

**As Dunas do Pólo Pitangui**

**LAUDO TÉCNICO**

## **SUMÁRIO**

I. INTRODUÇÃO .....	3
II. METODOLOGIA DOS TRABALHOS REALIZADOS.....	5
III. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS .....	7
IV. CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE DUNAS.....	9
V. COBERTURA VEGETAL .....	14
VI. MAPEAMENTO DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO NOTA EXPLICATIVA.....	20
VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	47
VIII. REFERÊNCIAS.....	49
IX. APÊNDICES .....	51
GLOSSÁRIO.....	52
Legislação estadual: .....	57

## I. INTRODUÇÃO

O presente Laudo atende a uma demanda do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte, através do Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente – CAOPMA, junto à Sociedade Potiguar de Empreendimentos S/C Ltda (SPEL) referente ao empreendimento “Pólo Turístico Ecológico e Aventura de Pitangui e Jacumã – RN”.

Este trabalho foi realizado por uma equipe técnica indicada pelo Ministério Público, através do Promotor Dr. Antônio de Siqueira Cabral, tendo como produto esperado um parecer sobre a “individualização e quantificação do campo de dunas inserido no âmbito do projeto Pólo Pitangui, apresentando um mapeamento. Bem como, parecer sobre as conformidades e ou desconformidades encontradas entre este; o Mapeamento do Campo Dunar – Resolução CONEMA n. 5 de 2006, na área do âmbito deste projeto; e sobre o Máster Plan apresentado pelo empreendedor”, sendo este escopo ratificado pelo Ministério Público, através da Dra. Ethel Francisco Ribeiro, e tendo como responsável pela contratação dos trabalhos a SPEL – Sociedade Potiguar de Empreendimentos LTDA.

O principal aspecto contemplado refere-se à caracterização do campo de dunas na área do Pólo, visando fornecer, tanto ao Ministério Público, quanto ao Empreendedor, informações técnicas que possam subsidiar tomadas de decisão quanto ao Licenciamento Ambiental do referido empreendimento (Processo 2005-001356/TEC/LP-0082).

Sua execução marca uma estratégia de ação conjunta entre o Ministério Público, Empresário e Pesquisador que buscou, desde sua concepção, a convergência de idéias e soluções.

A equipe agradece ao Laboratório de Estudos Geoambientais (LEGEO) do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela cessão das instalações e equipamentos e ao Grupo de Estudos de Afloramento Análogos à Reservatórios Petrolíferos da UFRN, na pessoa do Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho e sua equipe, pela cessão do “ground penetrating radar” (GPR) utilizado no estudo da hidrogeologia.

A equipe de consultores foi constituída pelos seguintes profissionais:

**Ricardo Farias do Amaral**, Dr. (Geólogo; Professor DGeol/UFRN). Coordenador e responsabilidade técnica sobre os temas **Geologia, Geomorfologia e mapeamento em sistema de informações georreferenciadas (SIG)**;

**José Braz Diniz Filho**, Dr. (Geólogo; Professor DGeol/UFRN). Responsabilidade técnica sobre o tema **Hidrogeologia associada ao campo dunar**;

**Luiz Antonio Cestaro**, Dr. (Ecólogo; Professor DGeog/UFRN). Responsabilidade técnica sobre o tema **cobertura vegetal ocorrente na área do empreendimento**;

**Luiz Liberato Cavalcanti de Albuquerque Tabajara**, Dr. (Oceanólogo; Empresário, SEAGRASS Consultoria em Gestão Costeira). Responsabilidade técnica sobre o tema **caracterização do campo dunar e mapeamento em sistema de informações georreferenciadas (SIG)**;

**Vanildo Pereira da Fonseca**, Dr. (Geólogo; Professor DGeol/UFRN). Responsabilidade técnica sobre os temas **Geologia e Geomorfologia**.

## II. METODOLOGIA DOS TRABALHOS REALIZADOS

Este Laudo está fundamentado na interpretação de produtos de sensoriamento remoto, trabalhos de campo e consulta à bibliografia disponível. A equipe foi constituída visando a obter respostas às perguntas fundamentais emanadas do trabalho de análise do processo pelo Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente (CAOPMA).

### **Imagens**

As imagens utilizadas foram disponibilizadas pelo Ministério Público; foram interpretadas imagens geo-referenciadas do satélite *Quickbird* (resolução espacial de 2m) e aerofotos (2006) digitalizadas, retificadas e geo-referenciadas (escala aproximada original 1:8.000).

Os dados altimétricos disponíveis foram obtidos a partir das fotos aéreas (com equidistância de 5m) e também por *scanner* imageador aero-transportado (LIDAR), cujo modelo de elevação de terreno resultante foi elaborado com equidistância de 0,2m.

### **Trabalhos de campo**

Foi realizada uma etapa de campo, no dia 21 de maio, para a avaliação da interpretação das imagens, onde foram obtidas as fotos dos aspectos de campo.

O trabalho de campo consistiu de visita a pontos previamente selecionados a partir da interpretação das imagens disponíveis. Fizeram-se presentes os cinco profissionais responsáveis que executaram o reconhecimento dos elementos geoambientais ocorrentes na área do empreendimento.

Uma outra equipe da UFRN executou o levantamento com Radar de penetração no solo (GPR), cujo principal objetivo era o de caracterizar a espessura do pacote arenoso em uma área de deflação. Este levantamento foi executado pela equipe do Grupo de Estudo de Análogos a Reservatórios Petrolíferos, coordenado pelo Prof. Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho, ao qual agradecemos a colaboração.

## **Instrumentação**

Foram utilizados equipamentos compatíveis com as diferentes etapas de elaboração deste Laudo.

O trabalho de campo foi realizado com auxílio de instrumentos convencionais [bússola, martelo, GPS, veículos tipo buggy (2) e tracionados (3)] e utilizou-se um equipamento para investigação da sub-superfície – o Radar de penetração no solo (GPR), modelo SIR-3000 da GSSI (Geophysical Survey Systems Inc), com antenas de 200 MHz e 100 MHz. Também foram utilizadas câmaras fotográficas digitais (resolução de 10 MP) para documentar os aspectos trabalhados em campo.

Os trabalhos de mapeamento foram executados em ambiente SIG baseado no programa Arc Gis 9.2 (2007). O mapeamento foi realizado utilizando-se o sistema de referencia UTM, com o datum SAD 69.

### III. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

Este capítulo abrange a descrição sucinta das unidades geológicas e geomorfológicas e reconhecidas no campo.

As descrições referenciadas das unidades de mapeamento geológico e geomorfológico podem ser obtidas diretamente do Estudo de Impacto Ambiental.

#### **Unidades geológicas**

Os registros geológicos que ocorrem nos limites da área de empreendimento são descritos sumariamente a seguir. A necessária ênfase aos depósitos provenientes de sedimentação eólica é tratada como um capítulo à parte.

A **Formação Barreiras** compreende rochas sedimentares siliciclásticas de origem fluvial; sua idade é distribuída no Mioceno (cerca de 16 milhões de anos antes do presente). Os registros são representados predominantemente por arenitos variegados, pouco coesos (fraca diagênese) a bastante endurecidos (fácies ricas em cimentação por óxido de ferro). Aflora no leito do Rio Pratagi e como um terraço de abrasão marinha na “ponta de Pitangui”.

Um depósito de **turfeira** compreende restos vegetais associados a lama carbozona e ocorre na embocadura do rio Pratagi. Corresponde a um registro de uma antiga área de mangue soterrado pela dinâmica costeira mais recente. Datações (por carbono 14) efetuadas por Bezerra (1998) em depósito similar que ocorre em Rio do Fogo (mais a norte) forneceram idades da ordem dos 6.000 anos antes do presente.

A **sedimentação eólica** compreende vários episódios de geração de dunas (inclusive a “Formação Potengi”), representada pela ocorrência de areias finas a médias, quartzosas e ocasionalmente grânulos (especialmente na bacia de deflação). Estes registros estão amplamente distribuídos na área do empreendimento, individualizando feições de dunas livres e vegetadas, assim como espriadas (lençóis arenosos) sobre a Formação Barreiras.

Os sedimentos fluviais (**aluviões**) correspondem a retrabalhamento dos sedimentos da Formação Barreiras e, principalmente, das areias dos diferentes tipos de dunas; estão associados ao rio Pratagi. Nas **margens lacustres** também predomina o retrabalhamento das areias eólicas.

A **sedimentação praial** compreende uma faixa de areias médias finas, bem selecionadas que ocorre na frente costeira.

## **Unidades geomorfológicas**

As unidades geomorfológicas observadas são predominantemente agradacionais e intimamente relacionadas aos registros sedimentares, gerando formas de acumulação (construtivas) ou degradacionais, associadas ao trabalho fluvial, eólico e marinho (ou feições erosivas).

Os **tabuleiros costeiros** compreendem as superfícies sub-horizontais resultantes de formas estruturais (topo do Barreiras) ou à sedimentação de lençóis arenosos sobre as rochas da Formação Barreiras. No vale do rio Pratiagi, essa superfície acha-se fragmentada e o fluxo canalizado provoca a exposição dessas rochas.

Aa **planície fluvial** (do rio Pratiagi) e as **planícies lacustres** são estreitas e “afogadas” pelas areias dos campos de dunas.

Os **campos de dunas** são representados por sistemas complexos (duna frontal – planície de deflação – frentes dunares) e predominam na paisagem, correspondendo a dunas móveis e fixas.

O **sistema praial** é representado por uma antepraia dissipativa a intermediária, por uma zona de estirâncio (ou intermaré) de largura variável (até cerca de 150m) e um pós-praia marcado pela berma ou diretamente associado às dunas frontais.

## IV. CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE DUNAS

### INTRODUÇÃO

De maneira genérica, a classificação morfológica de dunas costeiras usualmente distingue as dunas que desenvolvem na presença de vegetação (fixas) e aquelas envolvidas no movimento livre de areia na direção a sotavento (Hesp & Thom, 1990). Portanto, os depósitos eólicos ativos da área do Pólo Pitangui serão divididos em dois tipos: dunas móveis e dunas fixas vegetadas. As primeiras, também conhecidas como dunas livres ou transgressivas, são as feições que mais impressionam em termos de extensão e volume (Giannini *et al.*, 2005); as dunas fixas e as “semi-fixas” iniciam a sua formação no pós-praia e adjacências, influenciadas pela vegetação, e incluem: as dunas frontais, rupturas de deflação (blowouts), dunas parabólicas com rastros lineares, dunas residuais de deflação e os *rebdus* (Quadro 5.1). No glossário em anexo, apresentam-se as definições dos termos que individualizam todas as formas eólicas citadas neste texto.

Este critério irá facilitar a análise dos dados gerados pelos documentos que sustentam o licenciamento do empreendimento, em razão de já estar definido na bibliografia científica (Hesp & Thom, 1990; Giannini *et al.* 2005) e por alinhar-se aos conceitos da Resolução CONAMA nº 341, de 25 de setembro de 2003 (DOU, de 3/11/2003) para o parcelamento de áreas de dunas desprovidas de vegetação na zona costeira em projetos turísticos sustentáveis e de Gerenciamento Costeiro (Lei Federal 7.661/1988 e Decreto Federal 5.300/2004).

### FATORES CONTROLADORES DAS DUNAS FRONTAIS

As duas variáveis controladoras do tipo e das dimensões dos depósitos eólicos são os estoques de sedimentos disponíveis para o transporte eólico e o regime de ventos (Giannini *et al.*, 2005). O suprimento sedimentar é controlado pelo saldo de sedimentos existentes na porção emersa da praia, na dependência do aporte fluvial, do tipo morfodinâmico de praia (Short e Hesp, 1982) e da fisiografia da plataforma continental interna, que segundo Vital *et al.* (2006), influencia a morfodinâmica em razão da presença ou não de rochas (recifes de arenito) na antepraia, por definir a orientação da linha de costa em relação ao ângulo de ataque das ondas e o tipo de sedimento disponível a dinâmica marinha.

**Quadro 4.1 - Relação das principais feições eólicas e compartimentos correlatos.**

<b>1. Dunas vegetadas:</b> Dunas fixas e semi-fixas com influência da vegetação.
1.1. Duna frontal 1.2. Rupturas de deflação eólica 1.3. Dunas parabólicas semifixas 1.4. Dunas parabólicas fixas 1.5. Dunas residuais de deflação 1.6. Cadeias barcanóides 1.7. Rebdus
<b>2. Dunas móveis:</b>
2.1. Dunas livres, ativas ou transgressivas 2.1.1. Dunas parabólicas móveis 2.1.2. Frentes deposicionais parabólicas 2.2. Mantos de areia sem face de avalanche 2.2.1. Lençóis de areia
<b>3. Superfície de deflação:</b>
3.1. Presença de dunas residuais 3.2. Ausência de dunas

Estados morfodinâmicos intermediários situam-se entre as praias de Graçandu e Pitangui, e morfodinâmicos dissipativos na praia de Jacumã, respectivamente, protegidas com alinhamento de arenitos na antepraia, paralelos a linha de costa, e sem arenitos na antepraia. Estas formações atenuam o efeito das ondas e protegem a costa contra a erosão marinha. Ao dissipar parcialmente a energia possibilita o aprisionamento de sedimentos no estirâncio afetando a morfologia da praia (Ferreira Jr., 2005).

As variações morfodinâmicas refletem mudanças na topografia da praia tridimensional que interferem no comportamento do fluxo aerodinâmico sobre o pós-praia e no potencial de deriva eólica (Short e Hesp, 1982; Davidson-Arnott e Law, 1990). Praias do tipo dissipativas (segmento Jacumã-Mirim) apresentam maior mobilidade de sedimentos e morfologia que favorecem velocidades de fluxo laminar sobre o pós-praia e o processo de saltação dos grãos areia média fina para o interior do continente.

O aporte de areias fluviais do rio Ceará Mirim e do Pratagi pode ocorrer sazonalmente nos períodos climáticos de maior precipitação pluviométrica. O rio Ceará Mirim contribui para o fornecimento de sedimentos que vão ser distribuídos ao longo da faixa costeira Graçandu-Pitangui pela deriva litoral, preponderante na direção Sul para Norte (Diniz e Dominguez, 1999). Nos trechos costeiros mais protegidos por arenitos (Graçandu) existem proeminências costeiras que aumentam o transporte de areia para o interior do sistema eólico, em razão do alargamento da praia subaérea (Tabajara *et al.*, 2008). Mais ao norte, a sotamar, registros de escarpas nas dunas frontais da enseada da praia de Jacumã, indicam uma provável retenção de sedimentos no trecho Graçandu-Pitangui e/ou erosão devido à refração de ondas na ponta de Pitangui.

O volume de areia transportada, a partir da praia, até as dunas primárias vegetadas são regidas pela orientação da linha de costa em relação ao vento predominante de SE e pelos fatores que influenciam o limiar de movimento dos sedimentos e a taxa de transporte das areias, tais como: tamanho das partículas sedimentares, conteúdo de umidade, crostas salinas e forma da praia (Sherman & Hotta, 1990).

Os ventos apresentam uma proveniência praticamente unidirecional do quadrante SE, com as maiores velocidades médias mensais de agosto a novembro. Os meses mais secos são outubro, novembro, dezembro com total de precipitação média abaixo de 40mm. Este cenário climático mostra um aumento significativo da deriva eólica potencial (DEP) no segundo semestre de cada ano, com picos no mês de novembro.

Em resumo, o transporte eólico na área é favorecido quando se conjuga as condições de disponibilidade de sedimentos secos, aumento da velocidade dos ventos do quadrante sudeste e exposição da praia nos períodos de maré vazante de sizígia (Tabajara *et al.*, 2008). Portanto, este gatilho no transporte eólico é limitado a poucos meses do ano e pode ser condicionado ainda por oscilações climáticas de meso-escala, como os ciclos El Niño / La Niña.

A interação do suprimento de areia com a deriva eólica Potencial (DEP) resulta na deriva eólica efetiva (DEE), transporte de areia para o interior do continente. A DEE depende da existência de areia seca incoesa disponível aos ventos que sopram sobre a costa. Vários estudos indicam que quanto mais reto (próximo de 90°) o ângulo  $\alpha$  entre o vento e a linha de costa, maior o potencial para construção de dunas e formação de campos de dunas transgressivas (Davidson-Arnott *et al.*, 1990; Carvalho, 2003 apud Giannini *et al.* 2005). Na área de estudo esta situação ocorre nas proeminências da linha de costa da praia de Graçandu.

## **ORIGEM, GEOMORFOLOGIA E DINÂMICAS DAS DUNAS (ver mapas)**

As primeiras formações de dunas vegetadas construídas na parte superior do pós-praia são as dunas frontais estabelecidas ou as dunas embrionárias. Na superfície de deflação da “Duna do Rio”, as dunas frontais foram erodidas pela morfodinâmica da barra do rio Pratagi, e os *rebdus* se desenvolveram, sendo formas de escala métrica criadas em torno de vegetação costeira arbórea de pequeno porte (Joly, 1997, apud Gianinni *et al*, 2005).

O desenvolvimento morfológico das dunas depende principalmente da densidade, distribuição, altura e cobertura das plantas; velocidade do vento e taxa de transporte de areia. As dunas frontais são relativamente bem estabilizadas pela associação vegetal capim de praia (*Panicum rasemosum*) junto com a *Ipomea pres-caprae*, resultando uma crista com geometria suavemente convexa.

As zonas de rupturas de deflação são comuns em ambientes de dunas costeiras de alta energia de ondas e ventos. Na praia de Jacumã, o seu início está relacionado à erosão por ondas na baía ao sul, aceleração topográfica do fluxo de vento sobre a crista da duna frontal, ou associada a sangradouros/ maceiós das águas pluviais à praia. A formação de corredores de areia para o interior da superfície de deflação supre de areia as dunas parabólicas semi-fixas (praia de Jacumã), ou diretamente à frente deposicional parabólica (praia de Graçandu e Ceará-Mirim).

As frentes deposicionais parabólicas, em sua porção proximal, estão associadas a zonas de deflação, onde se encontram feições deposicionais vegetadas como dunas parabólicas e cordões de areia alongados gerados pelos rastros de deslocamento de dunas parabólicas, deixados a barlavento do campo de dunas móveis. Este padrão está bem definido na praia de Jacumã.

As dunas móveis de Graçandu deixam à planície de deflação, a barlavento, e avançam pela borda interna da restinga vegetada da planície de inundação do estuário do rio Ceará Mirim. São dunas parabólicas livres, pouco vegetadas, transgredindo terrenos alagadiços (terraço lagunar da lagoa de Pitangui), com a feição mais distal (lençóis de areia) transpondo a estrada de acesso a Pitangui.

As dunas móveis de Pitangui (Dunas Douradas), núcleo urbano mais adensado adjacente, deixam no interior da planície de deflação, dunas parabólicas vegetadas, e se deslocam em terrenos mais distantes da praia sobre a superfície dos tabuleiros. No entanto, na passagem do

terraço lagunar da lagoa de Pitangui para a sua porção distal, as dunas livres se reorganizam como dunas parabólicas compostas.

A frente deposicional parabólica da praia de Jacumã é uma megaforma eólica. Popularmente chamada de “Duna do Rio” (ver mapas), encontra-se preservada e conectada à dinâmica de praia atual. Várias gerações de dunas parabólicas alimentaram esta frente de dunas transgressivas, a partir da superfície de deflação, deixando marcas residuais vegetadas de antigos rastros de deslocamentos menores. Numa escala maior de magnitude, esta parabólica simples de braços alongados, também conhecida na literatura como *Hairpin* (grampo de cabelo) ou *longwalled* (Pye, 1982), apresenta um corpo único constituído por paredes alongadas vegetadas (rastro linear residual), uma bacia deflacionar e um lóbulo de deposição (Pye & Tsoar, 1990, *apud* Hesp, 2001; Giannini *et al*, 2005).

A “Duna do Rio” foi mapeada como uma unidade geoambiental por abranger diversos tipos de ecossistemas com interações funcionais e forte interdependência (Decreto Federal nº 5300 de 7 de dezembro de 2004 que regulamenta a Lei nº 7.661 – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC). Existem fortes evidências de que este complexo dunar continua sendo suprido de areia pela dinâmica da praia atual, em razão do retrabalhamento por ondas das dunas frontais na praia e disponibilidade de sedimentos fluviais. Independente do sistema costeiro, na bacia deflacionar existe o estoque de areias avermelhadas da “Formação Potengi” que, retrabalhadas pela ação dos ventos, realimentam o lobo deposicional parabólico distal e cordões de precipitação laterais. No conjunto, enquadra-se conceituação de dunas móveis, conforme consta no Decreto Federal nº 5300/2004, em seu Art. 2º, Inciso V.

O uso da porção proximal das megadunas (bacias de deflação e dunas residuais parabólicas) com atividades de baixo impacto poderá ser considerado, desde que sejam observados cuidados relativos à integridade destes geossistemas como: preservação da paisagem dunar, manutenção das dunas residuais de deflação, preservação da qualidade do aquífero, manutenção do fluxo eólico natural e da vegetação protegida por lei.

## V. COBERTURA VEGETAL

### **Introdução**

A vegetação costeira que se estende por uma estreita faixa ao longo do litoral oriental do Rio Grande do Norte envolve um conjunto de tipos fisionômicos. De maneira geral, pode-se dizer que os ambientes da faixa costeira estão arrançados em três grupos.

O mais antigo relacionado ao suporte sedimentar da Formação Barreiras acumulado durante o período geológico Terciário, compreende terrenos relativamente planos com solos arenosos de espessura variável, ácidos e pobres em nutrientes, cuja vegetação dominante são as savanas, associadas ao Domínio dos Cerrados e regionalmente denominadas “tabuleiros” (Salgado *et al.* (1981). Onde esses solos são mais profundos desenvolvem-se uma formação florestal, já pertencente ao Domínio da Mata Atlântica (Cestaro, 2002). Cobrindo parte dos sedimentos da Formação Barreiras, desde o contato do continente com o mar, estão os depósitos holocênicos de areais quartzosas de origem marinha, acumulados sobre o continente em função do transporte eólico e que se constituem em extensos campos dunares.

Devido à movimentação intensa das areias, esses terrenos são bastante instáveis e a vegetação que sobre eles se desenvolve, quando existe, assume fisionomia bastante variada, desde campestre até arbustiva, raramente florestal (Trindade, 1992). Compreendem a denominada “vegetação de restinga”, em função do substrato arenoso de origem marinha que a mantém (Tavares, 1960; Rizzini, 1979; Salgado *et al.*, 1981). Do contato do rio com o mar surge o terceiro tipo de ambiente da costa oriental potiguar, os estuários, que são ambientes bastante dinâmicos onde o manguezal e os campos de halófitos (apicuns) são comuns.

A exceção dos ambientes estuarinos, os tabuleiros e os campos dunares estão presentes na área do presente estudo, além de rios e de lagoas com sua vegetação característica. A fragilidade ambiental dessa área, como também de toda a faixa costeira potiguar, pode ser avaliada pelo conjunto numeroso de restrições que a legislação impõe a sua ocupação; legislação essa que protege as florestas e ecossistemas associados da Mata Atlântica, a vegetação ao longo dos rios e ao redor das lagoas, a vegetação que fixa as dunas e os mananciais hídricos.

É necessário, portanto, extremo rigor no processo de ocupação desses ambientes, seja pelas restrições legais, seja pela fragilidade e importância ambiental que essa vegetação assume.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA), realizado pela ECOPLAM em 2006 visando à licença prévia de instalação do empreendimento *Pólo Turístico Ecológico e Aventura de Pitangui e Jacumã – RN* na área de estudo, envolveu a identificação e a descrição da vegetação e o seu mapeamento na escala 1:25.000. Entretanto, a Resolução CONAMA nº 341/2003, em seu Artigo 3º, orienta para que *“As dunas passíveis de ocupação por atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis declarados como de interesse social deverão estar previamente definidas e individualizadas, em escala mínima de até 1:10.000, pelo órgão ambiental competente, sendo essas aprovadas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente”*.

Essa condição foi atendida pela Resolução CONEMA nº5/2006, que delimitou as dunas fixas e as dunas móveis da célula 7, espaço em que está inserida a área de estudo; mesmo procedimento adotado no capítulo anterior deste relatório, que trata da delimitação dessas dunas em nível de detalhe. Para que seja possível uma comparação entre esses diversos trabalhos, é necessário identificar os tipos de vegetação natural existente na área e mapeá-los na escala 1:10.000, o que se constitui no objetivo principal deste capítulo. São objetivos também identificar e mapear as Áreas de Preservação Permanente (APPs) relacionadas aos ambientes aquáticos, e as áreas protegidas, de forma a subsidiar a correta ocupação da área.

## **Metodologia**

### **Identificação e classificação da vegetação**

Os diferentes tipos de vegetação foram identificados a partir de visitas à área e classificados de acordo com o sistema adotado oficialmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para a vegetação brasileira (IBGE, 1992). O Sistema Primário de Classificação da Vegetação Brasileira reconhece as **formações vegetais**, que são tipos de vegetação em geral regionais e que ocupam ambientes estáveis, e as **formações pioneiras**, que consistem em *“vegetação de primeira ocupação e de caráter edáfico, que ocupa os terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições de areias marinhas nas praias e restingas, as aluviões fluviomarinhas nas embocaduras dos rios e os solos ribeirinhos aluviais e lacustres”* (IBGE, *op. cit.*).

## **Mapeamento**

O mapeamento da vegetação foi realizado a partir de ortofotocartas digitais coloridas com resolução de 2m obtidas em abril e maio de 2006 pelo projeto PRODETUR e cedidas pelo IDEMA – Instituto de Defesa do Meio Ambiente. O georreferenciamento das imagens foi adotado como verdade e o arquivo em formato *shapefile* com os limites da área de estudo foi fornecido pelo empreendedor contratante do estudo. Para o mapeamento foram utilizadas características obtidas em campo para cada tipo de vegetação, como porte, rugosidade do dossel, grau de adensamento, padrão de cobertura do solo, coloração da folhagem e localização topográfica. A fotointerpretação das imagens foi realizada visualmente em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando-se o programa ArcGis® e digitalizando-se diretamente na tela do computador.

Além da tipologia vegetal nativa foram consideradas as áreas com vegetação antrópica (vegetação introduzida ou cultivada pelo homem), bem como os corpos d'água, as áreas edificações, as rodovias e as estradas.

A escala adotada no mapeamento variou entre 1:5.000 e 1:7.000, conforme a maior ou menor nitidez e/ou irregularidade dos contornos. Foram consideradas mapeáveis apenas as manchas com tamanho mínimo de 200m<sup>2</sup>, sendo aquelas de menor área incluídas na classe dominante no seu entorno. Foi determinada a área de cada polígono mapeado, o que permitiu calcular a área total ocupada pelas classes identificadas.

## Áreas protegidas

Em ambiente de SIG, foi gerado um mapa indicando as áreas que apresentam vegetação legalmente protegida. A partir do mapa de corpos d'água foram traçados os limites das Áreas de Proteção Ambiental (APP) considerando as faixas de 30m para os rios e riachos e de 50m para as lagoas, de acordo com a Lei do Novo Código Florestal (Lei Federal nº 4771/1965) e a Resolução CONAMA nº 303/2002). A união dos dois mapas gerou um terceiro, contendo as áreas de vegetação legalmente protegida.

## Resultados

**Os tipos de vegetação existentes na área** – Foram identificados cinco tipos principais de vegetação natural na área de estudo que, juntas, ocupam cerca de 76% da área de estudo (Tabela 1):

- *Floresta Estacional Semi-decidual*: Pequeno fragmento florestal localizado na extremidade meridional na área. Trata-se, em função da composição de espécies, de vegetação integrante do domínio da Mata Atlântica e, portanto, protegida (Decreto nº750/1993, Lei nº11.428/2006);
- *Contato savana/restinga*: A fisionomia e a composição de espécies indicam tratar-se de uma vegetação de transição entre a savana arborizada (tabuleiro, campo-cerrado ou cerrado *sensu stricto*) e a formação pioneira arbustiva com influência marinha (restinga arbustiva). As vegetações ecotonais (de transição, ou de contato) não são protegidas legalmente. Na área estão, de maneira geral, em ótimo estado de conservação e ocupam cerca de 50% da gleba (Tabela 1). Foram identificadas algumas manchas dessa vegetação em estágio inicial e médio de sucessão; fragmentos esses que sofreram perturbação por fogo ou desmatamento e que agora estão se recuperando.
- *Restinga arbustiva*: Denominada também de Formação Pioneira Arbustiva com Influência Marinha, essa vegetação ocupa os terrenos de areias holocênicas, em pequenas manchas na planície de deflação e em extensões mais contínuas nos campos dunares, num total de 8% da área de estudo. Conforme indica o Artigo 3º do Decreto nº750/2003 e o Artigo 2º da Lei nº11.428/2006, as restingas fazem parte do domínio da Mata Atlântica e do Bimata Atlântica, respectivamente, sendo, portanto, protegidos da destruição.
- *Restinga herbácea*: Trata-se da Formação Pioneira Herbácea com Influência Marinha que ocupa as praias, as dunas frontais, a maior parte da planície de deflação e os campos de

dunas. Em algumas partes da planície de deflação podem sofrer alagamento periódico de diferentes intensidades. Foram identificadas também manchas significativas de vegetação herbácea, plantada com o objetivo de fixação das areias dunares. O grau de cobertura do solo por essa vegetação é variável, sendo maior nas baixadas mais úmidas, intermediário nas dunas frontais e nas partes mais altas da planície de deflação e muito baixo nas dunas. Ao todo as restingas herbáceas ocupam cerca de 16% da área de estudo.

- *Vegetação herbácea aquática*: Denominada no Sistema de Classificação do IBGE (1992) de Formação Pioneira Herbácea com Influência Fluvial e Lacustre, ocorre nas margens do rio Pratagi, ao redor da Lagoa de Pitangui e em algumas lagoas rasas e perenes. Ocupa cerca de 1% da área de estudo.

As áreas com agricultura permanente envolvem plantações principalmente de coqueiros, mas também de outras frutíferas, com mangueiras e cajueiros.

As dunas sem cobertura vegetal envolvem os espaços dunares onde a mobilidade de areia é muito alta e as ervas que aí se instalam apresentam baixíssimo grau de cobertura do solo. Ocupam cerca de 21% de toda a gleba.

### **Mapa de vegetação**

O mapa de vegetação produzido identificou e delimitou 19 classes de cobertura do solo. O referido mapa é apresentado impresso em papel ou em meio digital com o formato *shapefile*. As áreas ocupadas por cada classe de mapeamento são apresentadas na Tabela 1.

**Áreas de proteção permanente (APPs)** – As APPs envolvendo os corpos d’água (rio, riachos e lagoas permanentes) e suas bordas foram delimitadas em ambiente de SIG, gerando um mapa e as áreas, que totalizaram cerca de 90ha.

**Áreas de vegetação protegida** – A união dos mapas de vegetação protegida e de APPs gerou um mapa de áreas de vegetação protegida disponibilizado em meio digital (*shapefile*) e impresso. A partir desse mapa foi possível calcular o total de área protegida em função da vegetação (floresta estacional semi-decidual e restinga arbustiva) e das APPs, o que envolve 13% da área de estudo.

Tabela 5.1. Classes de cobertura do solo mapeadas no empreendimento Pólo Pitangui, Ceará Mirim e Extremoz, RN e respectivas áreas. As classes sombreadas compreendem vegetação legalmente protegida.

Classes de cobertura do solo	Áreas	
	hectares	percentagem
Floresta estacional semidecidual	6,46	0,32
Contato savana/restinga	893,80	44,12
Contato savana/restinga em estágio médio de sucessão	70,16	3,46
Contato savana/restinga em estágio inicial de sucessão	35,77	1,77
Restinga arbustiva	164,37	8,11
Restinga herbácea	157,08	7,75
Restinga herbácea em restauração	84,87	4,19
Restinga herbácea periodicamente alagada	101,29	5,00
Vegetação herbácea aquática fluvial	5,77	0,28
Vegetação herbácea aquática lacustre	20,52	1,01
Florestamento com casuarinas	6,88	0,34
Agricultura permanente	27,44	1,35
Duna sem cobertura vegetal	425,08	20,98
Edificações	2,31	0,11
Estrada carroçável	1,86	0,09
Rodovia pavimentada	8,07	0,40
Lagoa permanente	10,27	0,51
Riacho	0,66	0,03
Rio Pratagi	3,11	0,15
<b>Soma</b>	<b>2025,77</b>	<b>99,97</b>

Tabela 5.2. Áreas com potencial de uso e de vegetação legalmente protegida do Pólo Pitangui, Ceará Mirim e Extremoz, RN.

Orientação de uso	Áreas	
	hectares	percentagem
Vegetação legalmente protegidas, incluindo APPs dos corpos d'água	245,07	12,10
Áreas com potencial de uso	1780,70	87,90
<b>Soma</b>	<b>2025,77</b>	<b>100,00</b>

## VI. MAPEAMENTO DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO

### NOTA EXPLICATIVA

Foram produzidos os seguintes mapas temáticos:

Mapa de unidades geoambientais: compreende o mapeamento das seguintes unidades geoambientais: alagado, bacia de deflação, cadeia de barcanóides, dunas fixas, dunas frontais e rupturas de deflação, dunas parabólicas fixas, dunas parabólicas semifixas, dunas residuais de deflação, frente deposicional parabólica, lagoas permanentes, lagoas temporárias, praia, riachos, rio Pratagi, superfície de deflação, superfície de tabuleiros, zona de embocadura do rio Pratagi.

Mapa de vegetação: compreende o mapeamento das seguintes unidades de vegetação: floresta estacional semi-decidual, contato savana/restinga, contato savana/restinga em estágio médio de sucessão, contato savana/restinga em estágio inicial de sucessão, restinga arbustiva, restinga herbácea, restinga herbácea em restauração, restinga herbácea periodicamente alagada, vegetação herbácea aquática fluvial, vegetação herbácea aquática lacustre, florestamento com casuarinas, agricultura permanente, duna sem cobertura vegetal.

Mapas de Uso Indicado: estes mapas as feições agrupadas em áreas sem restrições legais de uso e áreas com restrição legal..

O mapa de uso indicado geoambiental agrupou as feições alagado, bacia de deflação, cadeia de barcanóides, dunas fixas, dunas frontais e rupturas de deflação, dunas parabólicas fixas, dunas parabólicas semifixas, dunas residuais de deflação, frente deposicional parabólica, lagoas permanentes, lagoas temporárias, praia, riachos, rio Pratagi, zona de embocadura do rio Pratagi como feições que possuem restrições legais.

Como forma de facilitar a interpretação e compreensão espacial das ideais expostas mapas são apresentados em transparência, na versão impressa.

Para comparação com os resultados obtidos neste estudo, foram incluídos os mapas de unidades geoambientais e o mapa de uso indicado gerados em 2006.

Os resultados obtidos foram organizados considerando-se a relação entre as áreas das unidades geoambientais, com as áreas sem restrições legais de uso e áreas sem restrições legais (Tabela 6.1).

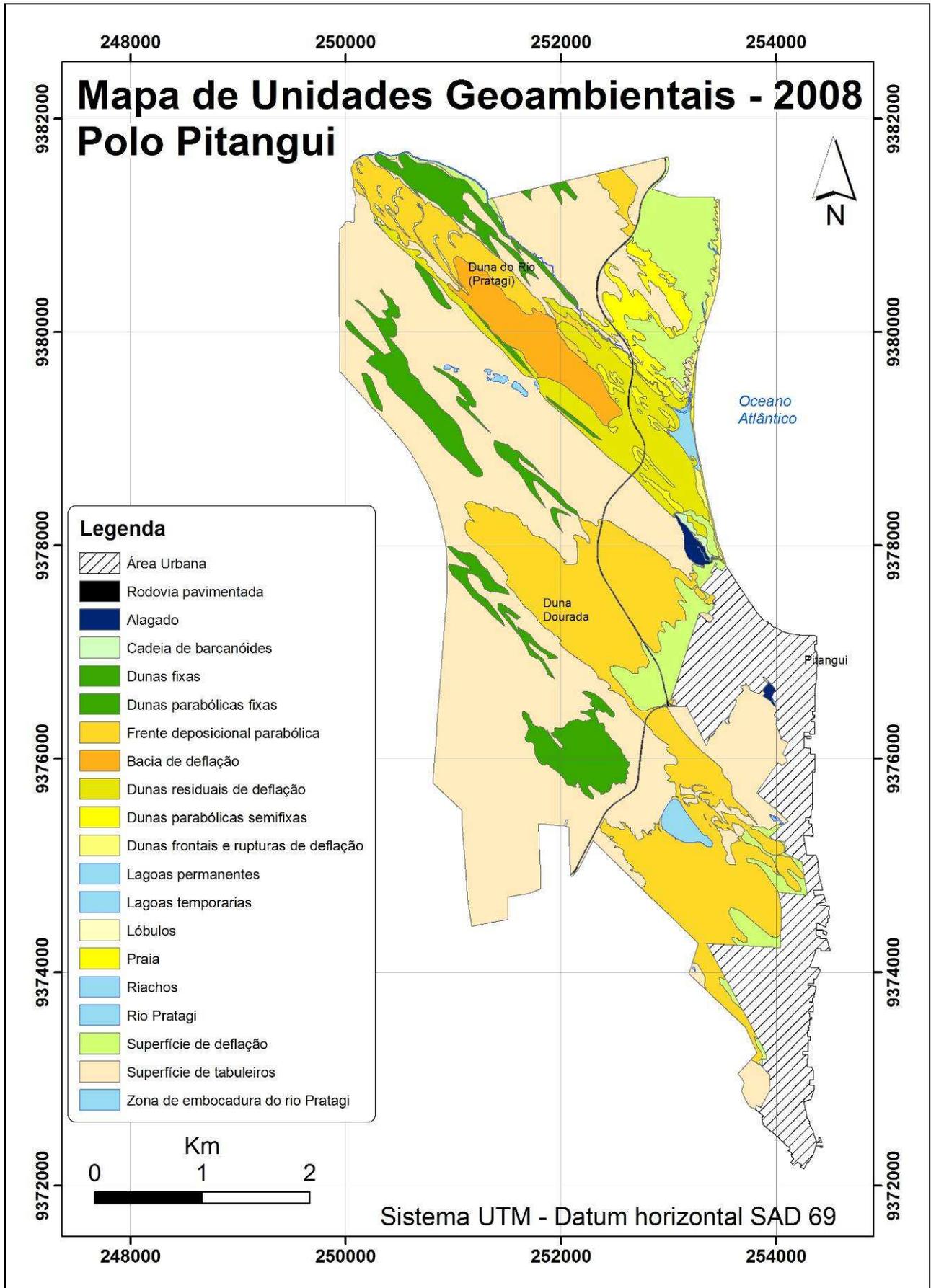
Tabela 6.1: distribuição por área das unidades mapeadas

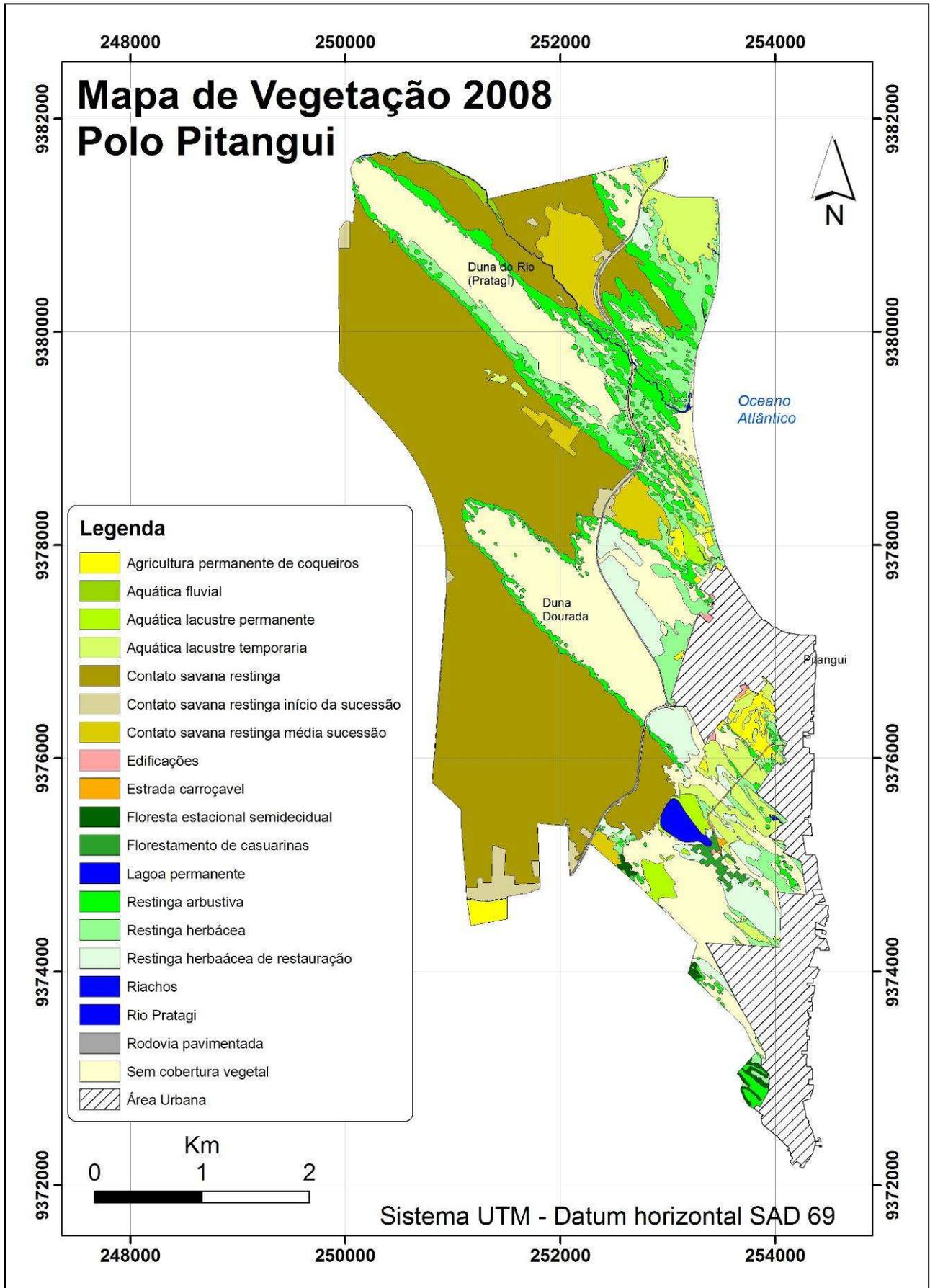
<b>Mapa das Unidades Geoambientais</b>		
Feições mapeadas em 2008	Área (ha)	%
Alagado	6.75	0.3
Bacia de deflação	64.58	3.2
Cadeia de barcanóides	2.44	0.1
Dunas fixas	163.09	8.1
Dunas frontais e rupturas de deflação	10.35	0.5
Dunas parabólicas semifixas	53.02	2.6
Dunas residuais de deflação	108.82	5.4
Frente deposicional parabólica	433.33	21.5
Lagoas permanentes	10.37	0.5
Lagoas temporárias	2.79	0.1
Praia	2.57	0.1
Riachos	0.66	0.0
Rio Pratagi	3.12	0.2
Superfície de deflação	154.28	7.7
Superfície de tabuleiros	992.65	49.2
Zona de embocadura do rio Pratagi	7.07	0.4
<b>TOTAL</b>	<b>2016</b>	<b>100.0</b>

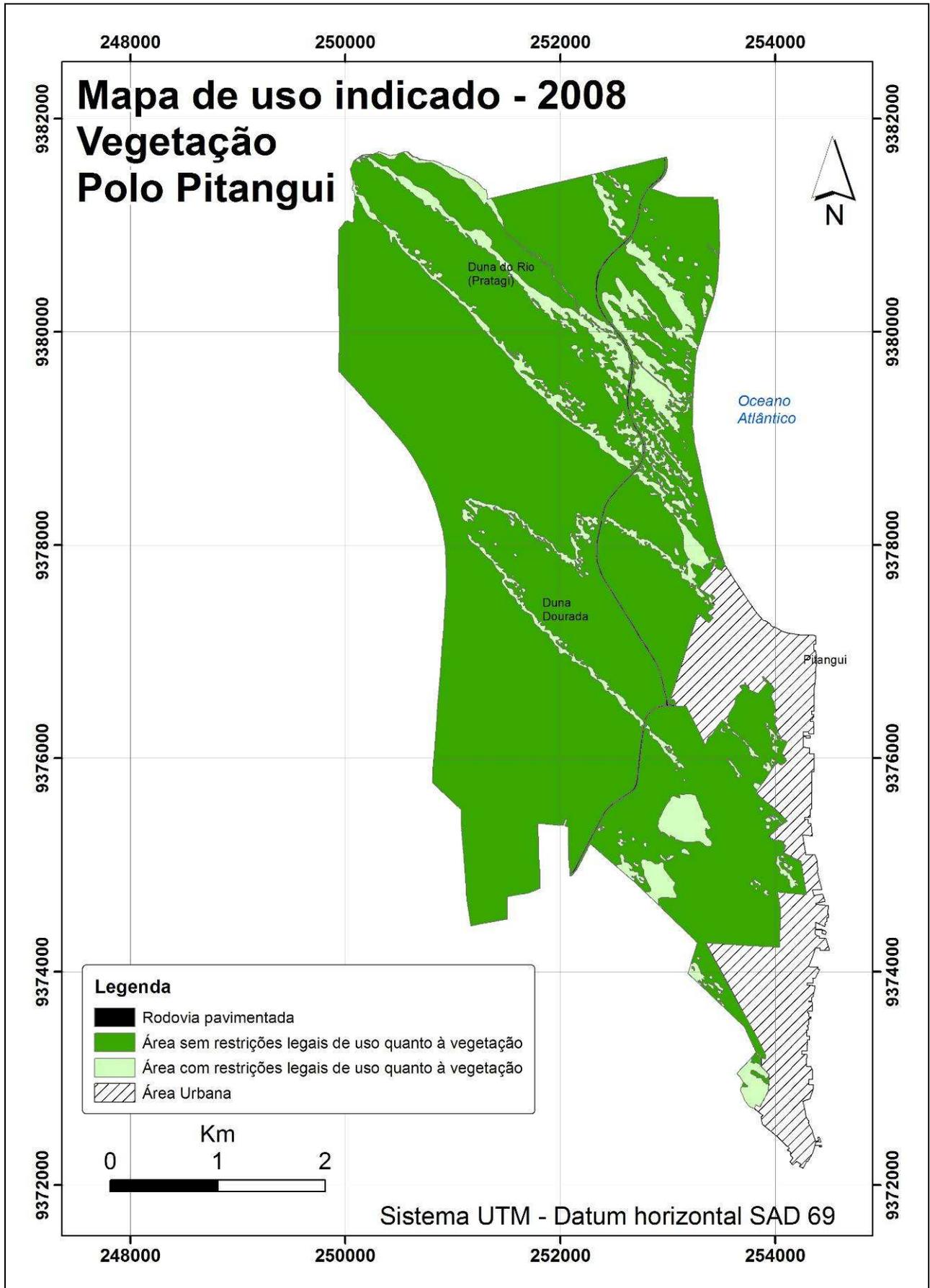
Tabela 6.2: Dados dos mapas de uso indicado

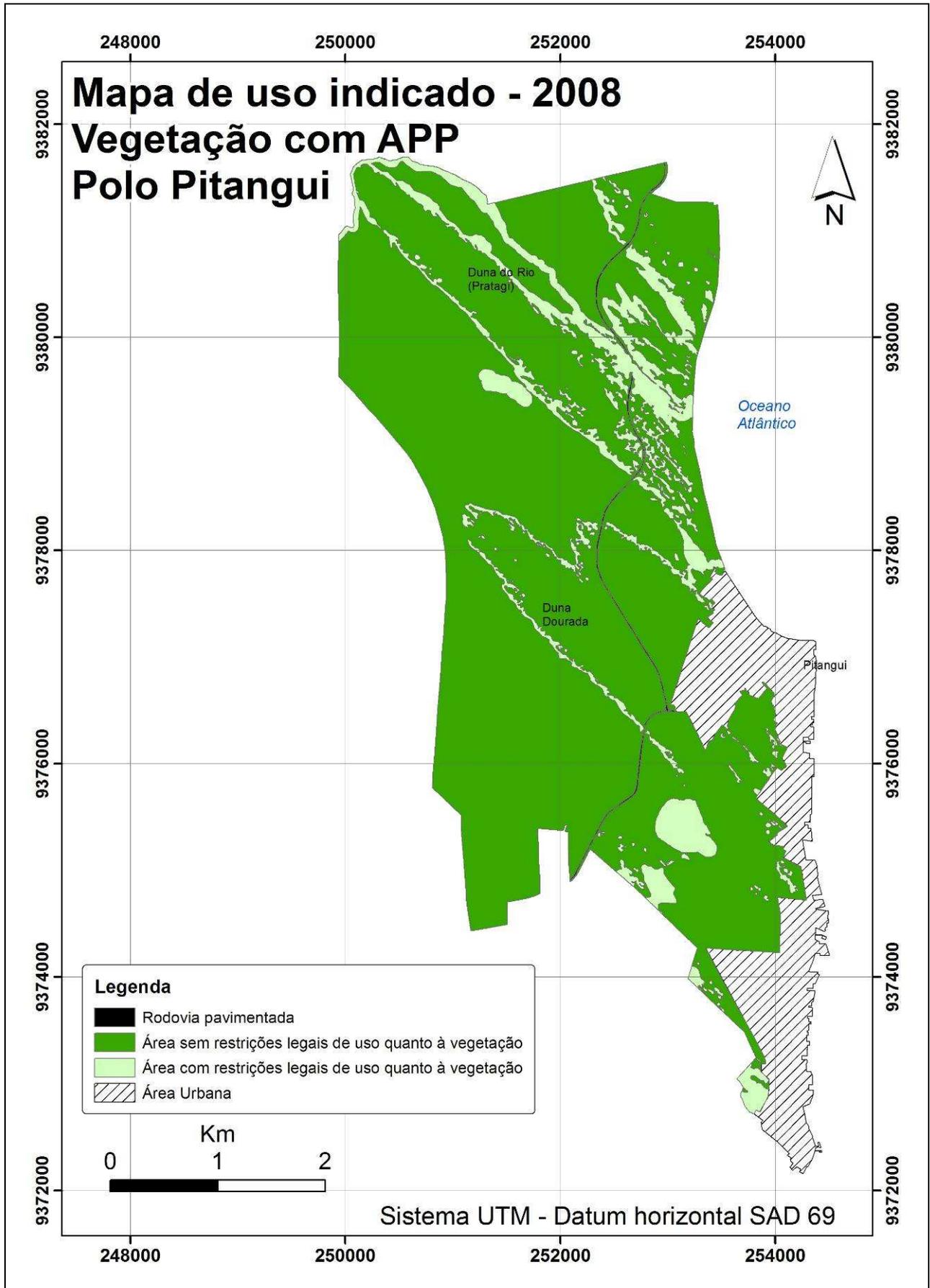
<b>Mapas de Uso Indicado</b>		
<b>Mapeamento de 2008</b>		
Status	Área (ha)	%
Área com restrições legais de uso	869	43.1
Área sem restrições legais de uso	1147	56.9
<b>TOTAL*</b>	<b>2016</b>	<b>100.0</b>
<b>Mapeamento de 2008 com inclusão das APP's</b>		
Status	Área (ha)	%
Área com restrições legais de uso	952	47.2
Área sem restrições legais de uso	1064	52.8
<b>TOTAL*</b>	<b>2016</b>	<b>100</b>
<b>Mapeamento de 2006</b>		
Status	Área (ha)	%
Área com restrições legais de uso	621	30.7
Área sem restrições legais de uso	1403	69.3
<b>TOTAL*</b>	<b>2024</b>	<b>100.0</b>

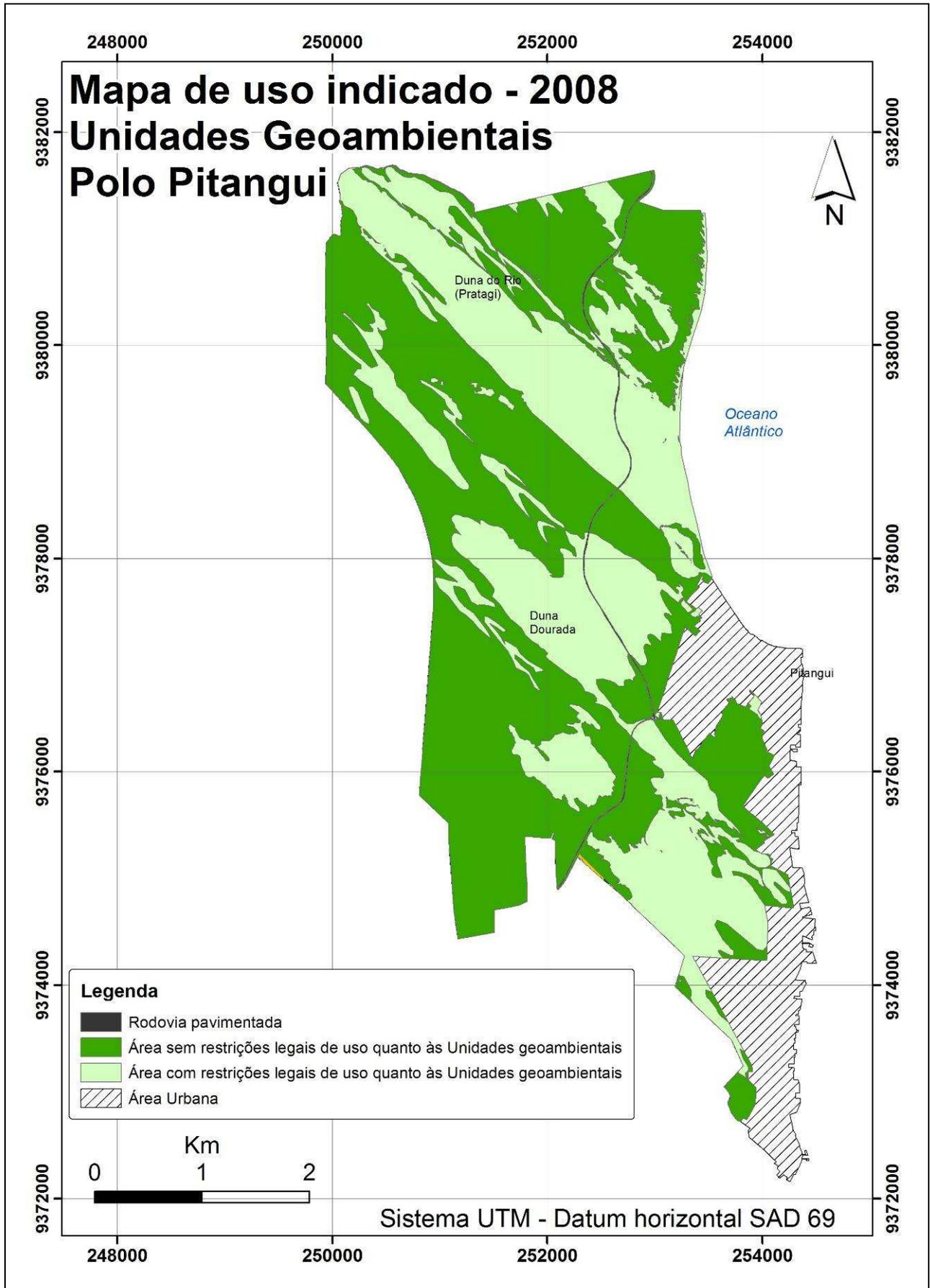
\* A área total do mapeamento 2008 não inclui a área ocupada pela rodovia (aproximadamente 8,0 ha).

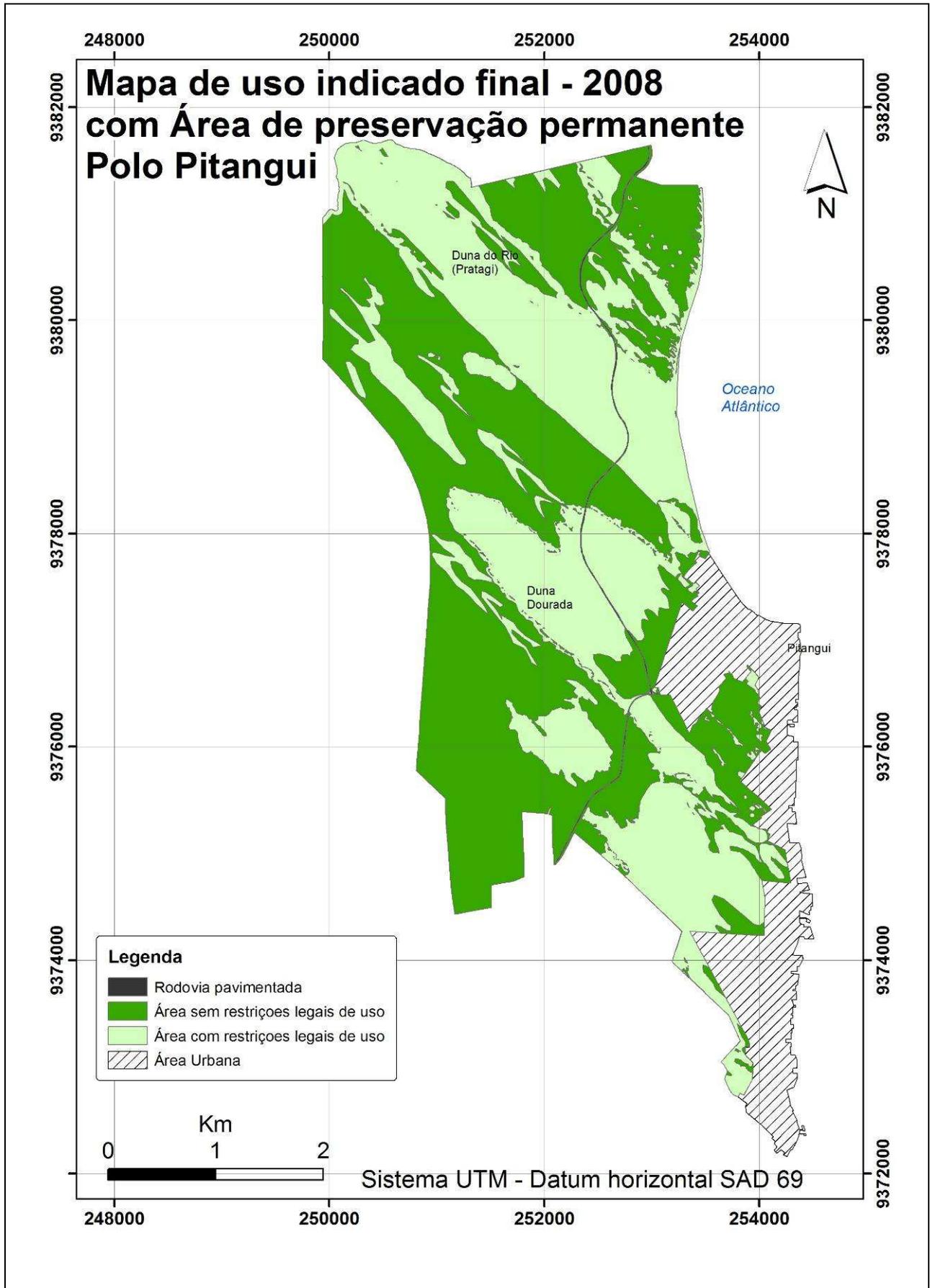


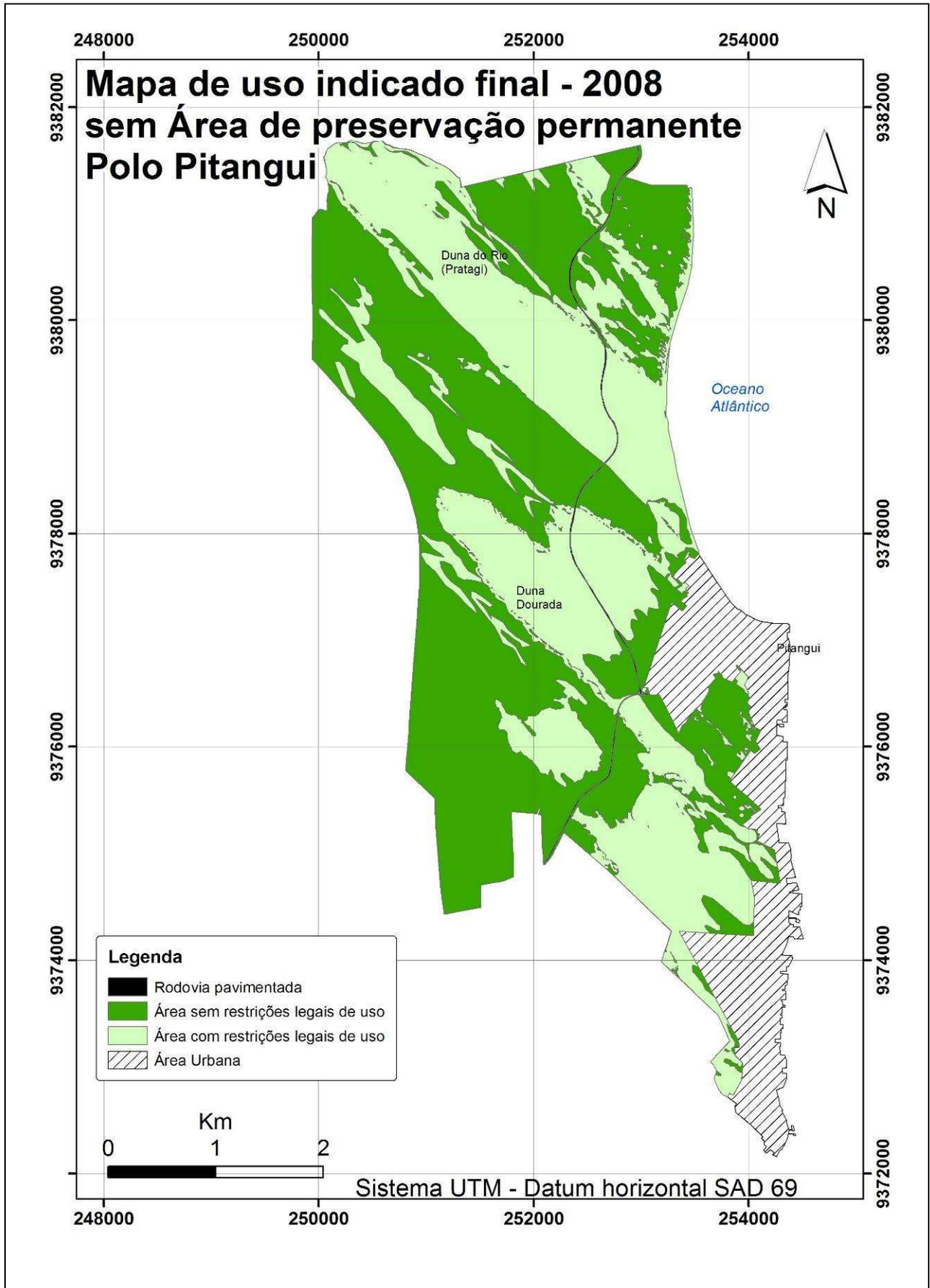


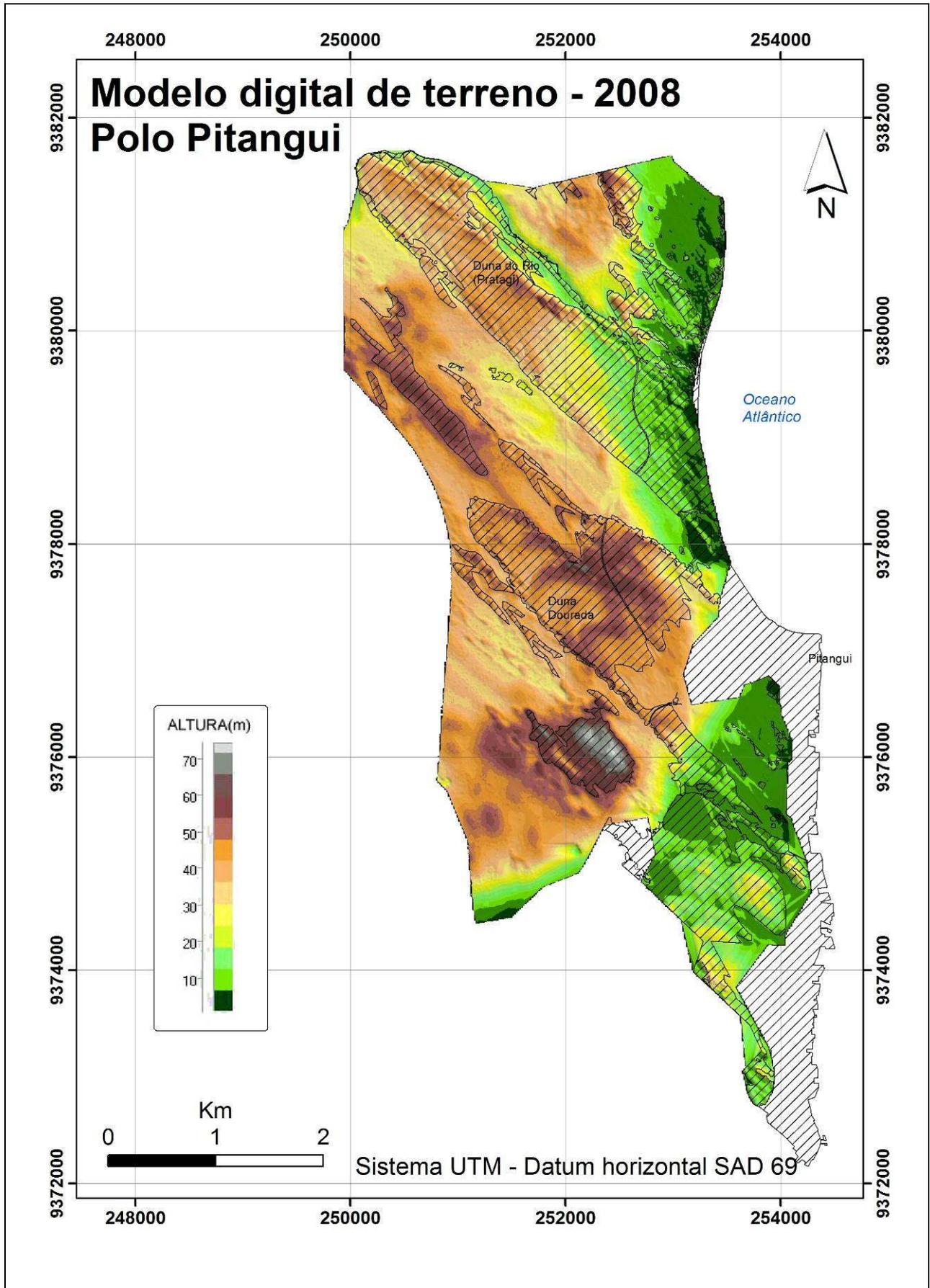


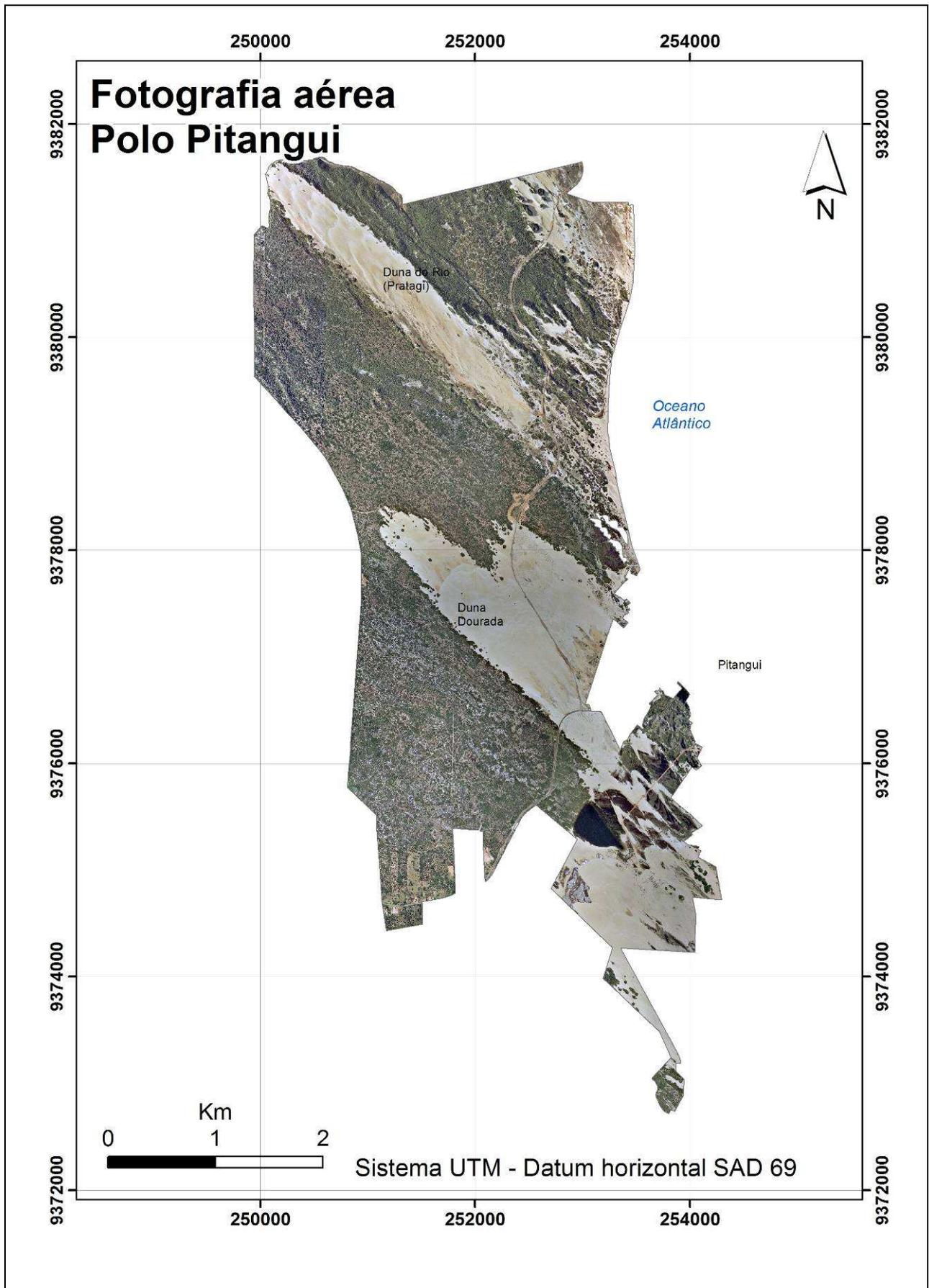












## VII. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

### Introdução

Em áreas de aquíferos sedimentares relativamente rasos, há um relacionamento estreito entre as feições geomorfológicas e a ocorrência de águas subterrâneas, pois as feições morfológicas superficiais e a topografia determinam as áreas de recarga dos aquíferos e as dimensões de fluxo subterrâneo, que pode ser de natureza local, intermediário e regional.

A área do empreendimento situa-se num trecho da Sub-bacia 16-3, inserida no domínio da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso – Bacias 16 (SERHID, 1988) – Figura 7.1. Nesta sub-bacia destacam-se as feições de dunas na forma de morros e lençóis, tendo como substrato os tabuleiros costeiros.

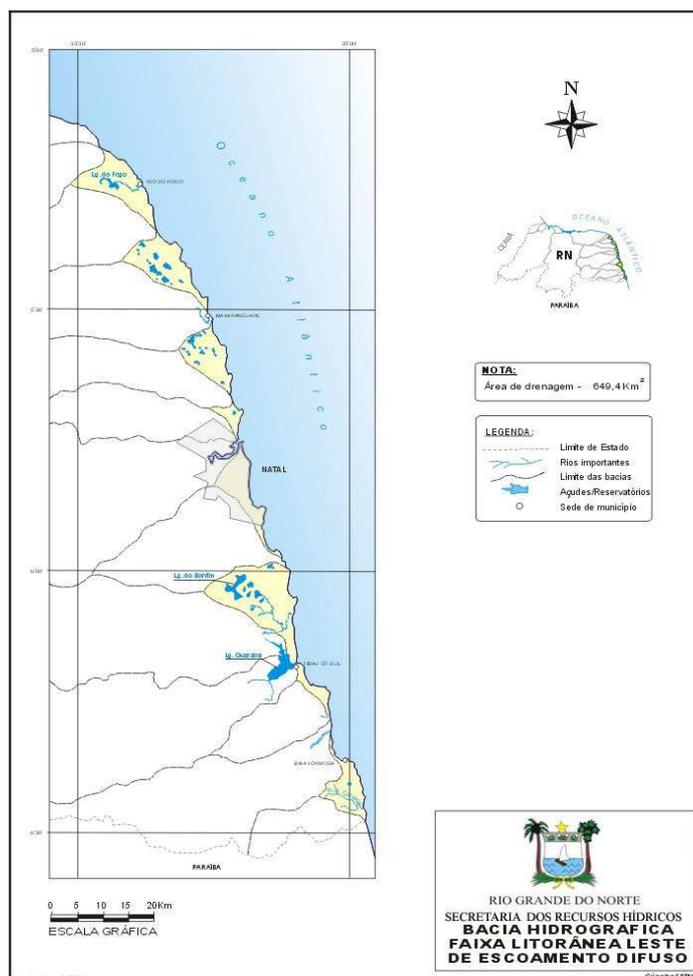


Figura 7.1: Bacia hidrográfica 16-3 (SERHID, 1988).

Desta forma, se faz necessário apresentar os aspectos gerais de ocorrência das águas subterrâneas e sua associação com as unidades geomorfológicas/relevo da área do empreendimento.

O relatório visa demonstrar os aspectos hidrogeológicos integrados aos controles litológicos e geomorfológicos da área, que possam ressaltar a importância das áreas de recarga controladas pelas feições geomorfológicas, e a interação entre águas subterrâneas e águas superficiais.

### **Procedimentos e Métodos**

As etapas de trabalho envolveram procedimentos de laboratório, escritório e campo, assim resumidos:

- Revisão do material bibliográfico referente aos estudos desenvolvidos na própria área, como também estudos afins de outras áreas litorâneas do Estado.
- Elaboração de mapas de pontos de sondagens.
- Reconhecimento de campo, focalizando os aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidrogeológicos da área: Foram feitas observações locais sobre os diversos aspectos hidrogeológicos de superfície, em especial o caráter visual de permo-porosidade das unidades hidroestratigráficas aflorantes, controles geomorfológicos, do relevo e da cobertura vegetal, que demonstram os aspectos de recarga dos aquíferos, fluxo subterrâneo, áreas de transferência, exutórios, relação águas superficiais e águas subterrâneas, e aspectos de proteção dos aquíferos.
- Levantamento de dados litológico-constructivos de sondagens: Foram utilizados os perfis pré-existentes de sondagens executadas na área pela empresa GEPE ENGENHARIA LTDA. Consistiram de análises acerca dos aspectos hidroestratigráficos demonstrados nos perfis, profundidade do nível das águas subterrâneas, aspectos qualitativos e de permeabilidade e porosidade das seqüências aflorantes, etc. Desse modo foram avaliados os aspectos gerais as seqüências quanto às variações litológicas e composicionais espaciais, porosidade e permeabilidade, condições de armazenamento e possibilidades de recarga e fluxo de águas subterrâneas.
- Elaboração de seções hidrogeológicas: Utilizando os perfis das sondagens existentes, e juntamente com a sua reinterpretação litológica, foram elaboradas seções hidrogeológicas e de correlação. Foram elaboradas 05 seções, sendo 03 no sentido longitudinal e 02 no

sentido geral transversal à linha de costa. As seções têm como referência de altitude o valor zero relativo ao nível do mar. Inicialmente são feitas as seções topográficas, nas quais para cada ponto de sondagem é indicada a cota topográfica do terreno, acima do nível do mar. Em seguida, ao longo do perfil topográfico, complementam-se as informações dos perfis das sondagens em profundidade, indicando-se os intervalos litológicos caracterizados em cada ponto, e as respectivas cotas potenciométricas registradas nos furos (nos quais foi possível sua obtenção). Tem-se então uma representação bidimensional das unidades hidroestratigráficas, permitindo fazer interpretações dos diversos aspectos hidrogeológicos integrados aos aspectos geomorfológicos, litológicos e estruturais.

- ✓ Análise, avaliação, integração e interpretação hidrogeológica dos dados.

Os elementos conceituais sobre os aspectos hidrogeológicos foram fundamentalmente apoiados em Custodio & Llamas (1983), Domenico & Schwartz (1990), Fetter (2001).

### **Aspectos integrados dos recursos hídricos na área**

De acordo com dados da SERHID (1998), a Bacia Sedimentar Costeira PE/PB/RN é composta por terrenos de rochas sedimentares e sedimentos que bordejam o litoral leste do Estado do Rio Grande do Norte, desde o município de Touros até Baía Formosa, com largura média de 30 km. Acha-se limitada ao leste pelo Oceano Atlântico, e ao Oeste pelo embasamento cristalino (rochas ígneas e metamórficas).

As praias, embora apresentem sedimentos com características favoráveis à infiltração e estocagem de águas subterrâneas (areias bem selecionadas, homogêneas, essencialmente quartzosas), têm extensão limitada, além de serem diretamente influenciadas pelas ondas e marés, tornando-as saturadas em águas do mar.

A Sub-bacia hidrográfica 16-3 (da Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso) faz parte da Bacia Costeira PE/PB/RN, e apresenta uma superfície da ordem de 80 km<sup>2</sup>, e nascentes situadas no próprio domínio sedimentar aflorante. Apresenta um clima tropical chuvoso e precipitações pluviométricas médias anuais variando de 1.100 mm a 1.400 mm. Dados pluviométricos do contexto local (Jacumã) indicam precipitação média de 1574 mm/ano (1963-1988), portanto, relativamente maior às médias da Sub-bacia 16-3.

A área do empreendimento na sub-bacia reúne domínios geomorfológicos de planície costeira, abrangendo superfícies de Tabuleiro Costeiro e áreas com campos e cordões de dunas móveis e fixas nas cotas maiores entre 10,0 e 70,0 metros. Os trechos de cotas mais baixas na porção oriental (<10 metros) desenvolvem-se áreas alagadiças, baixios, e dunas de menor porte, adjacentes às praias.

Geologicamente afloram na área seqüências predominantes de sedimentos eólicos areno-quartzosos (formando dunas móveis e fixas), e materiais semi-consolidados constituídos por depósitos arenoso-siltosos, avermelhados e esbranquiçados (provavelmente associados a paleodunas e/ou do retrabalhamento da porção superior da Formação Barreiras). Têm-se também sedimentos de praia, e sedimentos areno-argilosos flúvio-marinheiros.

De acordo com os conhecimentos já consolidados da geologia regional do litoral oriental do RN, os sedimentos eólicos e materiais semi-consolidados compõem uma unidade aquífera mais rasa (aquífero Superior), de caráter mais permeável, e se posicionam estratigraficamente sobre as rochas sedimentares da Formação Barreiras (aquífero Barreiras), pouco aflorante na área, e de caráter mais profundo no contexto local. As rochas da Formação Barreiras compõem, segundo conhecimentos consolidados na região, camadas subhorizontais de arenitos finos a grossos ricos em matriz argilosa, argilitos, siltitos, e conglomerados, os quais constituem estratos de natureza menos permeável.

Na transição entre o aquífero Superior e o aquífero Barreiras se tem, portanto um elevado contraste de permeabilidade (significativamente maior no aquífero Superior). Isto promove uma rápida infiltração de águas de chuva no aquífero Superior e lenta percolação descendente através do topo do aquífero Barreiras, resultando na rápida acumulação e escoamento de águas subterrâneas no aquífero Superior, condicionando a ressurgência no Rio Pratagi e lagoas perenes (tipo Pitangui), além do fluxo natural para o mar.

As dunas constituem elevações formadas por acumulações de areias quartzosas eólicas, finas e médias, podendo ser móveis ou fixadas por vegetação. Neste caso a Formação Barreiras constitui o suporte e substrato que determina a ocorrência da unidade geomorfológica de superfície de Tabuleiro Costeiro. As feições de dunas e campos de dunas móveis e fixas, bem como as coberturas arenosas, se estabelecem sobre os tabuleiros, em especial no domínio oeste da área. Nos setores mais orientais se tem os terrenos de planícies marinhas nas quais ocorrem planícies de deflação, dunas móveis, dunas fixas de menor porte, dunas embrionárias, dunas frontais e praias, todos de constituição predominantemente areno-quartzosa. Neste compartimento se desenvolvem os baixios e a implantação de áreas alagadiças e lagoas

temporárias (Figura 7.2), correspondentes a terrenos de exutórios naturais das águas subterrâneas do aquífero Superior, cujo lençol freático aflora no período chuvoso.

As características geomorfológicas e litológicas demonstram que a área do empreendimento apresenta excelentes condições hidrogeológicas e hidráulicas (alta porosidade e permeabilidade) que favorecem a infiltração e recarga natural dos aquíferos costeiros nela inseridos. Isso é corroborado pela quase ausência de drenagens de pequeno porte nos domínios investigados (fluxo superficial difuso), sugerindo uma elevada taxa de infiltração de águas de chuva para recarga dos aquíferos.



**Figura 7.2** – Áreas de baixios com lagoas temporárias e terrenos alagadiços, ressaltados em período chuvoso pela elevação do lençol freático do aquífero Superior (Dunas e coberturas arenosas).

Portanto, os sedimentos arenosos formando a superfície de Tabuleiro Costeiro, e os sedimentos arenosos de campos e cordões de dunas possibilitam uma redução no escoamento superficial direto, e influem na ausência de escoamento direto na superfície, com drenagem pouco desenvolvida e difusa no sentido do oceano, atestando, uma alta taxa de infiltração das águas de chuva no subsolo.

Outro aspecto que demonstra as boas condições naturais de infiltração e recarga na área se refere à perenização do Rio Prata, cujo fluxo de base é alimentado pela ressurgência das águas subterrâneas armazenadas nos sedimentos eólicos dispostos nos tabuleiros e nas dunas

móveis e fixas. Esse controle hidrogeológico possibilita também a perenização de algumas lagoas, a exemplo da Lagoa de Pitangui.

Nos setores mais orientais, os baixios, áreas alagadiças e lagoas temporárias são afetadas sazonalmente no período chuvoso por inundações, não só por influência da precipitação direta, mas principalmente pela elevação do lençol freático e descarga subterrânea na frente de escoamento ao longo da linha de costa (Foto 1).

As dunas, em geral, desempenham importante papel como componente responsável pela modelagem do relevo local, além de serem determinantes para sua beleza e cenários paisagísticos. Do ponto de vista hidrogeológico, constituem-se numa excelente área para recepção, infiltração e transferência de águas de chuvas e recarga, por drenança vertical descendente, do aquífero Barreiras.

### **Aspectos dos Recursos Hídricos Superficiais**

A área do empreendimento “Pólo Turístico Ecológico e Aventura de Pitangui Jacumã” apresenta como principais mananciais de superfície o Rio Pratagi (Figuras 7.3 e 7.4) e sistemas de lagoas permanentes (Figuras 7.5).

As observações diretas de campo evidenciam que o Rio Pratagi é perenizado pela ressurgência de águas subterrâneas mais rasas acumuladas no aquífero Superior (sedimentos eólicos de dunas e coberturas arenosas), determinando o seu fluxo de base. Na estação chuvosa, praticamente não se desenvolve escoamento superficial direto na superfície da bacia hidrográfica, devido à elevada porosidade e permeabilidade dos sedimentos eólicos e coberturas arenosas, o que induz a uma alta taxa de infiltração de águas de chuva no subsolo.

Isto condiciona uma resposta hidráulica no aquífero Superior, cujo lençol freático se eleva e permite aumento das descargas subterrâneas por ressurgência ao longo do rio no período chuvoso.

No período de estiagem somente as lagoas de maior porte, situadas em locais de topografia adequada, mantém a lâmina d’água (exemplo da Lagoa de Pitangui). O Rio Pratagi certamente reduz sua descarga, e as lagoas de regime temporário secam por completo na estiagem, pois, além da evaporação direta, o escoamento subterrâneo para o mar provoca o rebaixamento progressivo do lençol freático.



Figura 7.3



Figura 7.4

Figuras 7.3 e 7.4 - Rio Pratazi perenizado por descarga de águas subterrâneas acumuladas em sedimentos eólicos.



Figura 7.5 – Lagoa permanente na área do empreendimento “Pólo Turístico Ecológico e Aventura de Pitangui Jacumã”.

As áreas alagadiças em cotas baixas apresentam mecanismo semelhante, ficando totalmente encharcadas no período chuvoso. Neste caso, formam-se pequenos lagos isolados e/ou interconectados (Figura 7.2) que podem ter drenadas em pequenos filetes d’água, e simultaneamente com águas infiltradas no subsolo, até secarem por completo no período seco.

A real capacidade dos recursos hídricos superficiais, em especial do rio Pratagi, deve ser demonstrada em estudos hidrológicos específicos, levando em conta a vazão mínima ecológica a ser mantida no curso d’água. Do ponto de vista ambiental todas as precauções devem ser tomadas quanto aos riscos de lançamento de poluentes no rio, devendo se estabelecer um enquadramento do curso d’água em função do uso pretendido, da qualidade natural das águas, e da capacidade de autodepuração do manancial, que necessitaria ser previamente conhecida.

O uso das águas da Lagoa de Pitangui e outras semelhantes, além do uso para lazer e balneário, devem ser definidos de acordo com estudos específicos acerca das potencialidades destes corpos d’água, dos seus aspectos qualitativos, e com ações de proteção do manancial.

## Aspectos dos Recursos Hídricos Subterrâneos

### Seções e estrutura hidrogeológica:

As figuras 7.6 a 7.10 apresentam seções hidrogeológicas construídas a partir dos dados de perfis de sondagens existentes na área do empreendimento. As figuras 7.6 a 7.8 são orientadas na direção geral longitudinal à linha de costa, e as figuras 7.9 e 7.10 na direção transversal.

Os perfis das sondagens alcançaram em geral as litologias mais rasas no domínio investigado, variando de 13,0 a 23,0 metros de profundidade. As litologias predominantes são areias e arenitos pouco a muito compactos.

As *areias* situam-se estratigraficamente na porção superior, sendo essencialmente quartzosas finas e médias, de cores marrom, cinza e esbranquiçadas. Têm-se em seguida *arenitos finos e médios pouco a medianamente compactos*, siltosos, de cor marrom, creme, cinza ou vermelha. Ocorrem também *arenitos finos e médios compactos a muito compactos*, pouco argilosos, eventualmente com pedregulho fino, de cores marrom, cinza. Na porção basal foi detectada localmente a presença de *arenitos finos a grossos*, argilosos, compactos a muito compactos, provavelmente indicando a presença da Formação Barreiras (sondagens SP8, SP6 nas figuras 1 e 2).

Nos setores topograficamente mais baixos, adjacentes às praias, se tem localmente a ocorrência de *areias finas contendo conchas* (ponto SP3 – Figuras 7.6 e 7.7), bem como intercalações de *turfeiras* (ponto SP13 – figuras 7.8 e 7.9), provavelmente associadas a eventos pretéritos da dinâmica costeira de avanço e recuos do nível do mar, com formação de lagoas, lagunas e mangues.

Considerando os aspectos geológicos superficiais e subsuperficiais mais rasos investigados, constata-se e se corrobora a presença dos seguintes sistemas aquíferos principais:

Aquífero Superior (mais raso, composto por coberturas arenosas).

Aquífero Barreiras (não aflorante).

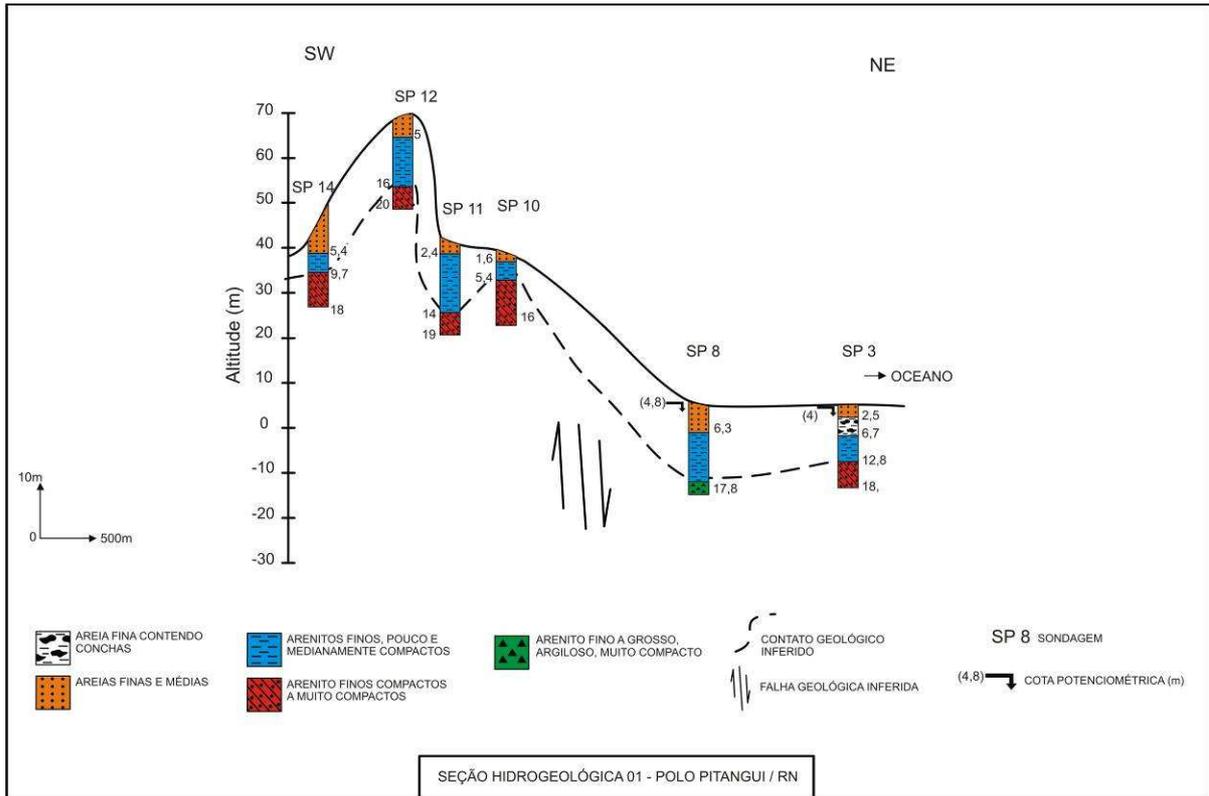


Figura 7.6: Seção hidrogeológica 1 – Pólo Pitangui/RN.

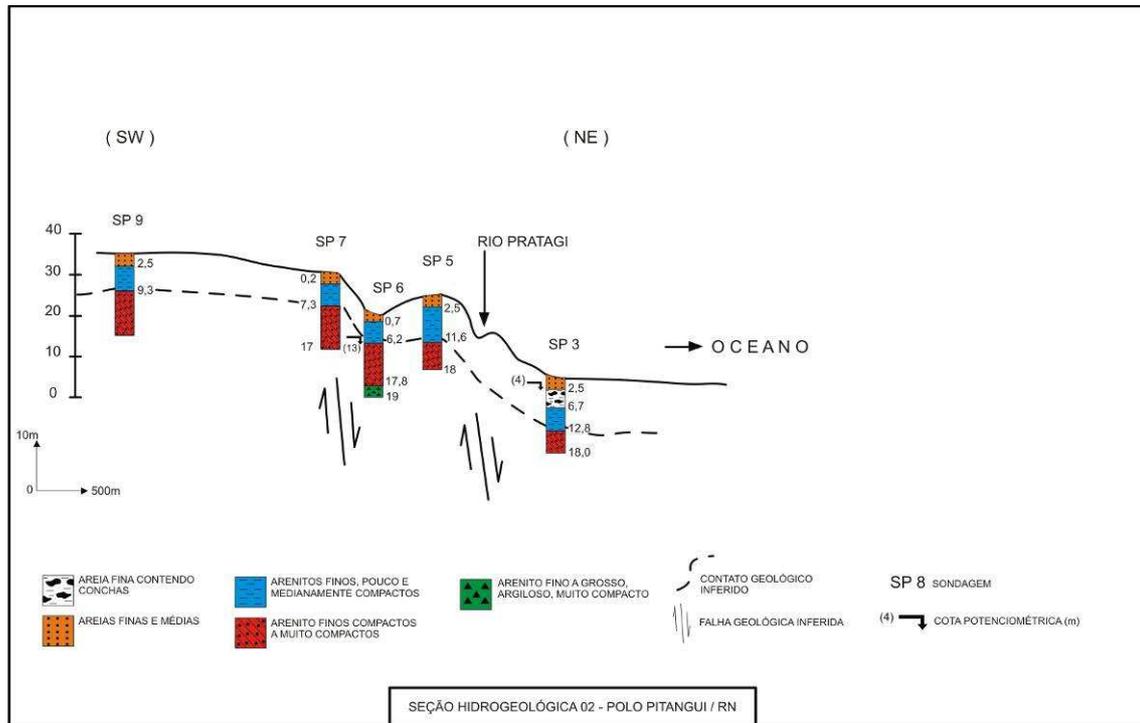


Figura 7.7: Seção hidrogeológica 2 – Pólo Pitangui/RN.

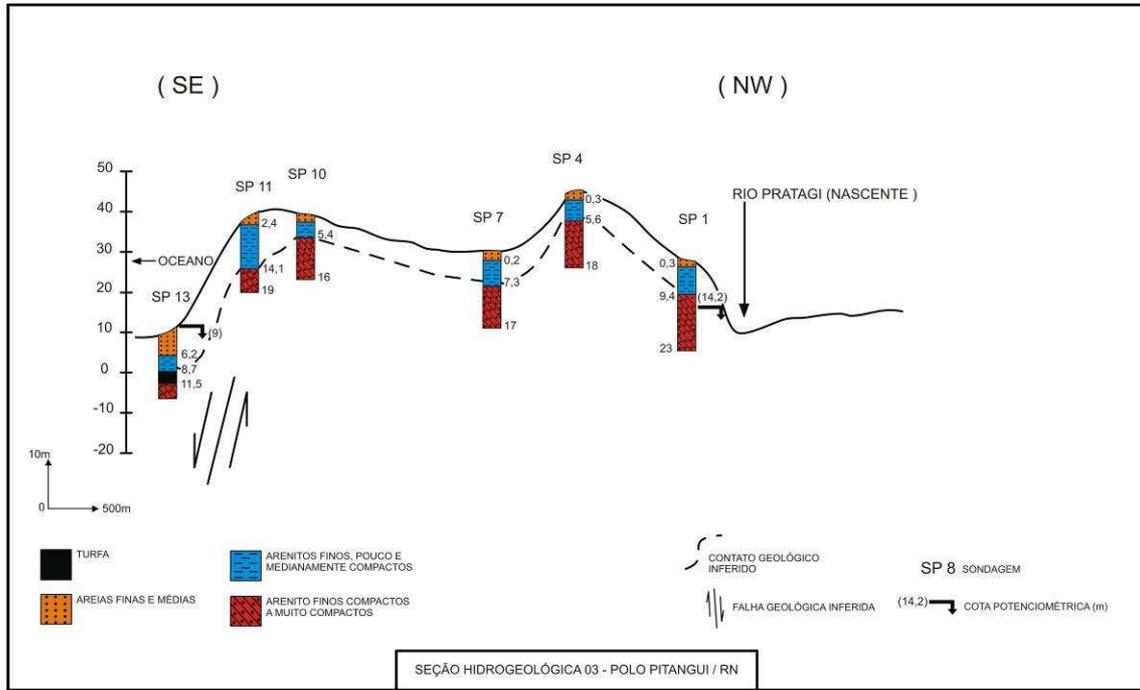


Figura 7.8: Seção hidrogeológica 3 – Pólo Pitangui/RN.

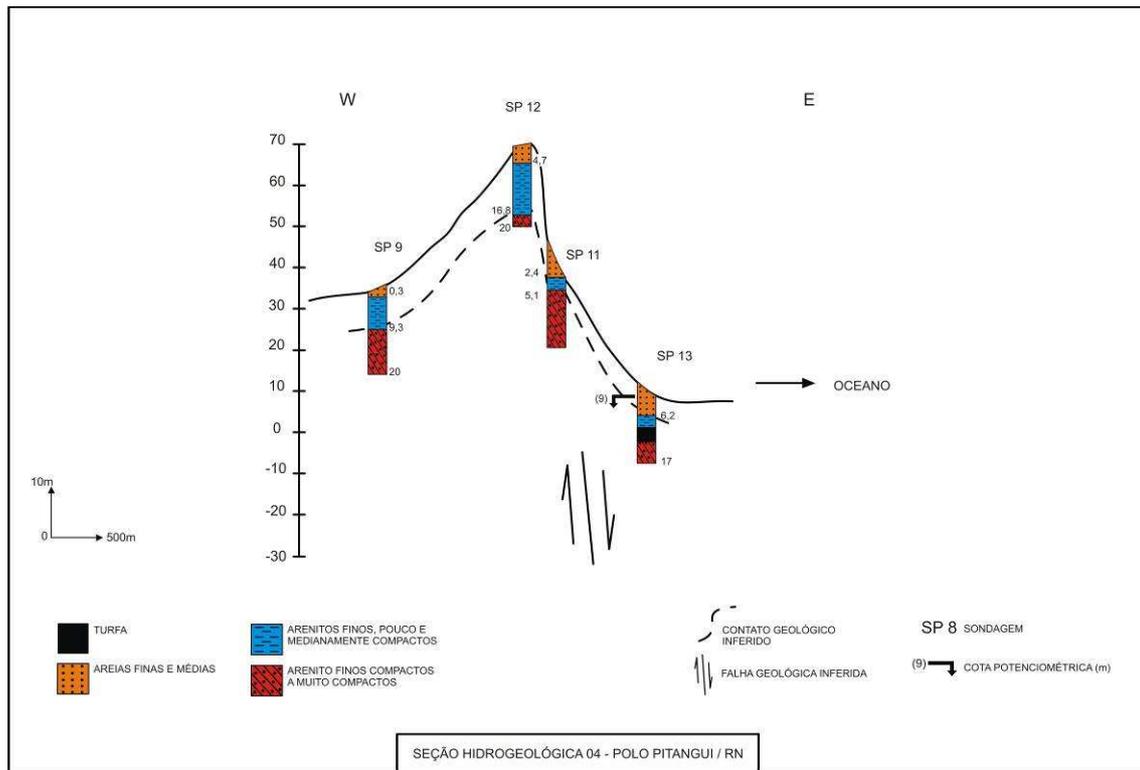


Figura 7.9: Seção hidrogeológica 4 – Pólo Pitangui/RN.

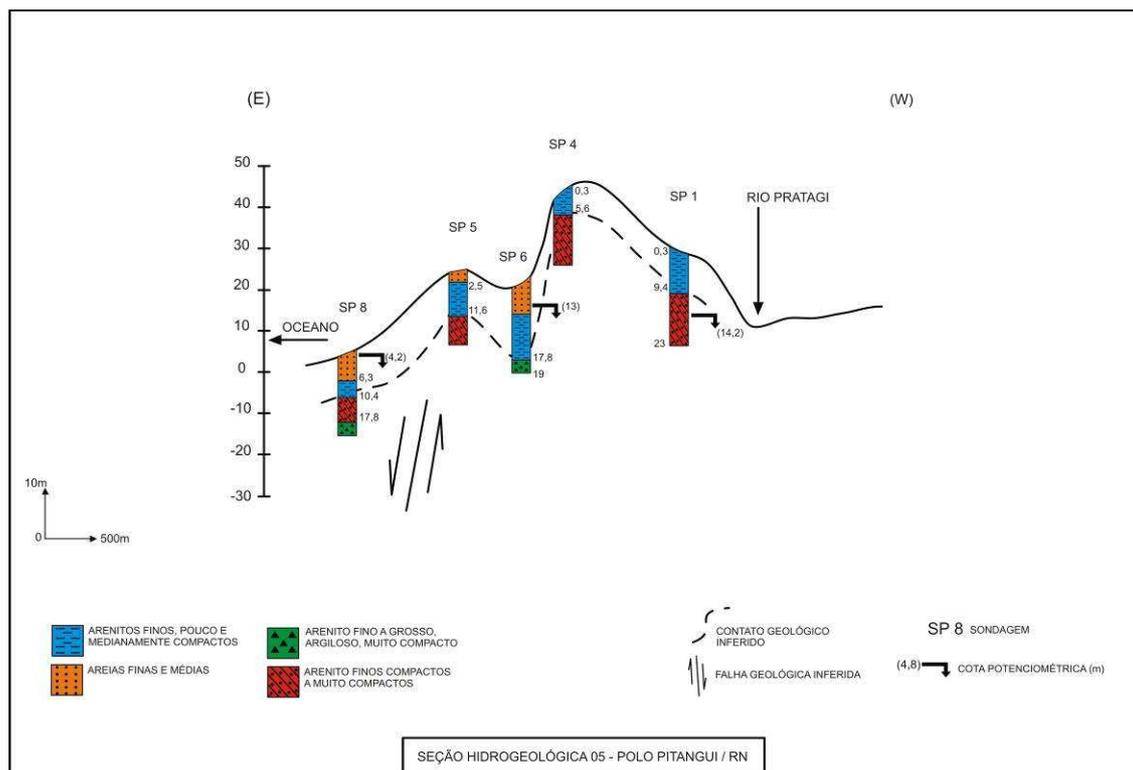


Figura 7.10: Seção hidrogeológica 5 – Pólo Pitangui/RN.

## Levantamento Geofísico com GPR

As avaliações dos dados com seções hidrogeológicas foram complementadas com dados geofísicos, especificamente do levantamento com GPR. O GPR, abreviação da expressão em inglês *Ground Penetrating Radar*, é também conhecido por outros termos como “Georadar” ou “Radar de Penetração no Solo”. Porém a sigla GPR encontra-se hoje bastante difundida e consolidada mundialmente.

Consiste de um método geofísico eletromagnético que gera imagens de alta resolução de estruturas e feições rasas presentes em subsuperfície, com base no registro do tempo duplo de viagem das ondas eletromagnéticas (Annan, 1992). Por meio de uma antena transmissora, um curto pulso eletromagnético de alta frequência (ondas na faixa de 16 a 2200 MHz) é transmitido ao solo. Em subsuperfície, estes pulsos sofrem reflexões e refrações em discontinuidades que marcam o contato entre dois meios com diferentes propriedades eletromagnéticas presentes no subsolo. As ondas refletidas são captadas ao retornar a superfície por uma antena receptora onde são então amplificadas, digitalizadas e registradas (Robinson & Michaud, 1999). O produto

armazenado corresponde a uma representação gráfica das discontinuidades observadas, denominada de radargrama (Cagnoli & Ulrych, 2001).

No contexto da área investigada do empreendimento, primeiramente, após a determinação da área onde seria realizado os levantamentos, foi determinado um perfil com 50m de comprimento onde foi feita uma tentativa de orientar o perfil de forma perpendicular em relação a possíveis estruturas sedimentares que pudessem ser imageadas.

Na aquisição dos dados foi utilizado o *software Terra search*. Dentre os principais parâmetros de aquisição adotados pode-se ressaltar:

- a frequência central da antena selecionada, na qual a de 200MHz mostrou-se mais adequada;
- o *Range* (intervalo de tempo predeterminado no qual a antena receptora fica aguardando o retorno do pulso eletromagnético emitido), que correspondeu a 300ns;
- optou-se pela aquisição de “perfis de reflexão” adquiridos no modo contínuo, onde as antenas eram arrastadas e uma medição era efetuada a cada 4cm.

O equipamento utilizado foi o GPR SIR-3000 da GSSI (Geophysical Survey Systems Inc), figura 6. O equipamento é composto por uma unidade de controle (portátil resistente, leve e com um visor de cristal líquido de alta resolução), cabos e antenas.

O processamento dos dados GPR permite melhorar a visualização, converter o tempo duplo em profundidade e proceder a correção topográfica (em perfis levantados em áreas não planas). Existem atualmente no mercado diversos *softwares* (específicos ou não) para processar este tipo de dado. No presente trabalho foi empregado o Radan 6.5.

O radargrama processado corresponde à representação, em forma de imagem, dos diversos traços amostrados em um perfil, que podem exibir os refletores em diferentes paletas de cores. Em seguida foram exportados no formato \*.jpg, formatado e interpretado.

Devido à inexistência de uma sondagem/poço “exatamente” sobre o perfil geofísico adquirido, a interpretação do radargrama foi baseada em função de afloramentos nas adjacências da área, e na sondagem SP-05 situada nas proximidades. Foi possível definir claramente a existência de dois refletores que se estendem ao longo de todo perfil, separando três camadas:

- A primeira camada (limitada ao topo pela superfície, e na base pelo refletor que tem início a aproximadamente 2,0m de profundidade) compreenderia as *areias finas e médias* mostradas nas seções (Figuras 7.6 a 7.10);

- A segunda (limitada na base pelo refletor que tem início a aproximadamente 7,0m de profundidade) pode corresponder aos *arenitos finos e médios não coesos ou pouco compactos* (Figuras 7.6 a 7.10);

- A terceira camada (abaixo do refletor com início a 7,0m) pode ser correlacionada aos *arenitos finos e médios compactos a muito compactos* (Figuras 1 a 5).

Os dados geofísicos confirmam a interpretação mostram uma boa correlação com os dados de superfície; os registros correspondem às areias de dunas ativas (camada 1), areias de dunas antigas (camada 2) e os sedimentos da Formação Barreiras (camada 3)

Este parecer priorizou a apresentação dos aspectos relativos à ocorrência do aquífero Superior, em função dos objetivos do trabalho, bem como dos dados existentes para este fim.

As seções revelaram trechos a oeste mais elevados e acidentados topograficamente (devido a presença de campos e cordões de dunas de maior porte - seções 1, 3, 4 e 5), embora se tenham faixas mais planas (seção 2). Os trechos topograficamente mais baixos (a leste) compõem os terraços costeiros com planícies de deflação, dunas de menor porte, áreas de baixios, e áreas alagadiças de lagoas temporárias inundáveis no período chuvoso.

Esse aspecto topográfico na superfície deve estar refletindo, ou o comportamento do paleo-relevo da região, ou um comportamento estrutural ligado a processos neotectônicos. Em se tratando de feições e controles estruturais, vários trabalhos científicos na região costeira do RN têm evidenciado esses registros (Mabesoone, 1991; Fonseca et. Ali, 1997; Melo & Feitosa, 1998; Melo, 2000; Bezerra et. ali, 2001; Lucena et alli, 2002).

Esta hipótese de um provável controle estrutural na área foi avaliado, neste caso adotando-se os arenitos compactos e muito compactos como uma camada-guia (contato geológico inferido), a qual mostra descontinuidade lateral (figuras 1 a 5). O setor costeiro leste representaria baixos estruturais (*grabens*), evidenciados nos pontos SP3 e SP8 (seção 1), e SP13 (seção 3), e coincidentes com os setores de baixios e áreas alagadiças. Os setores a oeste (coincidentes com os setores de topografia mais elevada) representariam altos estruturais (*horst*). Entre os dois setores são inferidas falhas geológicas, dado o deslocamento constatado pela descontinuidade litológica.

A transição topográfica e estrutural entre os blocos oeste e leste pode revelar antigas linhas relevo em falésias (falésias mortas), provavelmente atingidas por eventos pretéritos de

aumento do nível e avanço do mar para o interior do continente (por exemplo, até o domínio do ponto SP8 na seção 1; SP3 na seção 2; SP13, nas seções 3 e 4).

Aspectos gerais do Aquífero Superior (Dunas e coberturas arenosas):

Esta unidade aquífera tem caráter mais superficial, representada pelos sedimentos eólicos de dunas fixas e móveis, sedimentos eólicos e/ou provenientes de retrabalhamento do topo da Formação Barreiras, que muitas vezes compõem coberturas arenosas formando superfícies de tabuleiro. Os sedimentos de dunas na forma de morros e campos dunares configuram um relevo mais expressivo e acidentado, se constituindo em excelentes áreas de transferência vertical e recarga do aquífero regional (aquífero Barreiras).

Em geral o aquífero Superior constitui uma unidade aquífera limitada e de baixo potencial, dada a irregularidade de sua ocorrência espacial e pequena espessura saturada. No entanto, compreende um sistema de grande importância hidrogeológica, na medida em que sua natureza inconsolidada, alta porosidade e boa permeabilidade promovem uma grande recepção de águas de chuva, e evitam o escoamento superficial direto na maior parte da área, e otimizam a infiltração de águas de chuva no subsolo.

No que diz respeito ao comportamento do lençol freático, embora na maioria dos pontos não tenham sido obtidos os valores da cota potenciométrica, há evidências de que a configuração do lençol freático do aquífero Superior obedeça ao relevo, sendo também mais profundo nos setores topograficamente mais elevados, e mais rasos nos setores costeiros.

Na seção 2, embora sejam mostradas somente duas medidas da profundidade do lençol freático, há uma indicação de que as águas subterrâneas escoam para o mar (cota potenciométrica de 13 metros no ponto SP6, e cota potenciométrica de 4 metros no ponto SP3), partindo de um alto potenciométrico no setor SW. Na seção 5 o comportamento do fluxo subterrâneo do aquífero Superior para o mar é mais evidente, tendo em vista os dados mostrados em 3 pontos (SP1; SP6; SP8).

O aspecto litológico e comportamento do lençol freático demonstram que o aquífero Superior é essencialmente livre, cuja superfície potenciométrica segue o traçado geral do relevo.

As relações águas subterrâneas – águas superficiais são da mesma forma, demonstradas no estudo das seções. Nas seções 2, 3 e 5 constata-se que a drenagem subterrânea do aquífero

Superior é influenciada pelo relevo, ocorrendo ressurgência das águas subterrâneas no vale e perenização do Rio Pratagi.

Outro aspecto dessa relação se refere à tendência da frente de escoamento subterrâneo (ao leste) em proporcionar e favorecer ao afloramento do lençol freático ao longo da linha de costa, de relevo mais baixo condicionado pela estrutura geológica e/ou paleo-relevo. Este fenômeno se reflete mais enfaticamente no período chuvoso, no qual há formação de lagoas temporárias e inundações nos baixios por ocasião da recarga e elevação do lençol freático, além da precipitação direta.

Estes fatores favorecem a ressurgência das águas subterrânea que define um fluxo de base ao longo do rio Pratagi tornando-o perene, controlado pela natureza menos permeável e retardo na percolação no topo do aquífero Barreiras. Neste contexto as águas infiltradas nos sedimentos de dunas e coberturas arenosas dos tabuleiros (aquífero Superior) são retidas no topo do aquífero Barreiras, tendo como consequência o escoamento horizontal no sentido do principal exutório (mar), bem como escoando no sentido do Rio Pratagi, lagoas perenes e baixios/áreas alagadiças.

Contudo, uma parcela das águas retidas no topo do aquífero Barreiras (base do aquífero Superior), é potencialmente percolada e promove recarga do Barreiras a médio e longo prazo, mediante mecanismos de drenança vertical descendente, em que o aquífero Superior funciona como uma unidade de transferência.

## VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### Geomorfologia e Vegetação

O mapeamento das unidades geoambientais da área de influência do empreendimento Pólo Pitangui, inserido dentro da célula costeira 07 (confinada entre a margem esquerda do Rio Ceará Mirim e a margem direita do Rio Maxaranguape), norteou-se na identificação de áreas de preservação permanente protegidas por lei, como as dunas móveis e dunas fixas vegetadas, especialmente, as vegetações remanescentes de Mata Atlântica.

A sobreposição dos mapas temáticos definiu quais as áreas protegidas que estavam em desconformidade com o *Máster Plan* apresentado pelo Empreendedor, que por sua vez estava baseado no EIA-RIMA e no Zoneamento Ecológico Econômico elaborado pelo IDEMA. Áreas conflitantes foram basicamente localizadas na faixa definida por *superfície de deflação*, onde existem vários corpos de dunas ativas cobertas por vegetação de restinga (dunas parabólicas compostas), além das dunas primárias (dunas frontais) na frente da praia, com enorme importância na proteção e estabilização da costa.

Na superfície dos tabuleiros, mais distante da praia, algumas dunas mais antigas vegetadas, e salientes no Modelo Digital de Elevação de Terreno (MDT) foram preservadas.

Outra questão foi em relação aos conceitos dinâmicos das dunas móveis e as suas dependências com a dinâmica praial. Neste sentido é nossa indicação preservar, na íntegra, a megaduna parabólica de braços alongados associada ao Rio Pratagi (Duna do Rio).

Existem fortes evidências de que este complexo dunar “Duna do Rio” continua sendo suprido de areia pela dinâmica da praia atual, em razão do retrabalhamento por ondas das dunas frontais na praia e disponibilidade de sedimentos fluviais. Independente do sistema costeiro, na bacia deflacionar existe o estoque de areias avermelhadas da “Formação Potengi”, e brancas, mas atuais, que retrabalhadas pela ação dos ventos, realimentam o lobo deposicional parabólico distal e cordões de precipitação laterais a sotavento. No conjunto, enquadram-se na conceituação de dunas móveis, conforme consta no Decreto Federal nº 5300/2004, em seu Art. 2º, Inciso V. No entanto, o uso da porção proximal destas dunas (bacias de deflação e dunas residuais parabólicas) com atividades de baixo impacto poderá ser considerado, desde que sejam observados cuidados relativos à integridade destes geossistemas como: preservação da paisagem dunar, manutenção das dunas residuais de deflação, preservação da qualidade do aquífero, manutenção do fluxo eólico natural e da vegetação protegida por lei.

A Duna Dourada também foi mapeada como uma unidade geoambiental por abranger diversos ecossistemas com interações funcionais e forte interdependência (Decreto Federal nº 5300 de 7 de dezembro de 2004 que regulamenta a Lei nº 7.661 – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC).

### Hidrogeologia.

A área do empreendimento apresenta fatores geológicos, hidrogeológicos, hidrográficos e hidrológicos que, conjuntamente, otimizam os processos de recarga, armazenamento, fluxo, renovação e descarga de águas subterrâneas dos sistemas aquíferos costeiros.

A elevada potencialidade é determinada principalmente pelas características naturais bastante favoráveis à formação de reservatórios de águas subterrâneas. Dentre estes temos o caráter morfológico que está implantado em planície costeira, cujas litologias predominantes em superfície consistem essencialmente de areias eólicas de dunas e outras coberturas arenosas eólicas e de retrabalhamento, em geral inconsolidadas a pouco consolidadas, aliadas às elevadas precipitações pluviométricas, determinando um elevado potencial hidrogeológico para infiltração, percolação e recarga de águas subterrâneas dos sistemas hídricos subterrâneos.

As irregularidades topográficas e os terrenos um pouco acidentados em escala local são em grande parte proporcionados pela presença de campos e cordões de dunas, cujas características de permoporosidade impedem que ocorra escoamento superficial direto, e otimize o processo de infiltração de águas de chuva. Esse aspecto torna por demais importante a preservação das dunas, tendo em vista sua característica como unidade hidráulica para que se processe a transferência e recarga dos sistemas aquíferos locais, especialmente o aquífero Barreiras, mais profundo e de maiores dimensões.

A elevada potencialidade de águas subterrâneas na área, portanto, resulta de uma conjugação de fatores climáticos (altas precipitações pluviométricas – 1100 a 1400 mm/ano), geológicos/geomorfológicos (predomínio de rochas e sedimentos porosos e permeáveis), e hidrológicos (águas superficiais interagindo com as águas subterrâneas).

As áreas de recarga implantadas naturalmente na superfície do terreno, marcadas por regiões predominantemente arenosas de campos e cordões de dunas, definem as condições necessárias para que a alimentação dos aquíferos propicie um equilíbrio da cunha salina, cuja preservação deve ser ainda mais garantida se forem implantadas baterias de poços de produção na zona costeira da área do empreendimento e seu entorno.

## VIII. REFERÊNCIAS

- BEZERRA, F.H.R., *et. alli*, 2001 - Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal. Plain morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. 14 (2001) 61-75.
- CAGNOLI, B. E ULRICY, T.J. 2001. Ground penetration radar images of unexposed climbing de-forms in the Ubehebe hydrovolcanic field (Death Valley, California). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 109. 279 – 298 p.
- CESTARO, L. A. *Fragmentos de Florestas Atlânticas no Rio Grande do Norte: relações estruturais, florísticas e fitogeográficas*. São Carlos: UFSCar. 2002. Tese de doutorado.
- CUSTODIO E. & LLAMAS, M.R. 1983. *Hidrologia Subterrânea*. Barcelona. Ed. Ômega, v.2.
- DOMENICO, P.A., SCHWARTZ, F.W., 1990. *Physical and Chemical Hydrogeology*. Ed. John Wiley & Sons. New York, U.S.A.824p.
- DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D; LAW, M.N. 1990. Seasonal patterns and control on sediment supply to coastal foredunes, Long Point, Lake Erie. In: NORDSTROM, K.F., PSUTY, N.P. E CARTER, R.W.G. *Coastal Dunes: Form and Process*. Chichester: J. Wiley. cap.9, p.177-200.
- DINIZ, R.F. E DOMINGUEZ, J.M.L. 1999. Erosão costeira no litoral oriental do Rio Grande do Norte. VII Congresso da ABEQUA, Porto Seguro-BA. *Anais...* CD-ROOM.
- FERREIRA Jr., A.V. 2005. *Mapeamento da Zona Costeira protegida por arenitos de praia (Beach rocks) em Nísia Floresta-RN*. Dissertação de Mestrado. PPGeo-CCET-UFRN. 105p.
- FETTER, C.W. *Applied hydrogeology*. 4a Ed. New Jersey: Prentice –Hall, 2001.
- FONSECA, V.P.; MELO, F.T.L; BEZERRA, F.H.R., AMARAL, R.F.; AMARO, V.E. 1997. Mapeamento geológico-geomorfológico (1:250.000) do litoral oriental do Rio Grande do Norte: primeiros resultados. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 17. Fortaleza, 1997. *Boletim de Resumos...* Fortaleza, SBG/NE. B. 15, p.378-382.
- FRYBERGER, S. 1979. Dune forms and wind regime. In: MCKEE, E.D. *A study of Global Sand Sea*. Washington: S.Geol. Survey. Geological Survey Professional Paper, v.1052, p.137-169.
- GIANNINI, P.C.F.; ASSINE, M.L., BARBOSA, M.L., BARRETO, A.M.F., CARVALHO, A.M., CLAUDINO-SALES, V., MAIA, L.P., MARTINHO, C.T., PEULVAST, J.P., SAWAKUCHI, A.O., TOMAZELLI, L.J., 2005. Dunas e Paleodunas eólicas costeiras e interiors. Souza, C.R.G., Suguio, K., Oliveira, A.M.S., Oliveira, P.E. (Eds.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto:ABEQUA.
- HESP, P. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*. 48: 245-268.
- HESP, P., THOM, B.G., 1990. Geomorphology and evolution of active transgressive dunefields. In: Nordstrom, K.F.; Psuty, N.P.; Carter, R.W.G. *Coastal Dunes: Form and Process*. Chichester: John Wiley.
- IBGE. 1992. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: CDDI. 92 p. (sér. Manuais Técnicos de Geociências, n. 1.)
- JOLY, F., 1997. *Glossaire de géomorphologie*. Base de données sémiologiques pour la cartographie. Paris: Ed. Armand Colin. 325p.

- LUCENA, L. R. F., et alli, 2002. *Estudo hidrológico e monitoramento da bacia hidrográfica do Rio Pirangi* – Convênio CAERN/EMPARN nº 20019.
- MABESOONE, J.M. 1991. *Estudos Geológicos. Revisão Geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte* (ed.). Recife, Departamento de Geologia/UFPE. 252 P. (Série B, v. 10)
- MELO, F.T.L. *Aspectos morfo-dinâmicos do complexo lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaráras, região costeira sul oriental do RN*. 2000. 75f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica). Natal: UFRN, 2000.
- MELO, J. G. de & FEITOSA, E. C. 1998. *Pesquisa Hidrogeológica do Complexo Lacustre do Confim/RN*. Relatório Final. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte – SERHID/RN/UFRN-FUNPEC. Natal,RN.
- PYE, K., TSOAR, H., 1990. *Aeolian Sand and Sand Dunes*. Unwin Hyman, London, p.396.
- RIZZINI, C. T. 1979. *Tratado de fitogeografia do Brasil: Aspectos sociológicos e florísticos*. São Paulo: HUCITEC. vol. 2. 374 p.
- Robinson, S. Michaud,Y. 1999. Ground penetrating radar. In: *Handbook of Geophysical Techniques for Geomorphic and Environmental Research*. Gilbert, B. Editor, Open file 3731, Geological Survey of Canada, p. 69-102.
- SALGADO, O. A.; JORDY-FILHO, S.; CARDOSO-GONÇALVES, L. M. 1981 Vegetação: As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos; Estudo fitogeográfico. In: BRASIL. PROJETO RADAMBRASIL. *Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal*. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL. p. 485-544. (sér. Levantamento de Recursos Naturais, v. 23)
- SHERMAN, D.J.; HOTTA, S. 1990. Aeolian sediment transport: theory and measurement. In: Nordstrom, K.F.; Psuty, N.P.; Carter, R.W.G. *Coastal Dunes: Form and Process*. Chichester: John Wiley. cap.2, p.17-37.
- SHORT, A.D.; HESP P.A. 1982. Wave Beach and Dune Interactions in Southeastern Australia. *Marine Geology*, v.48, p.259-284
- TABAJARA, L. L.C.A., AMARAL, R. , FONSECA, V.P., PIERRE, G.C.S. 2008. Interações Praia – Duna em Costa de Mesomaré e com Arrecife Submerso na Antepraia: Estudo de caso na praia de Santa Rita – RN. *III Congresso Brasileiro de Oceanografia*, Fortaleza 20 a 23 de maio de 2008. Fortaleza: Aoceano/UFC.
- TAVARES, S. 1960 Estudos geobotânicos no Rio Grande do Norte. *Arq. Inst. Pesq. Agron.*, Recife, v. 5, p. 39-51.
- TRINDADE, A. 1991 *Estudo florístico e fitossociológico do estrato arbustivo-arbóreo de um trecho de floresta arenícola costeira do Parque Estadual das Dunas, Natal (RN)*. Recife : Universidade Federal Rural de Pernambuco. 168 p. Dissertação (Mestrado em Botânica).

## IX.APÊNDICES

## GLOSSÁRIO

Apresentamos aqui uma breve compilação de termos utilizados no texto técnico. A fonte principal deste léxico é **Gianinni et al. (2005)**. Esses autores fizeram um trabalho de síntese sobre sistemas dunares e exemplos brasileiros, sendo esta uma referência indispensável ao entendimento das questões ora em discussão.

**Aqüífero** (latim aqua = água; fero = levar): Formação ou unidade litológica (rocha ou sedimento) que tem a capacidade de armazenar, permitir a movimentação, transmitir e permitir a extração econômica de águas subterrâneas através de captações (11 litros/segundo para abastecimento humano) (Custódio & Llamas, 1986).

**Aqüífero confinado:** São aqueles nos quais em qualquer ponto do topo do aquífero, a água está submetida a uma pressão superior à pressão atmosférica, em função da presença de camadas confinantes sobrejacentes.

**Aqüífero livre ou freático:** São aqueles onde o limite superior de saturação está em contato com o ar, e conseqüentemente submetido à pressão atmosférica, sem camadas confinantes.

**Aquitard** (latim aqua = água; tardare = retardar): Formação ou unidade litológica (rocha ou sedimento) que, contendo apreciáveis quantidades de água, as transmitem muito lentamente nem permitem extração econômica de águas subterrâneas. Podem, entretanto, sob condições especiais, permitir recarga vertical de outros aquíferos.

**Cadeias barcanóides:** São depósitos arenosos contendo cristas em meia lua (barcanas) que no interior do campo de dunas móveis tornam-se lateralmente coalescidas. Na área do empreendimento este tipo de duna encontra-se vegetada e contorna uma lagoa no interior da zona de deflação, próximo à praia de Jacumã.

**Duna frontal:** dunas frontais são acúmulos contínuos de areia em meio a vegetação no interior do pós-praia. As dunas frontais podem apresentar a geometria de cordões ligeiramente sinuosos, paralelos à linha de costa e também na forma de terraços ou rampa. São dunas relativamente bem estabilizadas pela associação vegetal capim de praia (*Panicum rasemosum*) junto com a *Ipomea pres-caprae*.

**Dunas móveis:** corpos de areia acumulados naturalmente pelo vento e que, devido a inexistência ou escassez de vegetação, migram continuamente, também conhecidas por dunas livres, dunas ativas ou transgressivas.

**Dunas parabólicas móveis:** As dunas parabólicas móveis são dunas sem influência da vegetação, migrando para o interior do continente, constituindo a *frente deposicional parabólica*. Geralmente, apresentam a geometria composta, caracterizada pela coalescência lateral de várias formas parabólicas menores.

**Dunas parabólicas:** O termo dunas parabólica refere-se às dunas caracterizadas por geometria plana em “U” ou “V”, com convexidade voltada para sotavento. Dunas parabólicas evoluem da ruptura de deflação, quando continuam alargando-se lateralmente e alongando-se para frente à medida que a erosão pelo vento prossegue. Os diversos estágios evolutivos evidenciam basicamente os mesmos componentes, da qual diferem pelo maior alongamento das paredes, em forma de rastro linear residual, e da bacia deflacionar (figuras 2.1 e 2.2).

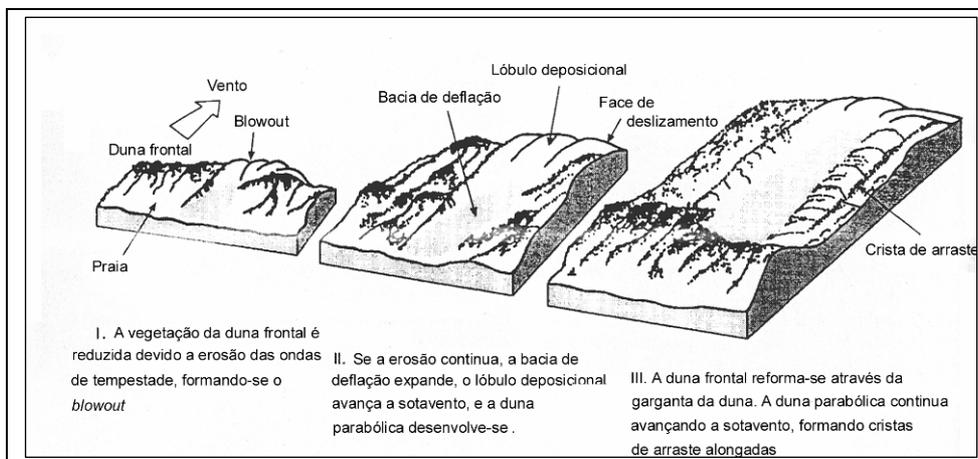


Figura 2.1: Desenvolvimento de dunas parabólicas a partir da ruptura de deflação (*blowouts*).

**Dunas residuais de deflação:** são feições eólicas associadas em geral a zonas vegetadas submetidas a deflação. Na costa da praia de Jacumã são pequenas dunas criadas em torno da vegetação arbórea de Guagirú (*Crisobalanus icaco*), o que lhes conferem uma forma arredondada, rebaixada e lenticular. Também se apresentam como cordões de areia alongados

cobertos por vegetação, gerados pelos rastros de deslocamento de dunas parabólicas, deixados a barlavento do campo de dunas móveis.

**Exutório:** vias de descarga natural, superficial ou subterrânea, responsável pela drenagem de uma bacia hidrogeológica ou hidrográfica.

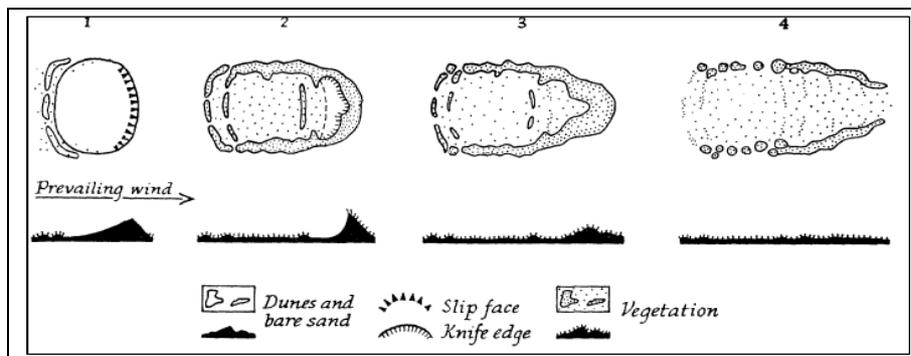


Figura 2.2: Modelo esquemático da morfologia de uma duna parabólica. A areia exposta (bare sand) corresponde à bacia de deflação.

Fonte Landsberg, 1956 apud McKenna, 2007)

**Frentes deposicionais parabólicas:** constituem os depósitos eólicos livres mais importantes em termos de extensão e volume de areia mobilizada. Estas megaformas de dunas parabólicas possuem braços alongados, decorrentes do rastro linear de deslocamento, uma bacia deflacionar e um lóbulo deposicional a sotavento. Na área do Projeto Pitangui a sua origem e desenvolvimento está relacionada ao deslocamento, desde as zonas de deflação a barlavento, de várias gerações de dunas parabólicas móveis para o interior do continente.

**Lagoas costeiras:** são corpos perenes de água doce circundados por dunas.

**Lagoas intermitentes:** Como resultado dos processos de deflação eólica dos terrenos situados no pós-duna e na dependência das chuvas (sazonalmente) uma série de lagoas e alagados surgem nas depressões do terreno, como consequência do afloramento do lençol freático.

**Lençóis de areia:** são massas de areia eólica em movimento, com superfície de relevo negligenciável, isto é, sem superposição de dunas com faces de avalanche.

**Morfodinâmica:** O termo morfodinâmica definido por Wright e Thom (1977) refere-se ao ajuste mútuo entre a topografia e a dinâmica dos fluídos (ondas, marés e correntes) envolvidos no

transporte de sedimentos. Este processo de retro-alimentação é essencial na dinâmica costeira, pois pressupõe que morfologias praias antecedentes interfiram na hidrodinâmica da zona de surfe, e esta, ao transportar sedimentos, produza também mudanças na morfologia.

**Permeabilidade:** Parâmetro que expressa a facilidade da formação aquífera de exercer a função de condutor hidráulico, ou seja, facilidade de movimentação da água subterrânea no meio geológico.

**Porosidade:** Relação entre o volume de vazios de um material e o seu volume total.

**Rupturas de deflação eólica:** Rupturas de deflação eólica são feições mistas (erosivo-depositivas) geradas pelo vento através da retirada e redeposição local de sedimentos arenosos, sendo constituídas por uma bacia de deflação, paredes laterais erosivas e um lóbulo frontal de deposição a sotavento, em forma de “U”, com faces de avalanche (Figura 2.3).

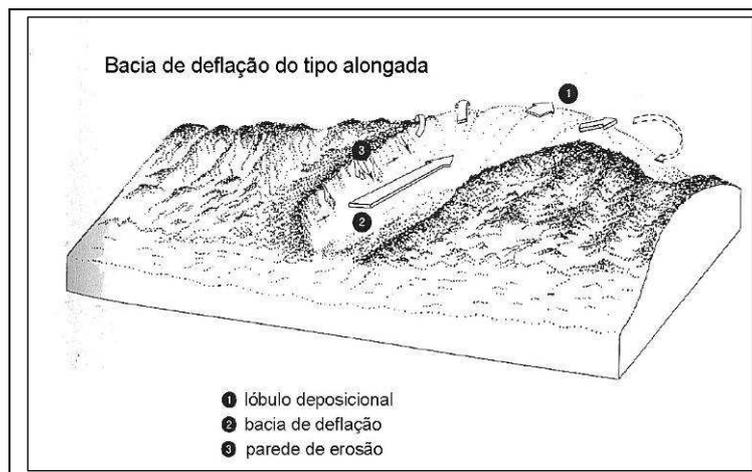


Figura 2.3: Formação de uma ruptura de deflação eólica.

**Superfície de deflação:** são produzidas pela ação dos ventos sobre os terrenos do pós-duna, até alcançar o nível base do lençol freático, dando origem a uma superfície plana ou suavemente ondulada e pouco vegetada. Esta depressão do terreno pode acumular sazonalmente áreas úmidas e conter vegetação brejosa e gramíneas. A superfície de deflação na praia de Jacumã apresenta *dunas residuais de deflação vegetadas*, ao contrário, na praia de Muriu, ao norte, onde os terrenos estão descobertos de vegetação e expõem o nível base do lençol freático.

**Zona de embocadura:** as águas fluviais do rio Pratagi ao desaguiarem na praia formam um sistema de barra arenosa e canal de desembocadura ao mar que se desloca para o norte e sul em função da deriva litoral e da vazão fluvial. Em conseqüência, ocorre a erosão das dunas frontais adjacentes numa extensão lateral de 300m para cada lado. Atualmente, na *zona de embocadura* existe a colonização incipiente de espécies vegetais colonizadoras de mangue, o que tende a tornar a sua barra mais estável morfodinamicamente.

**Zona do estirâncio:** é a zona de espraiamento das ondas na praia após a sua quebra na arrebentação. O seu limite depende da altura das ondas, nível das marés e dos ventos que sopram sobre a costa.

**Zona do pós-praia:** É a superfície da praia situada entre a zona do estirâncio, onde algumas vezes está marcado pela crista do berma, até o lado marinho da duna ou de qualquer outra mudança fisiográfica brusca (Hesp, 1999). Esta é uma zona sujeita a impactos episódicos, devido tanto às inundações marinhas quanto ao transporte eólico das areias. Em praia de energia mista (ondas e marés) o grau de exposição do pós praia ao transporte dos ventos é maior nos períodos de baixa maré de sizígia. Por ocupar a maior parte da praia subaérea e ser a principal fonte de areia para as dunas, é de crucial importância para o transporte eólico das areias e para a formação da duna.

## **Legislação pertinente ao Licenciamento ambiental da obra**

### **Legislação federal:**

Lei Federal 7661/1988 – Lei do Gerenciamento Costeiro

Lei Federal 9433/1997 – Plano Nacional de Recursos Hídricos

Lei Federal 9985/1997 – que regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

Resolução CONAMA 237/1997 – Estabelece critérios para expedição de licenças ambientais.

Decreto Federal 4340/2002 – regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC.

Resolução CONAMA 303/2002 – Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Resolução CONAMA 341/2003 – Dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis como de interesse social para fins de ocupação de dunas originalmente desprovidas de vegetação, na Zona Costeira.

Decreto Federal 5300/2004 – dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima.

Resolução CONAMA 369/2006 – Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP.

### *Legislação estadual:*

Lei Estadual 6950/1996 – dispõe sobre o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro.

Lei Estadual 7871/2000 – Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Oriental do RN

Lei Complementar 272, DE 03/03/2004, alterada pela Lei Complementar 336, de 12/12/2006, que dispõe sobre a Política e o Sistema Estadual do Meio Ambiente, as infrações e sanções administrativas ambientais, as unidades estaduais de conservação da natureza, institui medidas compensatórias ambientais.

Resolução CONEMA 005/2006 – aprova os Estudos Técnico-Científicos que definem, individualizam e quantificam o campo de dunas inserido nos Municípios de Extremoz e Ceará-Mirim.

Planos Diretores dos municípios envolvidos (Extremoz e Ceará Mirim).

## **ASSINATURAS**

**Ricardo Farias do Amaral, Dr.**

Geólogo; Professor DGeol/UFRN

Coordenador e responsabilidade técnica sobre os temas **Geologia, Geomorfologia e mapeamento em sistema de informações georreferenciadas (SIG)**;

**José Braz Diniz Filho, Dr.**

Geólogo; Professor DGeol/UFRN.

Responsabilidade técnica sobre o tema **Hidrogeologia associada ao campo dunar**;

**Luiz Antonio Cestaro, Dr.**

Ecólogo; Professor DGeog/UFRN.

Responsabilidade técnica sobre o tema **cobertura vegetal ocorrente na área do empreendimento**;

**Luiz Liberato Cavalcanti de Albuquerque Tabajara, Dr.**

Oceanólogo; Empresário, SEAGRASS Consultoria em Gestão Costeira).

Responsabilidade técnica sobre o tema **caracterização do campo dunar e mapeamento em sistema de informações georreferenciadas (SIG)**;

**Vanildo Pereira da Fonseca, Dr.**

Geólogo; Professor DGeol/UFRN).

Responsabilidade técnica sobre os temas **Geologia e Geomorfologia**.

Em Natal (RN), aos vinte e nove dias do mês de maio de dois mil e oito.