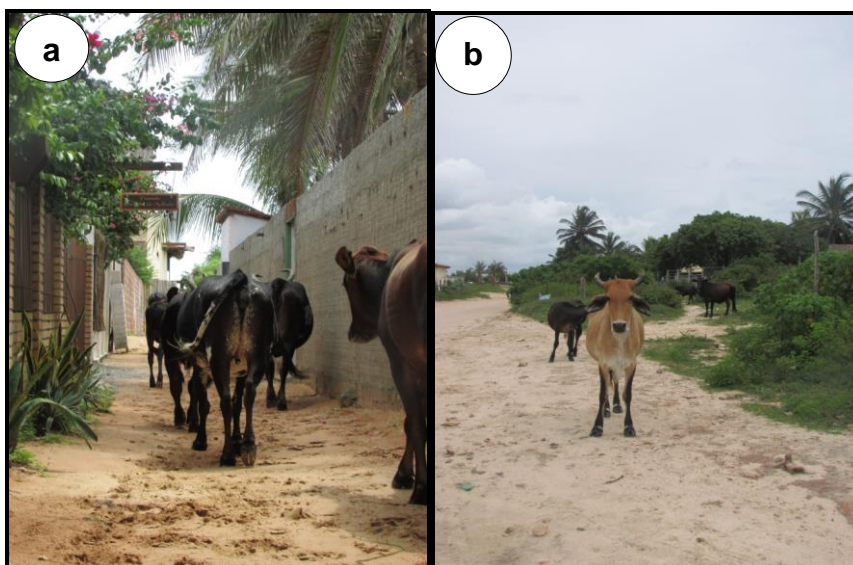


Fonte: A Autora

### **6.3.3 Presença de animais soltos nas vias do Parque**

Apesar de proibido pela prefeitura os animais principalmente o gado pode ser visto em diferentes pontos da vila, podendo ocasionar acidentes e contaminação ambiental através de seus dejetos, por se tratar de uma área sedimentar com presença de aquíferos rasos e livres (FIGURA 22).

Figura 22 - Presença de gado nas vias do PARNA, (a) gado na entrada da vila, (b) gado próximo à estação de tratamento de água da CAGECE.



Fonte: A Autora

#### **6.3.4 Saneamento básico inadequado**

O saneamento básico eficiente e adequado à região é fundamental para sustentabilidade ambiental, bem como, para a saúde de população local. De acordo com os trabalhos realizados pela Arce, em uma matéria publicada no site do Ceará Agora, 2018, cerca de 700 imóveis, entre empreendimentos, residências, hotéis, restaurantes e pousadas, situados na Vila de Jericoacoara têm rede coletora de esgoto exposta, não interligada, que pode acabar contaminado o lençol freático.

Outro fato preocupante é a localização da Estação Elevatória de Esgoto, uma vez que, a mesma está bem próxima dos poços de captação de água da CAGECE. Além de já estar atuando com sobrecarga, apresentando assim problemas no seu funcionamento.

A coleta de lixo também merece destaque, apresentando problemas relacionados a constantes quebra de caminhões, dificuldades de atender pontos mais íngremes e becos da Vila e por ser responsável por recolher todo tipo de resíduos gerado na vila, incluindo os hospitalares e podas.

#### 6.4 Vulnerabilidade aquífera do PARNA de Jericoacoara

O mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos constitui uma ferramenta eficiente auxiliando na alocação de recursos e na priorização das diversas atividades de monitoramento ambiental contribuindo para um uso mais equilibrado, uma continuidade da produção hídrica, rentabilidade sustentável, respeito à lei e manutenção da qualidade ambiental.

A mesma indicara através de índices de vulnerabilidade, à susceptibilidade de um aquífero ser contaminado. Neste contexto, indica a capacidade que o terreno tem em reter determinado contaminante ou classe de contaminante.

O índice de vulnerabilidade de um aquífero pode apresentar-se dividido em quatro classes de vulnerabilidade, variando de extremo, alto, moderado e baixo, segundo o método GOD.

O mapa de vulnerabilidade do PARNA foi elaborado na escala de 1:52.000 por se tratar de uma área onde os poços encontram-se aglomerados em uma área relativamente pequena e pelo nível de informação requisitado.

O mapa foi confeccionado seguindo o modelo proposto por Foster (2006) com três etapas concretas:

- ✓ Identificação do grau de confinamento hidráulico do aquífero assegurando-lhe um índice 1,0 por se tratar de aquíferos livres;

- ✓ Especificação das características do substrato subjante da zona saturada do aquífero em termos de: a) grau de consolidação (presença ou ausência de permeabilidade por fissuras) e b) tipo de litologia (considerando indiretamente porosidade efetiva, permeabilidade da matriz e conteúdo de umidade na zona não saturada ou em retenção específica), assegurando um índice por esse parâmetro em uma escala de 0.7 e 0.6; e

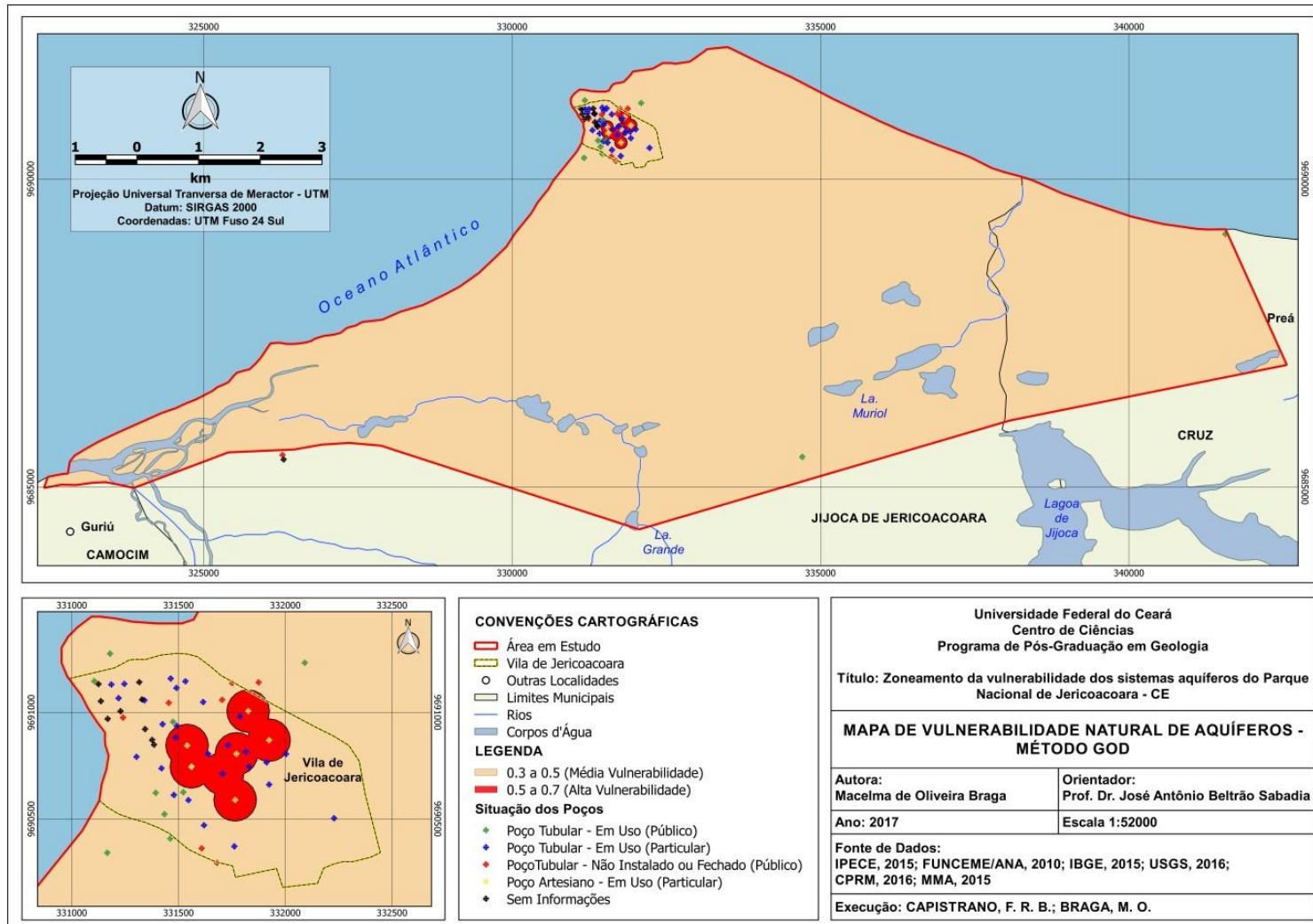
- ✓ Por fim estimativa da distância ou profundidade do nível da água (em aquíferos não confinados) ou profundidade ao trecho do primeiro aquífero confinado, designando-lhe um índice na escala de 1.0 e 0.8.

No Ambiente do PARNA identificaram-se dois gradientes de vulnerabilidade. Para esse cálculo foi levado em consideração os dados de disponibilizados pelos cadastros dos poços, podendo ser visto no mapa de

vulnerabilidades do método GOD (FIGURA 23), sendo estas: alta e média compreendendo:

1. Médio: Representado pelo sistema Barreiras
2. Alto: Representado pelo sistema Duna

Figura 23 - Mapa de vulnerabilidade à contaminação aquífera do PARNA de Jericoacoara segundo método GOD.



Fonte: CAPISTRANO e OLIVEIRA, 2017.



As atividades desenvolvidas na área devem levar em consideração os gradientes de vulnerabilidade, onde no grau I as áreas são mais vulneráveis, alta vulnerabilidade aos processos de contaminação, caracterizando-se por ser uma área onde se aconselha o uso, nas áreas com o grau II são áreas de vulnerabilidade alta a média, constituindo-se em áreas frágeis onde às atividades antrópicas devem ser moderadas e sempre acompanhadas de monitoramento (QUADRO 13).

Quadro 13 - Gradientes de vulnerabilidade do PARNA de acordo com método GOD

INTENSIDADE	CARACTERISTICAS	RESTRICÇÕES
<b>Grau I</b>	alta vulnerabilidade muito susceptível aos processos de poluição, constituída por material sedimentar poroso	Alta Não aconselha-se o uso
<b>Grau II</b>	vulnerabilidade de média a alta Constituída de sedimentos porosos e não consolidados com profundidade variando relativamente alta	Moderada As atividades antrópicas devem ser restritas, onde as obras de captação e outras medidas de utilização do terreno devem ser seguidas de etapas de monitoramento.

Fonte: Hirata, (1994) Adaptação da Autora.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste tópico são apresentadas as conclusões do trabalho e com intuito de avançar para uma melhora das condições ambientais e hidrogeológicas listaram-se algumas recomendações para a área de pesquisa.

O Parque Nacional de Jericoacoara localiza-se no litoral noroeste do estado do Ceará com uma área de aproximadamente 8.850ha. Trata-se de uma unidade de conservação de proteção integral.

Através do mapa de unidades ambientais foi possível definir 6 unidades: Dunas fixas, Dunas moveis, Praia receptoras, Planície flúviomarinhas, Serrote e depressão interdunar, existindo um predomínio do campo de dunas. As atividades exercidas nesses ambientes referem-se às atividades turísticas/ lazer. Na vila de Jericoacoara foi identificada uma grande concentração de núcleos residenciais e turísticos, bem como, uma crescente atividade comercial turística voltada para atender a grande demanda de visitantes nacionais e estrangeiros.

Os estudos sobre as águas subterrâneas do PARNA de Jericoacoara foram realizados através da análise dos cadastros de poços tubulares da CPRM onde foram identificados 28 poços tubulares na região, e dos poços cadastrados por Forte e Abreu (2017) totalizando 27 poços, cuja situação de funcionamento e posição geográfica foram visualizados através do mapa de pontos d'água. A identificação dos poços visa orientar a ocupação do terreno, dividindo-o em zonas, onde as atividades serão permitidas de acordo com a vulnerabilidade do terreno e a localização dos mesmos. Através do mapa identificou a grande concentração de poços tubulares, onde os mesmos concentram-se na vila, uma vez que, existe uma grande demanda motivada pela atividade turística.

No PARNA têm-se duas particularidades: trata-se de uma área com aquíferos livres com predomínio de formações sedimentares e aquíferos situados em uma unidade de conservação. A região é abastecida por água subterrânea, gerenciados pela CAGECE. Essas particularidades exigiram também a confecção do mapa de fluxo superficial e a análise do mapa de fluxo subterrâneo elaborado por Forte e Abreu (2017), pois toda atividade potencialmente poluente deve ser construída a jusante do fluxo de água e mantendo uma distância dos poços de captação, para não oferecerem riscos a contaminação.

No mapa de fluxo e drenagem superficial pode-se identificar a carência dos recursos hídricos superficiais e no mapa de fluxo subterrâneo da região mostra a existência de duas áreas principais de recarga uma encontra-se a norte e outra a sul da Vila. Os fluxos convergem para a área central da Vila. A área central configura-se como uma região de concentração e descarga. Essa zona de convergência do fluxo segue em direção ao mar, representando a principal área de descarga do aquífero.

Identificou-se como principais fontes de contaminação aquífera a presença de dois cemitérios, a construção de poços que não estão de acordo com as normas da ABNT, e muitos funcionando de forma irregular, problemas relacionados com a falta de adesão ao sistema de Esgotamento Sanitário, bem como, a localização da Estação Elevatória de Esgoto, uma vez que, estar bem próxima dos poços de captação de água da CAGECE, a presença de animais soltos no Parque e a intrusão salina, já que existe a proximidade com o mar.

A utilização do método GOD foi perfeito para área, uma vez que, o mesmo é um método simplificado e de fácil aplicação.

Observando os gradientes de vulnerabilidade a área foi dividida em dois graus de vulnerabilidade à poluição.

O grau I, correspondente às classes de alta vulnerabilidade, apresenta-se mais susceptível aos processos de poluição, por serem constituídas de material sedimentar poroso e apresentarem uma profundidade pouco significativa (menor que cinco metros), não se aconselhando a utilização desta área.

Entretanto também merece atenção o grau II correspondente à classe de vulnerabilidade de média a alta na qual os sedimentos são porosos e não consolidados. As atividades antrópicas devem ser restritas, onde as obras de captação e outras medidas de utilização do terreno devem ser seguidas de etapas de monitoriamento.

Por ser uma área grande visitação turística e cuja demanda hídrica cresce a cada ano é inevitável uma preocupação com a disponibilidade e qualidade desse recurso.

O trabalho resalta a importância de um programa de educação hidroambiental, por entender que a proteção dos sistemas ambientais e conseqüentemente dos recursos hídricos subterrâneos depende da participação da comunidade, órgãos públicos e gestores.

## 7.1 Recomendações

- ✓ Realizar um zoneamento mais detalhado do terreno;

Foi realizada uma classificação preliminar do PARNA através do mapa de vulnerabilidade, mas como existe um uso considerável dos recursos hídricos subterrâneos recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados através de um perímetro de proteção de poço e aplicação de outros métodos de análise de vulnerabilidade;

- ✓ Otimização do programa de coleta de lixo;

A otimização do programa de coleta de lixo é uma ferramenta prática governamental para a preservação dos recursos hídricos subterrâneos, evitando um destino incorreto do mesmo que se constitui em uma fonte potencial de poluição.

- ✓ Implantação de melhorias no sistema de saneamento básico;

Devido às frágeis condições hidrogeológicas da PARNA o sistema de fossas sépticas aumenta o risco de contaminação do aquífero sendo necessário investir em melhorias no programa de saneamento básico, aumentando a adesão da população local ao mesmo, bem como, ampliar a sua capacidade de suporte.

- ✓ Melhores condições de funcionamento das obras de captação;

No PARNA é visível o descaso com as obras de captação, sendo observados poços sem condições sanitárias adequadas e muitos destes funcionando de forma irregular, sem a devida outorga. Melhorar a conservação das obras de captação em funcionamento é uma prática para potencializar a demanda hídrica e conservar a qualidade das águas subterrâneas. Além disso, sugere-se um estudo da qualidade dos demais poços não monitorados, como análises físico-química e bacteriológica, para direcionar o emprego adequado para cada um deles.

- ✓ Intensificação do turismo comunitário;

Por se tratar de uma unidade de conservação, os ecossistemas e unidades ambientais devem ser protegidos por lei. O turismo comunitário é uma prática econômica que já é praticada, mas poderia ser ampliada e orientada para o desenvolvimento das comunidades locais e a preservação ambiental como um todo. Recomenda-se que as atividades turísticas sejam ambientalmente sustentáveis baseado em programas de educação ambiental, preparação de trilhas ecológicas e outras ações nesse sentido. É necessário que se implante medidas de

monitoramento da qualidade ambiental a fim de constatar-se a eficiência das ações implantadas.

- ✓ Programa de informação e educação ambiental;

Para um correto programa de proteção dos recursos hídricos a participação da população local é fundamental, devendo a mesma estar informada das práticas de preservação aquífera, sendo a educação ambiental uma forma de envolver pessoas de faixa etária diferenciada. Recomenda-se a realização de palestras, distribuição de material informativo, bem como, a realização de cursos e oficinas. Como atividade inicial sugere-se o trabalho com crianças e adolescentes podendo ser usado o ambiente escolar, realizando a formação de agentes multiplicadores.

- ✓ Implantação de um programa de gestão aquífera;

O programa de gestão aquífera, atuará restringindo as práticas atuais e futuras de mau uso do terreno, dando um manejo racional e sustentável aos recursos hídricos subterrâneos que conte com a participação de todos os seguimentos da sociedade como o objetivo de assegurar a qualidade e disponibilidade destes recursos. Gerir um recurso significa propor políticas que mantenham as interferências antrópicas em níveis toleráveis e previnam uma redução forte nos rendimentos individuais dos poços ou mesmo rebaixamentos regionais, garantindo que o aquífero seja uma fonte segura e confiável de abastecimento de água, com otimização de investimentos (HIRATA, 1994).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ABAS. Disponível em: [www.abas.org](http://www.abas.org). Acesso em: 02 ago. 2018.

ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 268-281, 2006.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.4, p.380-394, 2007.

ALMEIDA, E. P. C.; ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. dos. **Neossolo Quartzarênicos/Gleissolos Sálícos/ Neossolos Litólicos**. 2015. Disponível em:<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CO NT](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CO_NT). Acesso em: 15 set. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: 2013. Brasília: ANA, 2013. 432 p

ANDERSEN, L.J. e GOSK, J. Applicability of vulnerability maps. TNO Committee for Hydrological Research: Proceeding and Information. **The Netherlands**. 1987, v 38 p. 321-332.

ARAI, M. A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP**. Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

ARAUJO, C. E. G. de. **Evolução tectônica da margem ativa Neoproterozóica do Orógeno Gondwana Oeste na Província Borborema (NE-Brasil)**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. 243 f. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-25092014-144415/pt-br.php>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

ARRUDA, M. G. C. **Parque Nacional de Jericoacoara**: zoneamento para gestão e uso público. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007, 132 f.

ARONOFF, S. **Geographic information systems**: A management perspective. Ottawa, WDL Publications, 1991. 294p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ABNT NBR 12244**: Construção de Poço Tubular para captação de Água Subterrânea. Rio de Janeiro, 2006.

BARRETO, F A; COSTA, S L C. Estudo Preliminar de Vulnerabilidade do Aquífero Dunas/Barreira em Jericoacoara. **Anais** do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá, 19 a 22 de outubro de 2004, p. 1-18, Abas, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org /asubterraneas/article/viewFile/23469/15556>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates.** Tese (Ph.D.), Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1995. 273 f.

BENEDETTI, R. C. **Caracterização Petrográfica e Geoquímica das Rochas Metavulcânicas Paleoproterozóicas da Unidade Saquinho: NW da Província Borborema.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas, SP, 2012. 48f. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000900409&opt=1>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

BEZERRA, L. J. C.; MAIA, L. P. Caracterização sedimentológica dos tabuleiros pré-litorâneos do estado do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 45, n. 1, 2012.

BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo: Fundação SEADE, v.20, n.1, p.81-95, jan./mar. 2006. Disponível em: <http://www.seade.gov.br>. Acesso em: 12 ago. 2017.

BRASIL. **Sistema de Unidade de Conservação**, Lei Federal nº 9985, de 18 de julho de 2000. Brasília, DF, 2000.

\_\_\_\_\_. MMA - Ministério do Meio Ambiente; ANA - agência nacional de águas. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília, 2005. Disponível em <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23802/15867>> Acesso em; 1. Nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei Nº 11.486 de 15 de junho de 2007**, Diário Oficial República Federativa do Brasil: Altera os limites originais do Parque Nacional de Jericoacoara, situado nos Municípios de Jijoca de Jericoacoara e Cruz, no Estado do Ceará. Brasília, DF. 2007

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008.** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF, 2008.

\_\_\_\_\_. **Lei Nº 14950 de 27/06/2011.** Diário Oficial República Federativa do Brasil: institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação do Ceará – SEUC. Brasília, DF. 2011

BISHT, G.; BRAS, R. L. Estimation of net radiation from the MODIS data under all sky conditions: Southern Great Plains case study. **Remote Sensing of Environment.** v.114, n.7, p.1522-1534, 2010.

BRITO, M. C. W. de. **Unidades de Conservação: intenções e resultados.** São Paulo, Ed. Annblume, FAPESP, 2000, 230 p.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic information systems for geoscientists, modeling with GIS**. Ontario: Pergamon, 1994. 398p

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese (Doutorado). Departamento de Computação Aplicada, Instituto Nacionais de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 1995.

CAMPOS, J. C.C. MORAIS, P. R. C. e SCANDOLARA, J. E. 2000. Diagnóstico Preliminar da Qualidade da água Subterrânea através da condutividade elétrica e PH – Município de campo Novo e Buritis, estado de Rondônia, Brasil. **Anais I congresso Mundial integrado de águas subterrâneas**, 18, Fortaleza, 2000.

CASAS, A.; PEREZ, J..C.;DEIDDA, G.P.;FONT, X.; HIMI, M.; PINTO, V.; RANIERI, G.; RIBEIRO, L.G.;TAPIAS, J.C.; SABADIA, J. A.B.**Cartografia de la interfase Agua Dulce- Agua Salada em los Acuíferos Costeros por Métodos Geofísicos: Nuevos Metodos par um viejo problema**. In : MEDINA A.:CARRERA, J.; VIVES, L.(Org.) *Las Caras del Agua Subterrânea*. 1aed. Madrid – España: Instituto Geológico y Minero de España. Ministério de Ciencia y Tecnologia. 2001, v. Tomo 2, p. 821-827.

CARBOGIM. M. L.V e CARBOGIM. J. B. P, **2004 – Cidadania e Sustentabilidade: desenvolvimento em todos os sentidos, Fortaleza/ Ceará**. 1 Ed. Fortaleza: Fundação Brasil Cidadão, 2004.

CARVALHO, A. M. de; CLAUDINO-SALES, V. C.; MAIA, L. P.; CASTRO, J. W. A. **Eolianitos de Flecheiras/Mundaú, Costa Noroeste do Estado do Ceará, Brasil. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, 2009. v. 2. 515 p. Disponível em <http://sigep.cprm.gov.br/sitio118/sitio118.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2017.

CARVALHO, I. V.; SANTOS, J. S. **Análise da velocidade do vento em dois municípios da costa do estado do Ceará – Jericoacoara e Beberibe**. 2010. Disponível em: <http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNAPI2010/paper/view/665>. Acesso em: 18 mar. 2017.

CAVALCANTE, J. C.; PADILHA, M. W. M. Geologia e Mineração. In: VIDAL, F. W. H.; SALES, F. A. C. B.; ROBERTO, F. A. da C.; SOUSA, J. F. de; MATTOS, I. C. (Orgs.). **Rochas e minerais industriais do Estado do Ceará**. Fortaleza: CETEM/UECE/ DNPM/ FUNCAP/ SENAI, 2005, p. 9-18.

CAVALCANTE, I. N. **Fundamentos hidrogeológicos para gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 1998.

CAVALCANTE, I. N.: GOMES, M. C. R.:FREITAS, L. C. B.: SABADIA, J. A. B.: MATTA, M. A. da S.: VIANA, N. de O.: SANTIAGO, M. M. F.: GUERRA JUNIOR, W. G.: GOMES, S. A.. Uso e qualidade das águas subterrâneas no Campus Universitário do Pici, UFC, Fortaleza, Ceará. **Anais XXI Simpósio de Geologia do Nordeste/Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste**, 2005, Recife, ABAS, 2005. V.1.



CLAUDINO SALES, V. C. **Cenários Litorâneos - Lagoa do Papicu: Natureza e ambiente na cidade de Fortaleza, Ce.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 1993. 349 p.

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. Formas litorâneas: barreiras no litoral do Estado do Ceará. In: Dantas, E.W.C; MEIRELES, A.J.; Zanella, M. E. (Org.). **Ceará: litoral e sertão.** 1ed., v. 1. Fortaleza; Demócrito Rocha, 2006, 132-141p.

\_\_\_\_\_. Os litorais cearenses. In: BORZACCIELLO, J. S.; CAVALCANTE, T.; DANTAS, E. W. C.; SOUZA, M. S. **Ceará: um novo olhar geográfico.** 1 ed. Fortaleza: Editora Expressão Gráfica, 2005, p. 231-260.

\_\_\_\_\_; PEUVAST, J. P. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do estado do Ceará, nordeste do Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 7, n. 2 Fev/2007 p. 7 – 21. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15469/8757>. Acesso em: 18 mar. 2017.

\_\_\_\_\_; PEUVAST, J. P. Geomorfologia da Zona Costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. In: SILVA, J. B. da et al (Org.). **Litoral e sertão, natureza e sociedade no Nordeste brasileiro.** Fortaleza: Editora Expressão Gráfica, 2005, p. 231-260.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado de Ceará.** Fortaleza: CPRM, 1998.

\_\_\_\_\_. Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. **Diagnóstico do município de Jijoca de Jericoacoara.** Fortaleza, 1998

\_\_\_\_\_. **Noções Básicas sobre Poços Tubulares.** Cartilha Informativa. Ações Emergenciais se Combate aos Efeitos das Secas Programa de Perfuração, Instalação, Recuperação de Poços e Aplicação de Técnicas de Dessalinização de Água Subterrânea. Agosto de 1998. p. 22. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas\\_publicacoes/Nocoas\\_Basicas\\_Pocos\\_Tubulares.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/Nocoas_Basicas_Pocos_Tubulares.pdf). Acesso em: 18 mar.2017.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil.** Escala 1:2.500.000. Rio de Janeiro, 2014.

CPRM/SGB. **Mapa de Geodiversidade do Estado do Ceará.** Escala 1:1.000.000. 2014. Disponível em [http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade\\_ceara.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade_ceara.pdf). Acesso em: 18 mar. 2017.

COSTA, W.D. Risco de contaminação de águas subterrâneas: Conceitos e Práticas. **Anais I Simpósio de Geologia do Sudeste e XIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, 2003, p. 345-352

COSTA, M. J.; FRANÇA, J. B. de; LINS, C. A. C.; BACCHIEGGA, I. F.; HABEKOST, C. R.; CRUZ, W. B. da. **Projeto Jaibaras: Relatório final**. Volume I. Convênio DNPM/CPRM. Recife, 1973. Disponível em [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/6570/rel\\_jaibaras\\_finalv1.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/6570/rel_jaibaras_finalv1.pdf?sequence=1). Acesso em 31 de julho de 2016.

CUSTODIO, E. e LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. Ediciones: Omega, Barcelona. V.2,p. 1976.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Tese (Doutorado). Programa em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Com coleta irregular, lixo recepciona turistas em Jeri**. Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/com-coleta-irregular-lixo-recepciona-turistas-em-geri-1.1198213>. Acesso em: 21 set. 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNP. DNPM. **Geologia da Bacia Jaibaras Ceará, Piauí e Maranhão – Projeto Jaibaras**. Série Geologia, nº 14. Seção Geologia Básica, nº 11. Brasília, 1979 Disponível em <[www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br): Acesso em: 05 dez. 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1999. Disponível em: [www.embrapa.br](http://www.embrapa.br). Acesso em: 17 jul. 2017.

ELBACHÁ, A.T. **Estudo da Influência de Alguns Parâmetros no Transporte de Massa em Solos Argilosos**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, PUC-RIO Rio de Janeiro, 1989.178 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **ArcGIS Desktop 10.1**. Redlands, California, USA, 2011.

ESTELLER, V. M. e DELGADO, C. D. Calidad y Contaminación del Acuífero profundo dl Valle de Toluca, Edo de México. **Anais I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas**, 30, Fortaleza, 2000.

FEITOSA, F. A. C. e FILHO, J. M. **Hidrogeologia, Conceitos e Aplicações**. Fortaleza CPRM, LABHID-UFPE, 1997.412p.

FERNANDES, M. A. B. **Estudo da Qualidade da Água Subterrânea na fazenda Frutacor – Chapada do Apodi**. Fortaleza Ceará. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003, 84p.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol. 1, No 1. Dezembro – 2005. Disponível em <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/>. Acesso em: 15 set. 2017.

FIGUEIREDO, M.A. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas). *In: Atlas do Ceará*. Governo do Estado do Ceará; IPLANCE, Fortaleza, 1997. 65p.

FORTE, F. k. de M.; ABREU, M. M. **Caracterização hidroambiental da Vila de Jericoacoara, jijoca - CE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Relatório do Plano Municipal de Saneamento de Jijoca de Jericoacoara**. Jijoca de Jericoacoara, 2015.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE RECURSOS HÍDRICOS E METEOROLOGIA - FUNCEME. Mapeamento e Avaliação do Potencial Hídrico Subterrâneo dos Aluviões em Zonas Semi- Áridas Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG. Convênio Edital MCT/CNPq/CT-Hidro nº 02/2003 – **Relatório Final**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME: Fortaleza, 2007. Disponível em <http://www.funceme.br/documents/Projetos/Aluviao.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2017.

FORTESCUE, J. A. C. Environmental Geochemistry: a holistic approach. New York. Springer Verlag. **Ecological studies**, v.35. 1980. p.347.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Paraíso turístico, Jericoacoara tem 'rio de esgoto' na praia**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2013/11/1370755-paraíso-turístico-jericoacoara-tem-rio-de-esgoto-na-praia.shtml>>. Acesso em: 27 set. 2017.

FOSTER S. S. D.; HIRATA, R. C. A. 1988. **Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data**. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988, 78p

\_\_\_\_\_. ROCHA, G. 1988. Risco de Poluição das águas subterrâneas: Uma proposta metodológica de avaliação regional. In Cong Brás águas subterrâneas, 5, São Paulo, 1988, **Anais**. São Paulo, ABAS, p 175-185.

\_\_\_\_\_. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. Tradução de Ricardo Hirata, Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda, Mara Akie Iritani. **Boletim do Instituto Geológico**, n. 10, 1993.

\_\_\_\_\_; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. Banco Mundial. Edição brasileira: Servmar – Serviços Técnicos Ambientais Ltda, 2002, 104 p.

\_\_\_\_\_. GOMES. D; D'ELIA. M; PARIS. M. **Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities, and Environment Agencies**. 2011.

\_\_\_\_\_. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: World Health Organization, Pan

American Health Organization, Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences, 1988, 78p.

FOSTER, S. **Protección de la Calidad del Agua Subterránea**. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, Guía, 2003.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterránea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais**. Washington: Groundwater Management Advisory GW, 2006.

GEORGEN, J. **Área de Proteção Ambiental – Jericoacoara: contribuição ao estudo de bases e perspectivas para o desenvolvimento integrado**. Fortaleza: SEINTER/CE-UECE/NUGE-SUDECO/DRN-SEMA-DF, PMA/CE-CEDCT/CE-GTZ, 1985.

GOMES, M. C. R. **Qualidade das águas subterrâneas e superficiais no campus Universitário do PICI – Fortaleza/CE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará, 2005.

GONZÁLES, L. N., SILVA, A e GONZÁLES, M. A. 2000. Vulnerabilidad de las aguas subterranas de lacuesta del Rio Claro. **Anais do VIII Region del Bio-Bio e Congresso Mundial Integrado de águas subterrâneas Chile**. Fortaleza, 2000, p.59.

HIRATA, Ricardo Cesar Aoki. **Fundamentos e estratégias de proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas: estudo de casos no estado de São Paulo**. Tese (Doutorado). Curso de Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. 233 f.

HIRATA, R. C. A. E FERREIRA, L. M. R. Os aquíferos da bacia hidrográfica do alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 1, p. 43-50, 2001.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. **Relatório do Meio Físico: Subsídios ao Plano de Manejo do Parque Nacional de Jericoacoara**. Brasília, 2009. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Relatorio\\_meiofisico.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Relatorio_meiofisico.pdf). Acesso em: jan. 2016.

\_\_\_\_\_. **Plano de Manejo do Parque Nacional de Jericoacoara**. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. 2011b. **Plano de Manejo do Parque Nacional de Jericoacoara – Encarte 2**. Brasília: 2011b. 147p.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ - IPLANCE. **Atlas do Ceará**. (Mapas coloridos em escala 1: 1.500.000). Fortaleza/Ceará 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2007.

IBGE. **Mapa Hidrológico do Nordeste**. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/INTERNACIONAL DE GEOSFERA-BIOSFERA - INPE/IGBP. **Segurança hídrica para um planeta sob pressão**. São José dos Campos: INPE/IGBP, 2012.

IPECE. **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará**. Cartografia; Shapefile do Estado do Ceará. Disponível em; [www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br). Acesso em: 02 de ago. 2015.

JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2008-2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19350/1/Jacomine.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros. **Anais** Reunião Técnica dos Sobre os Solos dos Tabuleiros Costeiros. Cruz das Almas, Aracaju. Pesquisa e desenvolvimento para os tabuleiros costeiros: Cruz das Almas: Embrapa: UFBA, 1996. p. 13-26

JARBAS, T.; BEZERRA SÁ, I.; PETRERE, V.G.; TAURA, T. A. **Argissolos**. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html). Acesso em: 18 mar. 2017.

JULIO, K. de. **A ponta de Jericoacoara e seu potencial como sítio geológico do Brasil no patrimônio mundial (World Heritage Comitte - UNESCO)**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

JULIO, K; MAGINI, C.; MAIA, L.P.; CASTRO, J.W.A. Ponta de Jericoacoara, CE – Belo promontório de rochas neoproterozóicas associadas a praias e dunas quaternárias com registros de variações do nível do mar. *In*: WINGE, M. *et al.* (Ed.). **Sítios geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, 2013, v.3, 332p. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio059/sitio059.pdf>. Acesso em: 18 de mar.2017.

LI, A.; WANG, A.; LIANG, S.; ZHOU, W. **Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – a case study in the upper reaches of Minjiang River, China**. *Ecological Modeling*, v. 192, p. 175–187, 2006.

LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: UNECE, 2000.

LIVERMAN, D. M. Vulnerability to global environmental change, in. KASPERSON, R.E.; DOW K.; GOLDING, D.; KASPERSON, J. X., *Understanding Global Environmental Change*, **Worcester**, P. 8-23. 1990.

LOBO FERREIRA, J.P.C.; CABRAL, M. Proposal for an Operational Definition of Vulnerability for the European Community's Atlas of Groundwater Resources, *In*:

**Meeting of the European Institute for Water.** Groundwater Work Group Brussels; Fevereiro 1991.

LOPES, J. L. **Proposta de Indicadores de sustentabilidade aplicada para o estudo da vulnerabilidade da comunidade do Batoque - Aquiraz/CE.** Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE. 2013.

LOPES, David Franco. **Transporte de contaminantes em meios porosos: aplicação da técnica da transformada integral** Dissertação, (Mestrado). Departamento de Engenharia Química e de Alimentos. Universidade Federal do Pará, Belém, 2004, 116p.

LUERS, A.L.. The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change. **Global Environmental Change** 15, p. 214–223, 2005.

MABESOONE, J. M.; CAMPOS, E.; SILVA, A.; BEURLEN, K. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências.**, v. 2, p. 173-190, 1972.

MAGALHÃES, G. B.; SILVA, E. V. Da teoria à prática: as unidades geoambientais e sua contribuição para o planejamento territorial cearense. Anais VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, Coimbra/Portugal, 2010, p. 1-13.

MAIA, L. P. **Procesos Costeros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza (NE Brasil):** Implicaciones para una Gestion Adecuada de la Zona Litoral. Tesis (Doctoral). Universidad de Barcelona. Barcelona/Espanha, 1998. 198p.

MARION, F. A. Águas subterrâneas, atividades potencialmente contaminantes e o aporte do geoprocessamento na definição de conflitos. **Geoambiente on-line.** Revista eletrônica do Curso de Geografia – UFG. Jataí, n. 17, p. 31-47, jul./dez. 2011. Disponível em: <http://revistas.jatai.ufg.br/index.php/geoambiente/article/view/1182>. Acesso em: 07 jun. 2017.

MATTA, M.A. de S. **Fundamentos Hidrogeológicos para Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da região de Belém/Ananindeua Pará, Brasil.** Tese (Doutorado) Centro de Geociência. Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction.** 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 292 p.

MEIRA, S. A. **Pedras que Cantam: O Patrimônio Geológico do Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 2016.

MEIRELES, A.J.A- **Mapeamento geológico e geomorfológico do Quaternário costeiro de Icapuí. Extremo leste do Estado do Ceará. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar.** Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 1991, 195p.

\_\_\_\_\_. MAIA, L. P. Indicadores morfológicos de los cambios del nivel del mar en la llanura costera de Ceará – Nordeste de Brasil. In A. Gomes Ortiz y F. Salvador Franch (Edit.). **Investigaciones recientes en Geomorfología española**. Barcelona, 1998, p.325-332.

\_\_\_\_\_. Falésias do litoral leste do estado do Ceará – análise dos processos morfogenéticos e impactos ambientais. **Revista Geonotas**, vol. 3 (2): 1999, pp. 1-25.

\_\_\_\_\_. RUBIO R. P. Geomorfología litoral: una propuesta metodológica sistémica en la llanura costera de Ceará, nordeste de Brasil. **Revista de Geografía**, Universidad de Barcelona, España; 1999 vol. 32/33: 165-182.

\_\_\_\_\_. **Morfología litoral y sistema evolutivo de la costa de Ceará – Nordeste de Brasil**. Tese de Doutorado, Universidad de Barcelona, Espanha, 2001, 370p.

\_\_\_\_\_. RAVENTOS, J. S. i. Um Modelo Geomorfológico Integrado para a Planície Costeira de Jericoacoara/Ceará. **Mercator**, ano 01, número 01. Fortaleza, 2002, p. 79-94.

\_\_\_\_\_. As unidades morfo-estruturais do Estado do Ceará. In: BORZACCIELLO, J. S.; CAVALCANTE, T.; DANTAS, E. W. C.; SOUZA, M. S. **Ceará: um novo olhar geográfico**. 1 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, p. 141-168.

\_\_\_\_\_. DANTAS, E. W. C; SILVA, E. W. C. **Parque Nacional de Jericoacara: Trilhas para a Sustentabilidade**. Fortaleza: Edições UFC, 2011. 156p.

MENESES, L. F. **Avaliação da Vulnerabilidade dos Aquíferos Livres no Município de João Pessoa/ PB, Através do Modelo Drastic**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

METZGER, M. J. et al. **The vulnerability of ecosystem services to land use change**. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006.

MISSOURI DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. **Water Quality Parameters**. Disponível em: <http://dnr.mo.gov/env/esp/waterquality-parametershtm>> Acesso em: 05 ago. 2018.

MORAIS, J. O. de. Compartimentação Territorial e Evolutiva da Zona Costeira. Parte II. In: LIMA, L. C.; SOUZA, M. J. N de; MORAIS, J. O. de. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Lima, L.C organizadores. Editora: FUNECE: Fortaleza, 2000, p: 6- 98.

MORAIS, J. O. de; FREIRE, G. S. S; PINHEIRO, L.de S.; SOUZA, M. J. N. de; CARVALHO, A. M. de; PESSOA, P. R. S; OLIVEIRA, S. H. M. Ceará. In: Muehe, D. (Org.) **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. 476 p.

\_\_\_\_\_. Geodinâmica dos Campos de Dunas Móveis de Jericoacoara/CE-BR. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 169-190, mai./ago. 2011. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/663/350>. Acesso em: 18 mar. 2017.

MORAES, L.R.S. **Health impact of drainage and sewerage in poor urban areas in Salvador, Brazil**. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental). Londond School of Hygiene and Tropical Medicine. University of Lodon, Londres, 1996, 243 f.

MORO, M. F.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M de.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. da. Vegetação, Unidades Fitoecológicas e Diversidade Paisagística do Estado do Ceará. *Rodriguésia* 66(3): 717-743. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rod/v66n3/2175-7860-rod-66-03-00717.pdf>. 1. Acesso em: 18 mar. 2017.

NASCIMENTO, T. Com coleta irregular, lixo recepciona turistas em Jeri. **Diário do Nordeste**. Caderno Regional. 16 de janeiro de 2015. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/com-coleta-irregular-lixo-recepciona-turistas-em-jeri-1.1198213>. Acesso em: 18 mar. 2017.

NOBRE, M.M.M. **Estudo experimental do transporte de poluentes em solos argilosos compactados**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, PUC-RIO, Rio de Janeiro, 1987. 214p.

NOGUEIRA, F.C.C. **Método Ground Penetrating Radar (GPR) e análise estrutural aplicada ao estudo da geometria tridimensional de estruturas cenozoicas na Bacia Potiguar**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto. Princípios e Aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1993.

\_\_\_\_\_. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4a.ed São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; BOAS, G. S. V. **Grupo Barreiras: Características, gênese e evidências de neotectonismo**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 194p.

O GLOBO. **Jericoacoara redescoberta**. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/boa-viagem/jericoacoara-redescoberta-20995817>. Acesso em: 28. set. 2017.

OLIVEIRA, M. M.; LOBO FERREIRA, J. P. C. Análise de sensibilidade da aplicação de métodos indexados de avaliação da vulnerabilidade à poluição de águas Subterrâneas. **Anais Jornadas Luso-Espanholas sobre Águas Subterrâneas no Sul da Península Ibérica**. Faro: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2003. p.1-10.

OLIVEIRA, M. M.; LOBO FERREIRA, J. P. C. Cartografia da vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas do concelho de Montemor-o-Novo utilizando o



Método DRASTIC. In: CABRAL, J. J. S. P. *et al* (Org.). **Água subterrânea: aquíferos costeiros e aluviões, vulnerabilidade e aproveitamento**. v. 1. Recife: Ed.Universitária UFPE, 2004.

O POVO ONLINE. **Bomba da CAGECE quebra e esgoto jorra na praia de Jericoacoara**. 13/11/2013. Disponível em: <https://www20.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2013/11/13/noticiasjornalcotidiano,3162438/bomba-da-cagece-quebra-e-esgotojorra-na-praia-de-gericoacoara.shtml>. Acesso em: 28 set. 2017.

O POVO. **Lixo Jijoca de Jericoacoara não tem plano para gestão dos resíduos sólidos**. 08/07/2017. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/jornal/dom/2017/07/lixo-jijocade-gericoacoara-nao-tem-plano-para-gestao-dos-residuos-so.html>. Acesso em: 28 set. 2017.

O POVO ONLINE. **Taxa de turismo em Jericoacoara começa a ser cobrada dia 21**. 02/09/2017. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/jornal/cotidiano/2017/09/taxa-deturismo-em-gericoacoara-comeca-a-ser-cobrada-dia-21.html>. Acesso em: 28 set. 2017.

PEREIRA, Mauri Cesar Barbosa; PAULA JUNIOR, Antonio Caetano de. Segurança hídrica nas águas do meio urbano. **Revista Águas do Brasil**, 2017. Disponível em: <http://aguasdobrasil.org/edicao-11/seguranca-hidrica-nas-aguas-do-meio-urbano.html>. Acesso em: 02 fev. 2018.

PEREIRA, R. C. M.; SILVA, E. V. Solos e Vegetação do Ceará: características gerais. In: BORZACCIELLO, J. S.; CAVALCANTE, T.; DANTAS, E. W. C.; SOUZA, M. S. **Ceará: um novo olhar geográfico**. 1 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, p. 189-210.

PINHEIRO, M. V. de A. **Evolução Geoambiental e Geohistórica das Dunas Costeiras do Município de Fortaleza, CE**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, 2009. 182f. Disponível em [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/8994/1/2009\\_dis\\_mvapinheiro.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/8994/1/2009_dis_mvapinheiro.pdf). Acesso em 18 de março de 2017.

\_\_\_\_\_. **Evolução Geoambiental das Dunas de Transpasse do Estado do Ceará**. Tese (Doutorado). Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. 159p.

PINTO, F.O.R. e NISHIYAMA, L. 2000. Avaliação Preliminar da Vulnerabilidade de um aquífero livre na região de Araguari-MG. Anais I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas, 34, Fortaleza, 2000.

PINTO, S.F.A.; VALÉRIO FILHO, M. **Análise e interpretação de dados de sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 1996.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CAGECE. **Cagece promove seminário sobre saneamento básico em Jijoca de Jericoacoara**. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/comunicacao/noticias/304-cagece>

promoveseminriosobre-saneamento-bsico-em-jijoca-de-gericoacoara. Acesso em: 28 set. 2017.

PUERARI, E. M.; COSTA, C. T.; CASTRO, M. A. H. Utilização do Método DRASTIC na Análise de Vulnerabilidade Natural do Complexo Industrial e Portuário do Pecém-Fortaleza/Ceará. **Anais I** Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. XIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. 2003. p 363 – 373.

ROCHA, F.S.; ALVES.M.G.; ALMEIDA, F. T. - Estudo preliminar da vulnerabilidade dos aquíferos em Campos dos Goitacazes - Rio de Janeiro. **Anais XI** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Belo Horizonte, 2003.

ROCHA, Rodrigo P. A.; CRUZ, Manuel E. A **Hybrid Solution for Simulation of 2-D Contaminant Transport in Heterogeneous Subsurface System**. In: 2 and International Conference on Computational Heat and Mass Transfer, 2001, Rio de Janeiro. Anais.[s.n.],2001.

SABADIA, J.A.B..**Impacto Del Vertedero de Jangurussu em los Recursos Hídricos de la Ciudad de Fortaleza (Estado de Ceará Brasil)**. Tese (Doutorado). Faculdade de Geologia , Universidade de Barcelona, 2001

SANTOS, E. J. dos; NEVES, B. B. de B. Província Borborema. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (coord.). **O pré-cambriano no Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984, p.123-186.

SANTOS, Jader de Oliveira.; SOUZA M. José Nogueira de. Compartimentação Geoambiental e Riscos à Ocupação na Bacia Hidrográfica do Rio Cocó. **Anais XI** Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. [CD-ROM]. São Paulo, 2005.

SCHOTER, D.; METZGER, M. J.; CRAMER, W.; LEEMANS, R. Vulnerability assessment – analysing the human-environment system in the face of global environmental change. **ESS Bulletin**, v. 2, n. 2, p. 11-17, 2004.

SÉGUIER, Jaime de. **Dicionário prático ilustrado**. Porto: Chardron,1935. p. 1779.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. SEMACE. Licença de operação. Disponível em: Disponível em: [www.semace.ce.org.br](http://www.semace.ce.org.br). Acesso em: 20 jul. 2018.

SILVA, E. V. Dinâmica da paisagem: estudo integrado de ecossistemas litorâneos em Huelva (Espanha) e Ceará (Brasil). Tese de Doutorado, FFLCH, São Paulo, 1993, 375p.

\_\_\_\_\_ Geoecologia da paisagem do litoral cearense: uma abordagem ao nível de escala regional e tipologica. Tese de Professor Titular, Departamento de Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998, 282 p.

SIQUEIRA, A. C. de A. **Geoquímica das Lateritas do Domínio Médio Coreaú - Noroeste do Estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012, p.

SMIT, B., WANDEL, J., 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16 (3), 282–292.

SOBRINHO, T. P. Estrutura Geológica do Ceará: Noções estratigráficas e geogenia. **Revista do Instituto do Ceará**. Fortaleza, 1941, p. 159-175. Disponível em [https://www.institutodoceara.org.br/revista/Revapresentacao/RevPorAno/1941/1941-Estrutura\\_Geologica\\_do\\_Ceara.pdf](https://www.institutodoceara.org.br/revista/Revapresentacao/RevPorAno/1941/1941-Estrutura_Geologica_do_Ceara.pdf). Acesso em 18 de março de 2017.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.13, p.51-63, 2008

TIXIER, J.; DANDRIEUX, A.; DUSSERE, G.; BUBBICO, R.; MAZAROTTA, B.; SILVETTI, B.; HUBERT, E.; RODRIGUES, N.; SALVI, O. Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project. **Journal of Hazardous Materials**, v. 130, n. 3, p. 251-264, 2005.

TORQUATO, J. R.; NETO, J. de A. N. Historiografia da Região de Dobramentos do Médio Coreaú. **Revista Brasileira de Geociências**. Volume 26 (4):303-314, dezembro de 1996. Disponível em: <http://sbg.sitepessoal.com/bjg/1996/n.4/8.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2017.

TRAN, L. T.; KNIGHT, C. G; O'NEILL R.; SMITH, E. R.; RIITTERS, K. H; WICKHAM, J. Environmental assessment: fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the mid-Atlantic region. *Environmental Management*, v.9, n. 6, p. 845-859, 2002.

VERDES MARES. **CAGECE é autuada em r\$ 60 mil pelo instituto chico mendes por vazamento de esgoto em Jericoacoara**. Disponível em: <http://www.verdinha.com.br/noticias/3838/cagece-autuada-r-60-mil-instituto-chicomendes-vazamento-esgoto-jericoacoara/>. Acesso em: 05 out. 2017.

VERÍSSIMO, L. S. **A importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento socioeconômico de eixo Crajubar, Cariri Ocidental-Estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará, 1999.

VIDAL, M. R. **Proposta de Gestão Ambiental para a Reserva Extrativista do Batoque. Aquiráz/CE**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Ceará. 2006.

VILLA, F.; MCLEOD, H. Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guidelines and Applications. **Environmental Management**, March 2002, Volume 29, Issue 3, p. 335–348.

World Wide Fund for Nature - WWF-Brasil **Environmental Management**.. 29(3), 335-348, 1992. **Categorias de Unidades de Proteção Integral no Brasil**. Brasília, DF. 2017. WWF-Brasil. **Unidades de Uso Sustentável no Brasil**. Brasília, DF. 2017.

XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L. M. **Sistemas de Informação Geográfica: uma proposta metodológica**. In: IV Conferência Latino americana sobre Sistemas de Informação Geográfica. **Anais II Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento**, São Paulo, 1993.

ZIELINSKI, J. **Watershed vulnerability analysis**. **Center for Watershed Protection**. Center for Watershed Protection 8391, Main Street Ellicott City, MD 21043, 2002. Disponível em: <http://www.puc.state.nh.us/%5C/-pdf> 2002. Acesso em: 23 jun. 2012.

## ANEXO

## Anexo 1 - Perfil de Poço da CAGECE em Jericoacoara.



## Ficha Técnica Completa de Poço



Poço: 2300021337	UF : CE	Município : Jijoca de Jericoacoara	Localidade : Jericoacoara - CAGECE (PT-06)		
<b>Perfil Construtivo</b>					
<b>Gerais</b>					
<b>Dados Gerais:</b>					
Nome :	GIJOC/116/2007 - CAGECE				
Data da Instalação :					
Proprietário :	CAGECE				
Natureza do Ponto :	Poço tubular				
Uso da água :	Abastecimento urbano				
Cota do Terreno :					
<b>Localização:</b>					
Localidade :	Jericoacoara - CAGECE (PT-06)				
UTM (Norte/Sul) :	9690295				
UTM (Leste/Oeste) :	331680				
Latitude (GGMMSS) :	024804				
Longitude (GGMMSS) :	403051				
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul-N/NE				
Subbacia Hidrográfica:	Rios Acarau, Piranjil e outros				
<b>Situação:</b>					
Data :	04/06/2007				
Situação :	Não Instalado				
<b>Construtivos</b>					
<b>Perfuração:</b>					
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método	
16/03/2007	0.00	25.00	HIDRO INGA	Rotativo	
<b>Diâmetro:</b>					
De (m):	Até (m):	Polgadas	Milímetros		
0.00	25.00	12 1/2	317.5000		
<b>Revestimento:</b>					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	
0.00	8.00	Plástico geomecânico	6	152.4000	
16.00	20.00	Plástico geomecânico	6	152.4000	
<b>Filtro:</b>					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura
8.00	16.00	Plástico geomecânico	6	152.4000	0.75
20.00	24.00	Plástico geomecânico	6	152.4000	0.75
<b>Espaço Anular:</b>					
De (m):	Até (m):	Material			

## Anexo 2 – Ficha técnica do poço



## Ficha Técnica Completa de Poço



Geológicos			
Feição Geomorfológica:			
Descrição:			
Formação Geológica:			
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:	
0.00	25.00	Formacao barreiras	
Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	10	Areia fina	Areia esbranquiçada, fina, pouco silteosa.
10	13	Areia média	Areia esbranquiçada, média, silteosa.
13	17	Arenito com seixos quartzosos	Arenito avermelhado, com seixos quartzosos, pouco argiloso
17	25	Arenito com seixos quartzosos	Arenito amarelado, com seixos quartzosos, pouco argiloso.
Hidrogeológicos			
Aquífero no Ponto:			
Aquífero: Poroso	Topo (m):	0.00	
	Base (m):	25.00	
	Captação:	Única	
	Penetração:	Parcial	
Nível da Água:			
Data:			
Nível da Água (m):			
Nível Medido Bombeando (S/N)?			
Vazão (m <sup>3</sup> /h):			
Teste de Bombeamento			
Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
20/03/2007	N	1.30	24:00
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m <sup>3</sup> /h):
12.45	2.691		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m <sup>2</sup> /s):	Vazão Após Estabilização (m <sup>3</sup> /h):	Tipo do Teste:
	30		Rebaixamento
Método:	Unidade:		
	Alt-lift		

Fonte: CPRM