

SAMARCO MINERAÇÃO S.A.

**RESPOSTA AO OFÍCIO IEMA
Nº 043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DA
TERCEIRA PELOTIZAÇÃO - COMPLEMENTAÇÕES**

Relatório Técnico

CPM RT 044/05

Março/2005

APRESENTAÇÃO

Este documento contém as complementações e os esclarecimentos solicitados pelo IEMA no seu OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA referente ao EIA – Estudo de Impacto Ambiental da Terceira Pelotização da Samarco Mineração S.A. em Ponta Ubu, Anchieta, ES.

As respostas que fazem parte deste documento foram debatidas e estão acordadas entre os especialistas que elaboraram o estudo e estão apresentadas por temática específica, de acordo com o Ofício do IEMA, conforme segue:

➤ *Geologia, geomorfologia e solos*

➤ *Meio Biótico*

○ *Área de Influência*

○ *Fauna Terrestre*

○ *Vegetação*

➤ *Recursos Hídricos*

➤ *Oceanografia*

Vitória (ES), Março/2005.

Geologia, geomorfologia e solos

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Caracterizar geológica, geomorfologicamente e pedologicamente, com detalhamento de perfis de sondagem toda a região de influência direta do empreendimento.

Resposta:

Conforme discutido em reunião técnica realizada com o IEMA em 08/11/2004, considerou-se que não haveria necessidade de ser abordado tal tema no EIA da Terceira Pelotização da Samarco uma vez que, quando do licenciamento da 2ª Usina de Pelotização, foi realizado o diagnóstico relativo à geologia, geomorfologia e pedologia da região, tendo sido o mesmo encaminhamento a este órgão. Acrescenta-se a este fato, a apresentação recente ao IEMA, visando atendimento a Condicionante da LO/GAI Nº 014/2002 – Retificada, de Estudos Hidrogeológicos efetuados para a região de Ubu-ES.

Entretanto, tendo em vista a solicitação do presente Ofício, apresenta-se no Anexo 1, o Diagnóstico da Geologia, Geomorfologia e Pedologia da Área de Influência Direta do Empreendimento.

Observa-se que este diagnóstico é parte do trabalho “*Elaboração de Estudos Hidrogeológicos para a Região de Ubu – ES – Relatório Final*”, realizado para a Samarco pela empresa Golder Associates Brasil Ltda, em janeiro de 2004.

As informações referentes ao contexto geológico da área de estudo e seu entorno incluem dados relativos não só a área continental, mas também à faixa costeira imersa, representada pela porção do fundo marinho situado junto à linha da costa. Os dados foram extraídos do estudo de impacto ambiental para “Ampliação da Usina de Pelotização” (SAMARCO, 1995).

Para a caracterização geológica da porção continental as principais referências utilizadas pelo EIA foram os estudos do “Projeto Litoral Sul – Espírito Santo” (SEAMA, 1993), os levantamentos do Projeto Cachoeiro de Itapemirim, Folha SF.24-V-AVI/Piúma (DNPM/CPRM, 1993) e do projeto RADAMBRASIL, Folhas SF 23/24 – Rio de Janeiro e Vitória (RADAMBRASIL, 1983). Quanto à área imersa, a principal fonte de informações foi o Projeto Litoral Sul do Espírito Santo (IBAMA, 1993).

As características gerais das unidades litológicas da área continental e faciológicas da área marinha, englobando os principais aspectos sobre a estratigrafia e a geologia estrutural, estão representadas no Desenho **D1-039-5123-5120-0005-02-J**.

Meio Biótico

◆ ÁREA DE INFLUÊNCIA

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Contemplar fauna aquática, semi-aquática e terrestre como área de influência direta nos ambientes da Barragem Norte, da lagoa de Mãe-Bá, da área costeira e marinha. Deve ser considerado que o efluente lançado na Barragem Norte flui para a lagoa de Mãe-Bá e para área marinha, após a abertura temporária desta.

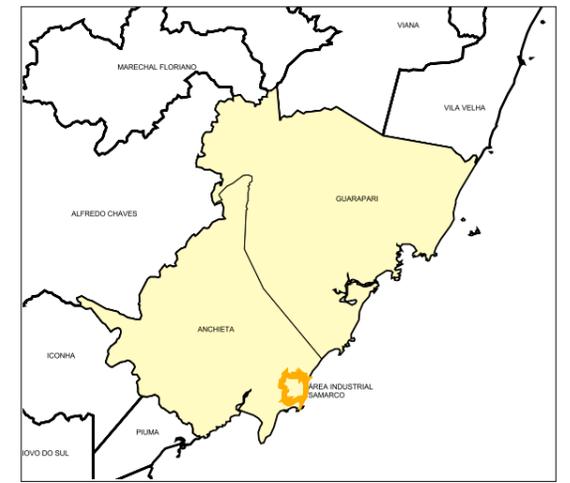
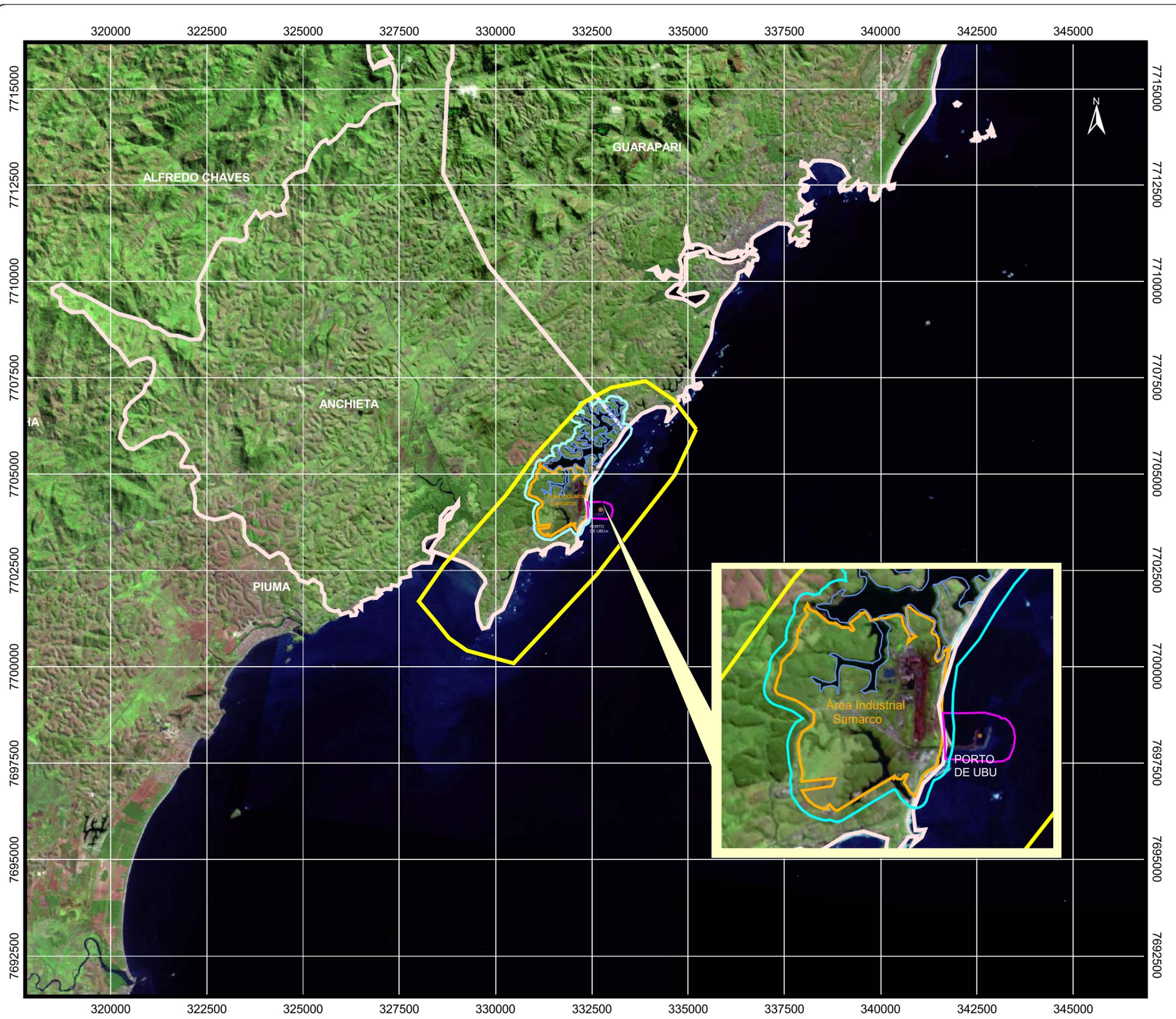
Correção da Figura 2.2-1.

Resposta:

Atendendo ao solicitado, a Figura 2.2-1: Mapa da Área de Influência para os Meios Físicos, Biótico e Socioeconômico (EIA - página 5/8 do Capítulo 2) foi alterada, de modo que as informações contidas no Diagnóstico Ambiental fossem devidamente espacializadas. Vale lembrar que a fauna aquática e semi-aquática já estava contemplada na figura citada, dentro do item AID – Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos, no que se refere a Lagoa de Maimbá e dentro do item Vegetação e Fauna, no que se refere a Barragem Norte uma vez que a mesma está situada dentro da Área Industrial da Samarco e como tal, foi considerada área de Influência Direta com relação a Fauna.

Com relação a área costeira e marinha, esclarece-se que originalmente a mesma havia sido considerada como Área de Influência Indireta, conforme pode ser observado na Figura 2.3.1-1. Para esta delimitação já havia sido considerado o fato de que o efluente da Samarco, lançado na Barragem Norte, flui para a lagoa de Mãe-Bá e para área marinha, após a abertura temporária desta (ver 2º parágrafo da página 6/8 do Capítulo 2 do EIA).

Entretanto, após discussões técnicas com o IEMA passou-se a se considerar o entorno do Porto de Ubu como Área de Influência Direta, de acordo com o apresentado na Figura 2.2-1 devidamente corrigida, a qual se encontra apresentada a seguir.



LEGENDA

-  AID - Meio Socioeconômico
-  AID - Vegetação
-  AID - Recursos Hídricos
-  AID - Recursos Atmosféricos
-  AID - Meio Marinho
-  AID - Fauna

FONTE DE DADOS :	
BASE DIGITAL DO IBGE IMAGEM DE SATELITE LANDSAT7, 2002 CAMPANHA, CEPEMAR - 2004	
DATUM : Córrego Alegre	PROJEÇÃO : MERIDIANO CENTRAL U.T.M - 39 W
ESCALA GRÁFICA: 0 2 4 KM	PROJETO : EIA - TERCEIRA PELOTIZAÇÃO
ELABORADO POR: MARTA OLIVER	DATA: Set/2004
	

Figura 2.2-1 : Mapa da Área de Influência Direta para os Meios Físicos, Biótico e Socioeconômico

◆ FAUNA TERRESTRE

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Uniformizar as tabelas de listas de espécies do grupo de vertebrados conforme a tabela apresentada para aves.

Resposta:

Conforme já explicitado no EIA, o diagnóstico da fauna foi realizado através de levantamentos de dados primários, em visitas de campo, e, principalmente, através da análise de dados secundários, disponíveis em estudos pretéritos e monitoramentos (JAAKKO PÖYRY, 1993; LIMNOS, 1994; LIMNOS, 1996; AUDITECH, 1997; LIMNOS, 1998; TEIXEIRA & PERRONE, 1998; PERRONE & TEIXEIRA, 1998; AB-3, 1999; EQUILIBRIUM, 1999; LIMNOS, 2001; CEPEMAR, 2004; FUNDAÇÃO PRÓ-TAMAR, 2004; LOPES, S. A., 2004; SAMARCO, 1999-2004; e TEIXEIRA, SCHINEIDER, ALMEIDA & LOPES (2004).

Após reanálise cuidadosa dos dados contidos nesses documentos pretéritos, conclui-se que não há como uniformizar as tabelas conforme àquela apresentada para a avifauna visto tratarem-se de documentos produzidos por diferentes profissionais.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Apresentar os índices ecológicos para os grupos de anfíbios, répteis, aves e mamíferos, baseando-se nos estudos existentes.

Resposta:

De todos os estudos e levantamentos pretéritos realizados na área da SAMARCO, alguns fazem referência à estrutura das comunidades ou o uso de ecologia numérica.

Com relação aos anfíbios, muito recentemente, foi gerado um relatório bastante completo, contendo análises ecológicas e sumário dos resultados adquiridos entre os anos de 2000 e 2004. Este estudo foi realizado objetivando atender aos requisitos da condicionante Nº 43 da Licença de Operação GAI nº 014/2002, e está transcrito na íntegra no Anexo 2 do presente relatório.

No que tange aos répteis, é sabidamente o grupo menos conhecido por conta dos hábitos discretos e, muitas vezes fossoriais, da maioria das espécies, tendo sido contemplados em um estudo (Auditech, 1999) que está transcrito na íntegra no Anexo 3 do presente relatório.

Quanto às aves, observa-se que os consultores Márcia Viegas Greco de Andrade e Marco Antônio de Andrade geraram recentemente um relatório bastante completo sobre a avifauna em Ponta Ubu, contendo os dados totais do Monitoramento de 2004. Tal relatório é transcrito na íntegra no Anexo 4 do presente documento.

No que tange os mamíferos, também muito recentemente, foi gerado um relatório bastante completo pelos pesquisadores Marcelo Passamani e Jenilson Dalmaschio, contendo análises ecológicas e sumário dos resultados adquiridos ao longo do último ano de monitoramento deste grupo. Tal relatório é transcrito na íntegra no Anexo 5.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Trabalhar os resultados dos estudos, fazendo relação das comunidades biológicas com os seus respectivos ambientes de forma a subsidiar a indicação dos programas ambientais (item 6).

Resposta:

Analisando-se os estudos e monitoramentos pretéritos, observa-se, de uma forma geral, para todos os grupos de vertebrados terrestres, que os ambientes mais importantes para a manutenção de suas comunidades biológicas, bem como para servir de fontes de alimentação, dessedentação, sítios reprodutivos e abrigo, são àqueles florestados, preferencialmente nativos, situados na porção oeste da Barragem Norte e da Lagoa de Maimbá e nos fundos de grotas em áreas próximas. Também a vegetação marginal dos corpos d'água, principalmente àqueles situados na porção oeste dos mesmos – local mais afastado da planta industrial da SAMARCO. Vale lembrar que o perímetro imediato da planta industrial da SAMARCO é habitado ou visitado por espécies resilientes, que se adaptaram a ambientes alterados.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Localizar e mapear fontes de alimentação e dessedentação, os abrigos e habitats, sítios de reprodução e desenvolvimento de crias.

Resposta:

Este item está respondido no item anterior. Quanto ao mapeamento exato desses locais, é praticamente impossível de ser feito de modo preciso. De forma geral destacam-se os ambientes florestados situados na porção oeste da Barragem Norte e da Lagoa de Maimbá, além dos fundos de grotas em áreas próximas. Também a vegetação marginal dos corpos d'água em questão.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Identificar se a área de influência direta é usada para alimentação, reprodução ou descanso das espécies migratórias.

Resposta:

No que tange a fauna terrestre, anfíbios, répteis e mamíferos não apresentaram espécies migratórias, porém, como já disposto anteriormente, os ambientes mais importantes para a manutenção de suas comunidades biológicas (alimentação, reprodução e abrigo), são aqueles florestados, preferencialmente nativos, situados na porção oeste da Barragem Norte e da Lagoa de Maimbá e em suas margens. As margens, principalmente do lado oeste da Lagoa de Maimbá e da Barragem Norte são ambientes importantíssimos, principalmente para a Classe Amphibia.

Já no grupo das aves, tanto de áreas interiores como marinha, segundo o monitoramento realizado pelos consultores, Márcia Viegas Greco de Andrade e Marco Antônio de Andrade na região de Ponta Ubu, foram identificadas 26 espécies de aves consideradas migratórias no país

ou que realizam deslocamentos sazonais regionalmente, são elas: a garça-branca-grande (*Casmerodius albus*), o irerê (*Dendrogygna viduata*), o suiriri (*Tyrannus melancholicus*), o peitica (*Empidonomus varius*), a andorinha-pequena-de-casa (*Notiochelidon cyanoleuca*), a andorinha-do-campo (*Phaeoprogne tapera*), a saí-andorinha (*Tersina viridis*) e a juruviara (*Vireo chivi*).

A águia-pescadora (*Pandion haliaetus*), importante migrante do Hemisfério Norte que chega ao Brasil anualmente, foi registrada sobrevoando a Lagoa de Maimbá, a Lagoa de Ubu e o Porto Marítimo de Ubu. Alimenta-se basicamente de peixes que captura em vôo. A garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), uma espécie proveniente da África na década de 60 (SICK, 1997), foi observada em áreas de pastagens (fazenda, PV4 – entrada da Samarco na ES-146) acompanhando o gado. Esta garça realiza deslocamentos sazonais e alimenta-se de insetos.

Dentre as aves marinhas, pode-se citar os trinta-réis e o piru-piru, espécies migrantes do Hemisfério Norte e que foram observadas em rochas e voando no litoral, próximo ao porto. O piru-piru (*Haematopus palliatus*) alimenta-se de moluscos (mariscos) e crustáceos; nidifica na areia onde põe três ovos (NOVELLI, 1997).

Ainda sobre as espécies marinhas, cabe ressaltar a grande importância da Associação Vila-Velhense de Proteção Ambiental (AVIDEPA), que realiza pesquisa com aves marinhas ao longo das ilhas costeiras do litoral sul do ES, principalmente àquelas situadas em Guarapari como a Ilha Escalvada, um dos maiores sítios reprodutivos das espécies de *Sterna*. Tais espécies (*Sterna hirundinacea* e *S. eurygnatha*) são observadas eventualmente se alimentando na região marinha nas proximidades do porto de Ubu.

No que tange a répteis marinhos, ocorrem três espécies de tartarugas marinhas que vem sendo monitoradas pelo Projeto TAMAR nas praias de Anchieta, com parceria da SAMARCO. São elas: a tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), sabidamente migradoras de longas distâncias.

Já mamíferos marinhos, foram registradas nove espécies de cetáceos, sendo três de baleias verdadeiras (Misticetos) e seis cetáceos com dentes (Odontocetos). Pode-se considerar que todas são migratórias, com exceção do golfinho-comum (*Sotalia fluviatilis*), que provavelmente mantém um território fixo ao longo de uma porção pequena de costa. As demais espécies diagnosticadas no EIA, no entorno da Ponta de Ubu, foram: a baleia-franca-do-sul (*Eubalaena australis*), a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), a baleia-sei (*Balenoptera borealis*), o cachalote (*Physeter macrocephalus*), a baleia-piloto-de-peitorais-curtas (*Globicephala macrorhynchus*), o golfinho-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*), o golfinho-flíper (*Tursiops truncatus*) e o golfinho-pintado (*Stenella* sp.).

◆ VEGETAÇÃO

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Incluir e discutir os resultados do monitoramento da emissão atmosférica da Samarco sobre a vegetação de restinga no Item 3.2.1.1 – Flora e Vegetação.

Resposta:

As informações apresentadas neste item foram obtidas na Tese intitulada “**Avaliações Bioquímicas, Fisiológicas e Anatômicas dos Efeitos de Poluentes Atmosféricos sobre Espécies Vegetais de Restinga**”, elaborada por Luzimar Campos da Silva e apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de Doctor scientiae, bem como em outras bibliografias abaixo referenciadas.

As formações florestais, em especial aquelas de contemplam espécies de porte arbóreo, exercem uma importante função protetora e mantenedora da qualidade ambiental, principalmente nos aspectos relacionados à qualidade dos recursos hídricos e atmosféricos. Da mesma forma, essas formações contribuem para minimizar a erosão do solo, para conservar a biodiversidade propiciando habitats para a vida silvestre e ainda podem criar espaços para a recreação, assim como proteger áreas urbanas das poluições industrial e sonora. No meio rural são importantes para proteger áreas agrícolas e urbanas da ação dos ventos. Em áreas degradadas a recuperação florestal pode ajudar na restauração de paisagens importantes do ponto de vista cultural e histórico.

Existem várias maneiras em que uma formação florestal, natural ou implantada, pode influir no micro clima de um determinado local. Essa influência se dá através da modificação de algumas das variáveis que compõe a qualidade do ar, tais como a radiação solar, radiação infravermelha, vento, temperatura e umidade relativa do ar. Decorrente dessa ação, a vegetação quando implantada ou existente em áreas de exposição excessiva dessas variáveis, pode influenciar beneficemente no conforto humano daqueles que utilizam, de forma recreativa ou laboral, desses espaços físicos.

Os efeitos da poluição do ar sobre a vegetação dependem de alguns fatores, sendo os principais: características dos poluentes, condições climáticas, condições do solo e fatores biológicos. Os poluentes podem causar danos a vários tipos de vegetação, assim como provocar queda de produtividade em várias culturas agrícolas (**Galvão Filho, 1990**¹).

Os mecanismos normais existentes na natureza para remoção dos poluentes da atmosfera são divididos em diretos e indiretos. Diretamente, a remoção ocorre quando o poluente encontra alguma superfície que tenha capacidade de absorver um dado poluente; e indiretamente, quando o poluente se torna preso ao ciclo da precipitação "rain out"; quando o poluente age como núcleo de concentração; e "wash out", quando é arrastado pelas gotas da chuva em queda, Fox (1984) *apud* Lima (1980)².

¹ GALVÃO FILHO, J.B. Poluição do Ar. In: MARGULIS, S. ed. **Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Rio de Janeiro, IPEA, Brasília, IPEA/PNUD, 1990. 264 p.

² LIMA, W. de P. **As florestas e a poluição do ar**. IPEF/DS/ESALQ-USP, Piracicaba, 1980. 41p. (IPEF - Serie Técnica, 1)

Segundo **Mc Curdy**, (1978)³ e **Smith**, (1978)⁴ os espaços vegetados atuam na melhoria da qualidade do ar através de três princípios básicos: *separação*, *alteração* e *remoção*. A *separação* consiste no papel passivo das faixas verdes, em simplesmente aumentar a distância entre a fonte emissora e o receptor, formando uma zona tampão e possibilitando um maior tempo para que a poluição possa diluir-se. O princípio da *alteração* consiste no uso de espaços vegetados para modificar o meio aéreo por onde a poluição se move em direção ao receptor, através da influência no micro clima e no fluxo de vento. E por sua vez, a *remoção* consiste na redução da poluição através da absorção da vegetação (gases), sedimentação por efeito da gravidade, impacto da partícula com um obstáculo e deposição pelo arraste da chuva.

Estudos realizados por **da Silva** (2003)⁵ demonstrou que as atividades industriais da Samarco geram os poluentes dióxido de enxofre (SO₂) e o ferro particulado, além de NO_x (óxidos de nitrogênio), CO e CO₂ (monóxido e dióxido de carbono, respectivamente), emitidos pelas usinas de pelotização existentes.

Segundo Mudd & Kozlowski (1975) *apud da Silva* (2003), o SO₂ e os NO_x, estão incluídos entre os principais poluentes atmosféricos e podem ser transportados até cerca de mil quilômetros do local de emissão e estes elementos atuam direta ou indiretamente sobre os diferentes níveis estruturais das plantas.

Ao avaliar os efeitos tóxicos do ferro particulado e do dióxido de enxofre liberados pelas usinas de pelotização da SAMARCO, localizada no município de Anchieta, ES, sobre parâmetros fisiológicos, bioquímicos e anatômicos, **da Silva** (2003) utilizou a metodologia de bioindicação ativa e passiva, tendo com espécies avaliadas no biomonitoramento ativo, a pitanga *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) e a clusia, *Clusia hilariana* Schlecht. (Clusiaceae). A pesquisa consistiu em colocar em estações padronizadas e distribuídas em diferentes distâncias: 200 m, 500 m, 800 m, 1400 m e 1700 m em relação à fonte emissora, durante 7 meses. Concomitantemente foi instalado um outro experimento, as mudas inseridas num solo removido de uma usina de pelotização foram submetidas à chuva ácida simulada constituída de H₂SO₄, com pH 3,0 e à chuva controle com pH 6,5, durante 40 dias. Na bioindicação passiva, indivíduos das espécies: murici, *Byrsonima sericea* DC. (Malpighiaceae), louro, *Cordia verbenacea* DC. (Boraginaceae) e araçá, *Psidium guineense* SW. (Myrtaceae) foram avaliados numa mata remanescente de restinga, localizada a 200 m da usina (local exposto) e no Parque Estadual Paulo César Vinha (local não-exposto), durante um ano.

Os resultados indicaram que a *E. uniflora* recebeu deposição de maior quantidade de ferro particulado por área foliar do que *C. hilariana*, não variando quanto às distâncias da fonte emissora nas duas espécies. Os maiores teores foliares de ferro total foram verificados a 200 m da fonte emissora, nas duas espécies vegetais, enquanto que o maior teor de enxofre total foliar foi observado em *E. uniflora*, a 800 m e em *C. hilariana*, a 200 m da fonte emissora.

Não se observou variação em altura nas duas espécies vegetais avaliadas e o número de folhas foi menor apenas a 800 m e 1700 m de distância em *C. hilariana*. O número e a percentagem de folhas

³ Mc CURDY, T., 1978 - Open Spaces as an Air Resource Management Strategy. In: Proceedings of the National Urban Forestry Conference. USDA Forest Service, ESF Publication 80 - 003, p. 138 - 154 (vol I).

⁴ SMITH, W. H., 1978. Urban Vegetation and Air quality: In: Proceedings of the National Urban Forestry Conference, USDA Forest Service, ESF Publication (80 - 003): 98 - 113.

MC CURDY, T. 1978. Open Spaces as an Air Resource Management Strategy. In: Proceedings of the National Urban Conference. USDA Forest Service. ESF Publication (80-003):138-154.

⁵ Da SILVA, L.C. Avaliações bioquímicas, fisiológicas e anatômicas dos efeitos de poluentes atmosféricos sobre espécies vegetais de restinga. Viçosa, UFV. 2003. 132 p. (UFV. Tese de Doutorado).

cloróticas e necróticas, assim como o índice de fitotoxicidade de cloroses nas duas espécies aumentaram com o prolongamento do tempo de exposição às emissões da usina. Em *E. uniflora*, a percentagem de folhas cloróticas e necróticas não se modificou com a distância da fonte emissora, enquanto que em *C. hilariana*, as maiores médias foram observadas a partir de 500 m. Nas duas espécies, o teor de clorofila diminuiu com o tempo de exposição e apenas em plantas de *E. uniflora* localizadas a 800 m da fonte emissora foram observados maiores teores de clorofila.

As plantas de *C. hilariana* localizadas a 200 m e 500 m da fonte emissora apresentaram maior permeabilidade de suas membranas celulares, que se relacionou com o teor foliar de enxofre. As plantas de *C. hilariana* apresentaram condutância estomática (*gs*), a transpiração (**E**) e a assimilação líquida de CO₂ (**A**) mais elevadas nas estações mais próximas à usina emissora, embora isto não tenha contribuído para o aumento da massa seca total. A relação trocas gasosas e teor foliar de enxofre sugeriu que *C. hilariana* acumulou grande quantidade de enxofre enquanto que *E. uniflora* praticamente não absorveu o enxofre emitido pela usina de pelotização.

A pesquisa conclui que ambas as espécies, *Eugenia uniflora* (pitanga) e *Clusia hilariana* (clusia) são bioindicadoras de reação, podendo ser usadas como bioindicadoras ativas de poluição por deposição particulada e dióxido de enxofre.

Por sua vez, em relação ao experimento com chuva ácida, nenhuma das espécies apresentou variação na altura das mudas tratadas em relação ao controle, enquanto o índice de fitotoxicidade de necroses foi maior nas plantas de *E. uniflora* expostas à chuva ácida. Os teores de clorofila **a**, de clorofila **b** e de carotenóides foram reduzidos em *E. uniflora* após o tratamento, enquanto que a relação Fv/Fm foi maior nas plantas tratadas. Em *C. hilariana*, nenhum destes parâmetros foi alterado com a chuva ácida. A *gs*, **E** e **A** não variaram nas plantas tratadas em relação ao controle, nas duas espécies avaliadas, após as 40 chuvas simuladas.

Prossegue **da Silva** (2003) em suas conclusões afirmando que nenhuma das espécies mostrou alteração na permeabilidade de suas membranas e em *E. uniflora*, apenas a atividade da peroxidase aumentou com o tratamento, enquanto que em *C. hilariana*, as atividades da dismutase do superóxido, da peroxidase e da catalase aumentaram após as 40 simulações.

Conclui ainda que nas três espécies avaliadas no biomonitoramento passivo, o teor de ferro foliar foi maior no local exposto às emissões da usina e o teor foliar de enxofre variou nas diferentes espécies analisadas. Os efeitos mais marcantes das deposições da usina sobre as espécies avaliadas no biomonitoramento passivo foram: Em *B. sericea*, maior teor de clorofila, menor temperatura foliar, maior número de folhas; em *C. verbenacea*, maior teor de clorofila, maior temperatura foliar, menor número de folhas, flores e frutos; em *P. guineense*, menor teor de clorofila, maior diferencial de temperatura entre a folha e o ar, maior lançamento de folhas, menor número de folhas. Não foram verificadas flores e frutos neste local. *C. verbenacea* acumulou maior quantidade de ferro que as demais espécies ocorrendo maior deposição nas reentrâncias nas bases dos tricomas glandulares. As plantas de *B. sericea* apresentaram menor conteúdo de ferro provavelmente, devido a presença de hipoderme e tricomas malpighianos, enquanto que em *P. guineense*, a proteção parece ter sido viabilizada pela hipoderme.

Com base nos resultados obtidos na pesquisa, **da Silva** (2003) afirma que a usina de pelotização contribuiu para o aumento do nível de material particulado e dióxido de enxofre na atmosfera. Os teores de ferro e enxofre encontrados no material vegetal confirmaram que tais poluentes estão sendo absorvidos pelas plantas em intensidades variáveis dependendo de fatores inerentes às plantas, do local e climático.

Recursos Hídricos

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Apresentar justificativa técnica/econômica para a utilização da Barragem Norte como quarta etapa de tratamento dos efluentes da Samarco visto que a barragem Norte é um corpo hídrico que está sendo utilizado pela empresa.

Resposta:

Em resposta ao OFÍCIO/Nº 043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA, a Samarco Mineração S.A. apresenta neste documento as justificativas técnicas, econômicas e ambientais em que se basearam a construção da Barragem Norte e utilização de seu reservatório, bem como as razões que a enquadram como um corpo industrial da Unidade de Ponta Ubu.

A Samarco Mineração S/A surgiu na década de 70 como uma empresa de lavra, beneficiamento, pelotização e exportação de minério de ferro. Suas atividades estão localizadas nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Para a obtenção da pelota, produto final da empresa, são realizados diversos processos minero-metalúrgicos de transformação do itabirito, uma matéria-prima que não era, até então, considerada como minério de ferro, devido ao baixo teor de ferro, que sempre o havia levado a ser descartado como material estéril para ser empregado na fabricação de produtos de utilização humana. Fatores operacionais e econômicos impediam o seu aproveitamento, fazendo com que tivesse de ser depositado em pilhas, com evidentes impactos ambientais.

Os fatores operacionais foram sanados através do desenvolvimento de novos processos de concentração, que permitiram que as jazidas presentes na região de Mariana e Ouro Preto pudessem ser aproveitadas através da elevação do teor de ferro do minério extraído.

A questão econômica, porém, se apresentava como um obstáculo, pois os custos inerentes aos processos de mineração, beneficiamento, transporte e pelotização não tornavam atrativa a implantação de uma empresa para este fim. Estudos visando à otimização de despesas de funcionamento apontaram o transporte como um ponto crítico para a operacionalização do projeto. Sem uma alternativa para o custoso transporte ferroviário – meio utilizado para o deslocamento de grandes cargas – não haveria forma de aproveitamento do minério, inviabilizando a implantação da Samarco.

A solução encontrada foi a construção de um mineroduto, que transportaria o minério beneficiado na Unidade de Germano – denominado concentrado – para a Unidade de Ponta Ubu. Para o transporte, o concentrado deveria ser misturado à água, gerando assim uma polpa.

Desta forma, a implantação da Samarco foi possibilitada, iniciando-se em 1974. Desde o seu planejamento, as questões ambientais relacionadas à utilização responsável dos recursos naturais mostraram-se essenciais. Para o funcionamento da Unidade de Ponta Ubu foram planejados o processamento do minério recebido e o aproveitamento da água utilizada no seu transporte. O emprego da água retirada da polpa tanto garantiria a boa operação da usina de pelotização, através do resfriamento das paredes do forno e ventiladores de processo, como eliminaria a necessidade de se realizar novas captações nos mananciais da região. Isso seria conseguido com a utilização de uma área para armazenagem e recirculação.

A água não utilizada no processo que seria disponibilizada para a lagoa de Maembá, por ser retirada da polpa, possuía características físicas (sequências de sólidos, cor e turbidez) que não permitiam o seu lançamento direto para um corpo receptor. Assim, foi idealizado pela empresa um sistema de decantação de sólidos que reduziriam estes parâmetros. Este sistema consistia em uma Bacia de Polpa, que promoveria a primeira etapa de decantação, e uma barragem que seria, além da segunda etapa de contenção das partículas, uma área para controle e atenuação de quaisquer desvios que porventura ocorressem no tratamento.

As necessidades de tratamento de efluentes e reaproveitamento de água apresentadas acima levaram a Samarco a iniciar a construção da Barragem Norte em 1973. A barragem foi implantada sobre uma área contígua à Lagoa de Maembá, área esta que recebia a drenagem do seu entorno e, em ocasiões onde o nível da lagoa ultrapassava uma cota específica, recebia também o aporte de águas deste corpo. Isso criava uma região pouco inundada, com alguns espaços alagados. Fotografias aéreas da região, realizadas em 1965 e 1970, mostram claramente as diferenças entre as características da área escolhida para a construção da barragem e o restante da lagoa.

O sistema de armazenagem de água e retenção de sólidos funcionou sem maiores modificações até 1995, quando foram realizadas a instalação de um espessador clarificador e uma estação de Tratamento Terciário de Efluentes Industriais (ETTEI), em atendimento ao Termo de Compromisso firmado em 1994 entre a Samarco, a SEAMA e os municípios de Anchieta e Guarapari.

O maior aprofundamento dos estudos ambientais no período reforçou a importância da Barragem Norte, que se mostrou eficiente no tratamento de duas possíveis causas de impactos na lagoa de Maembá: o baixo nível de oxigênio presente na polpa e a presença de nutrientes, causadores de proliferação de algas. Através da grande superfície para a troca gasosa, um ambiente propício para a absorção de nutrientes por microorganismos (algas) e a retenção destas algas em seu reservatório, a barragem se tornou a quarta etapa do sistema de tratamento de efluentes da Samarco.

O sistema de tratamento de efluentes, incluindo a Barragem Norte, constou do licenciamento de ampliação da usina de pelotização de Ponta Ubu sob o nº 111/97, e de suas renovações – as L.O. 123/98 e GAI 014/02.

As características do terreno anteriores à construção da barragem serão retornadas na ocasião de seu descomissionamento, quando não mais haverá o aporte de água proveniente do mineroduto. O volume armazenado no reservatório será gradativamente lançado na lagoa de Maembá e o material depositado em seu leito será retirado.

Considerações Finais

Com base nas informações apresentadas, relacionam-se abaixo pontos que embasam a justificativa técnica, econômica e ambiental da utilização da Barragem Norte e sua caracterização como um corpo industrial da Unidade de Ponta Ubu:

- É uma área de acumulação da água advinda da Unidade de Germano, que é reutilizada no processo da Unidade de Ponta Ubu, eliminando assim a necessidade de novas captações nos mananciais da região;
- Possui a finalidade de absorver distorções na qualidade dos efluentes industriais, evitando impactos negativos na Lagoa Maembá;
- Foi construída em terreno com características que permitem o acúmulo de água;
- Consta dos licenciamentos ambientais obtidos pela Unidade de Ponta Ubu;
- Enquadra-se na definição apresentada no Decreto 1.318-R, de abril de 2004, no inciso II do Art. 2º:

“Barragem – construção transversal a um curso de água, ou ao sentido de escoamento natural, com finalidade de armazenar águas em determinado trecho, regular o escoamento ou derivar suas águas para canais;”

Estes pontos sustentam a afirmação que define a Barragem Norte como uma estrutura integrante do processo industrial, imprescindível para a operação da Samarco. Sua estrutura não se encaixa na definição de corpo receptor, que é por sua vez sujeito a classificações e limites distintos e característicos de sua natureza.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Apresentar caracterização do sistema hidrológico regional, contemplando os recursos hídricos subterrâneos, gerando mapas de ocorrências, de indicativos de fluxos e correlações e detalhamento da vulnerabilidade das áreas.

Resposta:

No Anexo 6 são apresentadas informações a respeito do sistema hidrológico local e regional. Observa-se que este diagnóstico é parte do trabalho “*Elaboração de Estudos Hidrogeológicos para a Região de Ubu – ES – Relatório Final*”, realizado para a Samarco pela empresa Golder Associates Brasil Ltda, em janeiro de 2004 e já apresentado anteriormente ao IEMA visando o cumprimento da Condicionante Nº 49 da Licença LO-GAI/Nº 014/2002/Classe IV – Retificada.

Oceanografia

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Revisão na delimitação das áreas de influência direta e indireta – devem ser inseridas na área de influência direta a área portuária (pier, berços de atracação e bacia de evolução), já que fazem parte do processo produtivo correspondendo à sua etapa final, e na área de influência indireta, a região costeira adjacente ao Porto de Ubú definida a partir do histórico de incidentes/acidentes ocorridos no âmbito do Porto de Ubú cujos reflexos foram verificados na região costeira adjacente.

Resposta:

De acordo com o solicitado, foi inserida como área de influência direta a região marinha no entorno do porto de Ubú, conforme se pode verificar na Figura 2.2-1 que foi revista e encontra-se apresentada no item **Meio Biótico**, subitem **Área de Influência**, do presente relatório.

Com relação a região costeira adjacente ao Porto de Ubu, observa-se que a mesma já foi considerada como Área de Influência Indireta, conforme apresentado na Figura 2.3.1-1 do EIA (Página 7/8 do Capítulo 2), tendo para isto sido considerado o histórico de incidentes/acidentes ocorridos. A revisão desta área de influência só será possível a partir da obtenção de dados oceanográficos locais, como correntes e ondas, os quais estão previstos no escopo das Condicionantes da Samarco, referentes a LO-GAI-Nº 014/2002 – Classe IV – Retificada.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Esclarecimentos sobre possíveis mudanças no projeto apresentado no EIA, sobretudo no que se refere às modificações previstas para a área portuária, e caso contrário, apresentar sua atualização.

Esclarecimentos quanto a capacidade de carregamento referente ao escoamento da produção da Primeira e Segunda Usinas de Pelotização e à sua situação futura após a instalação da Terceira Usina e o conseqüente incremento na produção de minério de ferro.

Resposta:

O sistema atual de carregamento de navios na Unidade Ponta Ubu - ES possui capacidade de carga de vinte milhões de toneladas/ano. Para atendimento desta capacidade a Samarco possui um *shiploader* e dois berços de atracação.

O berço leste possui capacidade máxima de carregamento por navio de até 70.000 ton (navios Panamax) e o berço oeste navios até 200.000 ton (navios Cape size).

A média de carregamento anual da Samarco considerando os últimos dois anos é da ordem de 16 milhões de toneladas, o que implica na utilização de cerca de 70% da capacidade instalada para o sistema.

Após a realização dos estudos conceitual, pré-viabilidade e viabilidade do Projeto Terceira Pelotização, ficou definido que a Samarco irá embarcar a partir de 2008, considerando a Terceira

Usina em operação, um volume total de 22,5 milhões de toneladas. Este valor representa um aumento da capacidade atual de embarque de aproximadamente 12%.

De acordo com os estudos de engenharia realizados pela equipe do projeto, as instalações atuais poderiam ser repotenciadas para atender a esta demanda. Este repotenciamento refere-se basicamente a troca de correias transportadoras e melhorias estruturais no atual *shiploder*.

Sendo assim, não estão previstas e não serão realizadas obras para ampliação do pier e áreas portuárias, bem como a instalação de novos equipamentos. Também não serão modificadas a capacidade atual dos berços de atracação, mantendo o mesmo perfil de navios hoje carregados, porém em maior número.

Planejamento para a ampliação do porto e transporte de outras cargas não são objetos do projeto Terceira Pelotização e caso ocorram serão analisados em novos projetos a serem licenciados.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Esclarecimentos quanto ao atual e futuro sistema/mecanismo de drenagem na área portuária, nos piers e suas instalações adjacentes.

Resposta:

Conforme encaminhado ao IEMA através do protocolo N° 09911/04 em 27/10/04, a Samarco elaborou um projeto de contenção nas bordas do píer, para evitar queda de efluente no mar, que está em análise pelo Órgão e caso venha ser aprovado, será a mesma medida de controle ambiental que será usada quando a Terceira Usina entrar em atividade, pois não estão previstas modificações na estrutura do porto, apenas um aumento do número de navios.

Como ações/equipamentos de controle ambiental, foram implantados: sistema de caixas de decantação no início do píer e cortinas de borrachas sobre a correia transportadora C4, para evitar a queda de pelotas sobre a área citada; ações de limpeza diária com caminhão de sucção e Bob Cat em toda a área; inspeções semanais pela equipe de Analistas de Meio Ambiente e Operadores da Estocagem e Embarque para verificar a eficiência dos equipamentos e a imediata tomada de ação, caso haja alguma anormalidade.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Caracterização da infra-estrutura considerando a capacidade da atual estrutura portuária em comportar o aumento no volume de cargas e navios, verificando se há necessidade de ampliação do porto nos próximos anos.

Resposta:

Esclarecimento já apresentado em resposta anterior sobre mudanças no projeto e capacidade de carregamento do porto.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Esclarecimentos quanto ao parâmetro vento no que se refere ao período de medição; apresentação de dados de intensidade e de gráfico para facilitar a visualização dos dados. Solicita-se também, a apresentação dos dados de intensidade e direção dos ventos das estações de monitoramento da qualidade do ar de Meáípe e de Ubú que se encontram nas proximidades do empreendimento, na forma de tabelas e gráficos, por corresponderem a dados mais fidedignos da área de influência do empreendimento e até mesmo para balizar os dados medidos na estação meteorológica da Ilha de Santa Maria e avaliar a sua aplicabilidade na caracterização do regime de ventos da região.

Resposta:

No que diz respeito ao parâmetro vento, esclarece-se que os dados apresentados na Tabela 3.1.1.4-1 referem-se ao período de medição de 1961 a 1990. A seguir, é reapresentada a referida tabela juntamente a apresentação gráfica das informações nela contida de forma a possibilitar uma melhor visualização dos dados.

Tabela 3.1.1.4-1: Frequência das direções de vento na região - Período 1961/1990 - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria - Vitória.

DIREÇÃO											
Mês	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Variável ou não obs.	Calmas	Total
Janeiro	24	14	16	2	4	6	5	6	5	18	100
Fevereiro	21	11	16	2	2	4	4	6	16	18	100
Março	16	9	14	3	4	10	6	6	8	24	100
Abril	10	5	12	4	6	12	11	5	12	25	100
Maio	10	5	11	4	7	15	11	5	6	26	100
Junho	12	5	11	3	6	12	9	6	11	25	100
Julho	11	5	12	3	7	14	10	6	7	25	100
Agosto	17	8	14	3	6	11	6	7	7	21	100
Setembro	19	10	14	3	6	11	8	4	9	16	100
Outubro	17	13	14	4	7	12	9	4	7	13	100
Novembro	17	13	12	5	7	10	8	5	11	12	100
Dezembro	21	16	13	3	6	7	8	4	7	15	100
Média Anual	16,3	9,5	13,3	3,3	5,7	10,3	7,9	5,3	8,7	19,7	100,0

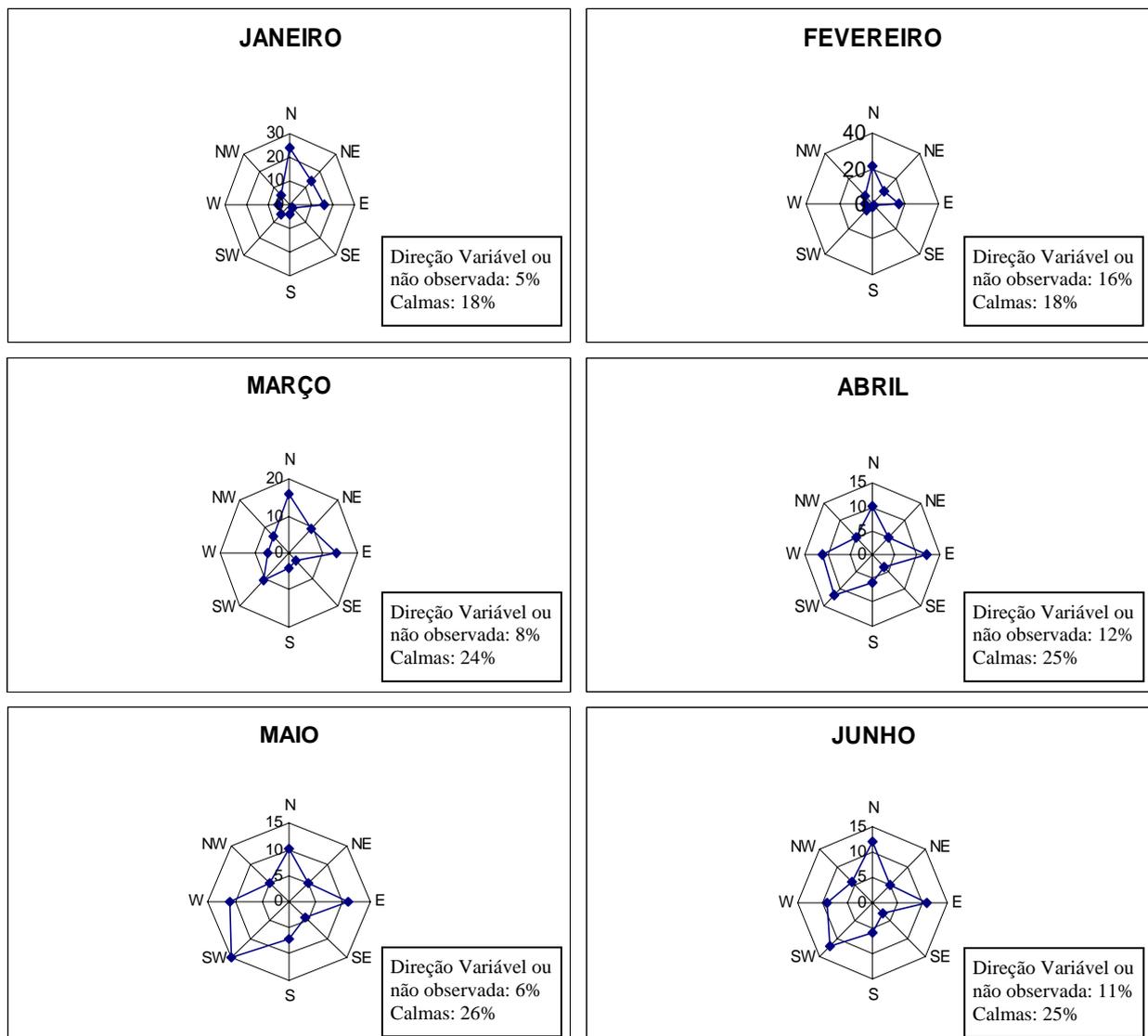


Figura 3.1.1.4-1: Freqüência de direção dos ventos na região - Período 1961/1990 - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória.

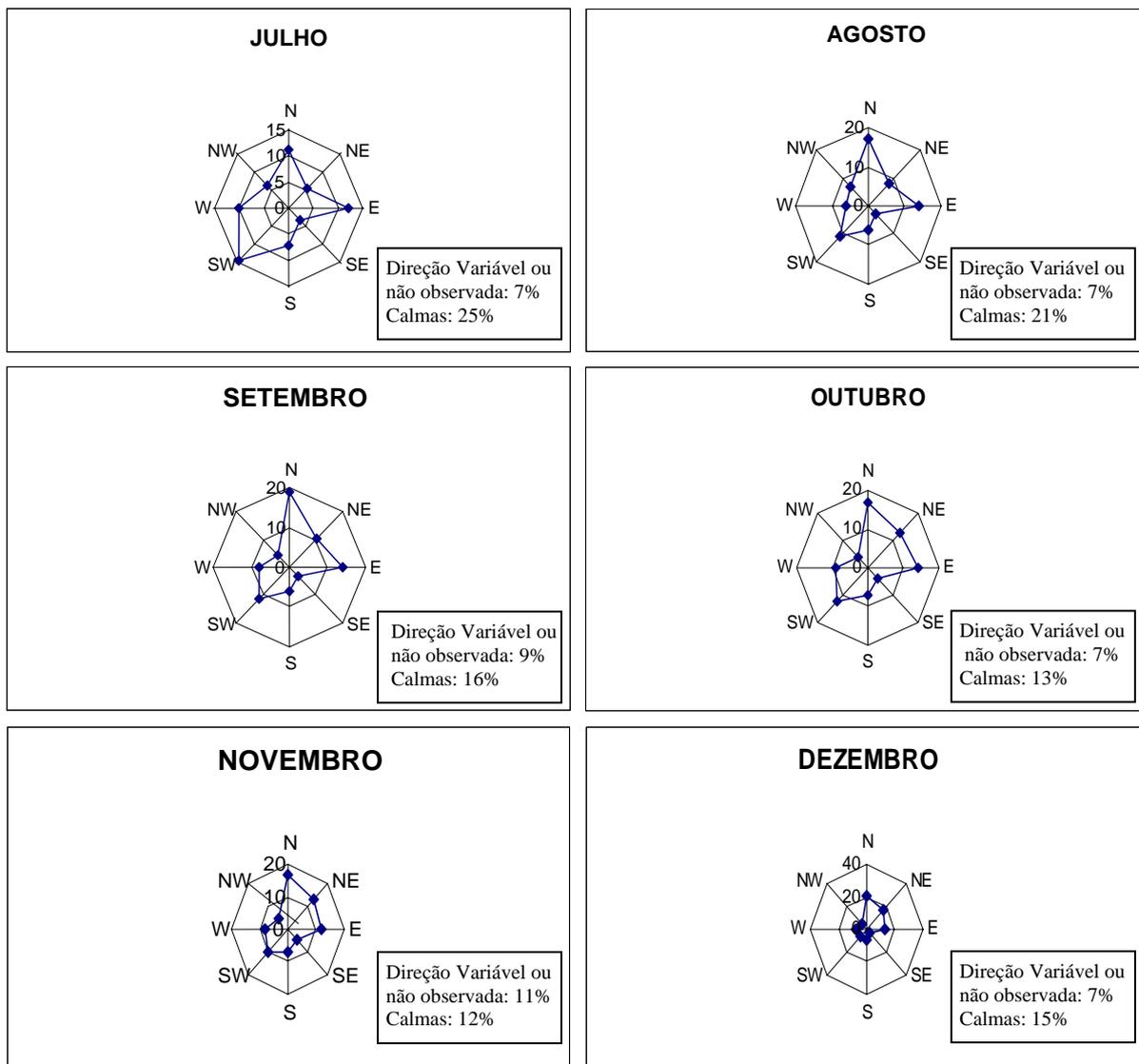


Figura 3.1.1.4-1: Frequência de direção dos ventos na região - Período 1961/1990 - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória (Continuação).

Faz-se importante esclarecer que a questão relativa a ventos é tratada no Diagnóstico Ambiental do EIA da Terceira Pelotização em dois diferentes itens, ou seja, Clima e Condições Meteorológicas e Qualidade do Ar.

Dentro do item Clima e Condições Meteorológicas as informações foram tratadas de forma regional, enquanto que no item Qualidade do Ar o tema vento foi tratado de forma local, visando subsídios para a modelagem e análise da dispersão de poluentes, não sendo apresentado do forma explícita em separado.

O emprego de dados relativos à estação meteorológica da Ilha de Santa Maria em análises em escala regional se justifica pelo fato desta ser operada há décadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia que desenvolve, periodicamente, análise de consistência de informações, sendo inclusive publicadas normais climatológicas com periodicidade de 30 anos.

Desta forma, dentro da análise regional, se justifica plenamente o uso das informações da referida estação para alguns parâmetros climáticos e meteorológicos, mesmo considerando a sua distância do local previsto para localização do empreendimento, tendo em vista a inexistência na região de outras estações apresentando registros de longo prazo confiáveis.

Relativamente ao parâmetro **intensidade** de vento, este não foi apresentado na análise regional, item Clima e Condições Meteorológicas, por não terem sido disponibilizados dados consistidos pelo INMET e pelo fato do assunto ser tratado na análise local relativa à Qualidade do Ar.

Os dados básicos de intensidade e duração de ventos, considerados no item Qualidade do Ar, inserido no contexto do Diagnóstico Ambiental, relativos à Estação Meteorológica da Samarco são apresentados a seguir. A Tabela 1 mostra as médias de velocidades de vento, para o período 1993/1994.

Faz-se importante esclarecer que os dados meteorológicos são obtidos na Estação Meteorológica operada pela Samarco e situada em área de fazenda nas proximidades da Planta Industrial e não nas estações de monitoramento da qualidade do ar.

Tabela 1: Estatística descritiva da amostra de velocidades dos ventos para os setores de direções, utilizada na simulação de dispersão.

Média das direções graus (setor)	Média (m/s)	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança		Mínimo	Máximo
				Limite Inferior	Limite Superior		
6	1,6167	,7548	,3081	,8246	2,4087	,80	2,80
18	2,1000	1,0450	,4266	1,0034	3,1966	,50	3,70
30	2,1000	1,0450	,4266	1,0034	3,1966	,50	3,70
42	2,6667	1,9521	,7969	,6181	4,7153	,90	5,90
54	2,6667	1,9521	,7969	,6181	4,7153	,90	5,90
66	,0000	,0000	,0000	,0000	,0000	,00	,00
78	3,3667	2,9173	1,1910	,3051	6,4282	,70	7,90
90	2,3500	1,4571	,5948	,8209	3,8791	,60	4,70
102	1,5167	,7885	,3219	,6892	2,3441	,50	2,40
114	1,5167	,7885	,3219	,6892	2,3441	,50	2,40
126	2,0667	1,2372	,5051	,7683	3,3650	,30	3,80
138	2,0667	1,2372	,5051	,7683	3,3650	,30	3,80
150	2,3500	1,3338	,5445	,9503	3,7497	,20	4,00
162	2,3500	1,3338	,5445	,9503	3,7497	,20	4,00
174	2,9500	2,0067	,8192	,8441	5,0559	,70	5,90
186	2,9500	2,0067	,8192	,8441	5,0559	,70	5,90
198	3,0500	1,7513	,7150	1,2121	4,8879	1,10	5,20
210	3,0500	1,7513	,7150	1,2121	4,8879	1,10	5,20
222	2,8167	2,4774	1,0114	,2168	5,4166	,50	6,70
234	2,8167	2,4774	1,0114	,2168	5,4166	,50	6,70
246	2,1000	1,2017	,4906	,8389	3,3611	,30	3,70
258	2,1000	1,2017	,4906	,8389	3,3611	,30	3,70
270	1,6500	,8142	,3324	,7955	2,5045	,10	2,30
282	1,5500	,4722	,1928	1,0544	2,0456	,80	2,10
294	1,5500	,4722	,1928	1,0544	2,0456	,80	2,10
306	1,2500	,5577	,2277	,6648	1,8352	,60	2,10
318	1,2500	,5577	,2277	,6648	1,8352	,60	2,10
330	1,0000	,7127	,2910	,2520	1,7480	,00	2,10
342	1,0000	,7127	,2910	,2520	1,7480	,00	2,10
354	1,6167	,7548	,3081	,8246	2,4087	,80	2,80
Total	2,0478	1,5114	,1126	1,8255	2,2701	,00	7,90

A Figura 1 mostra gráfico de barras de velocidades por setores de direções do vento, para o período 1993/1994, na estação da SAMARCO.

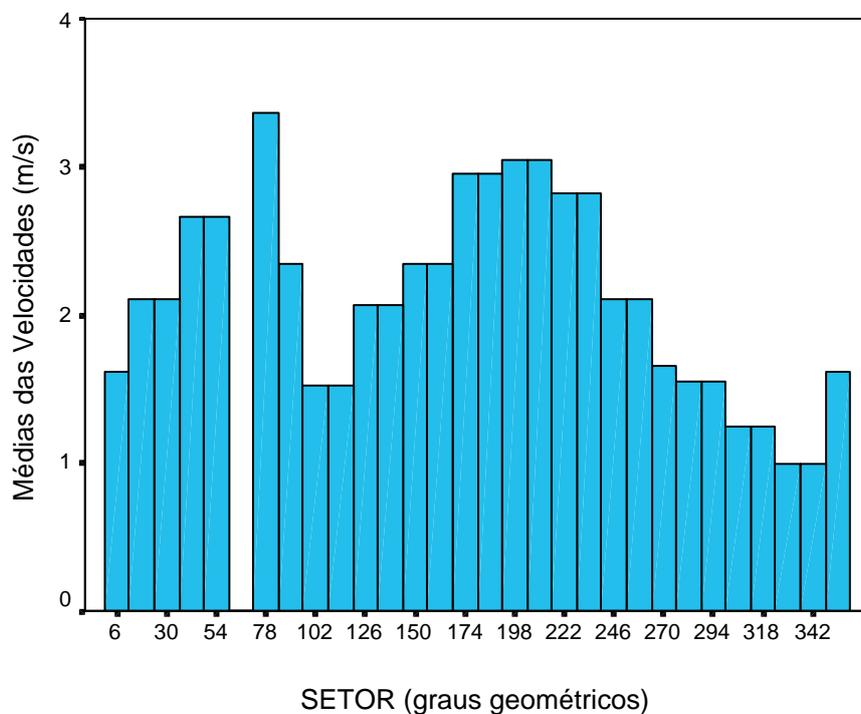


Figura 1: Gráfico de barras de velocidades por setores de direções do vento.

As Figuras 2 e 3 mostram histogramas de direções e de velocidades dos ventos de todos os valores horários utilizados, período 1993/1994.

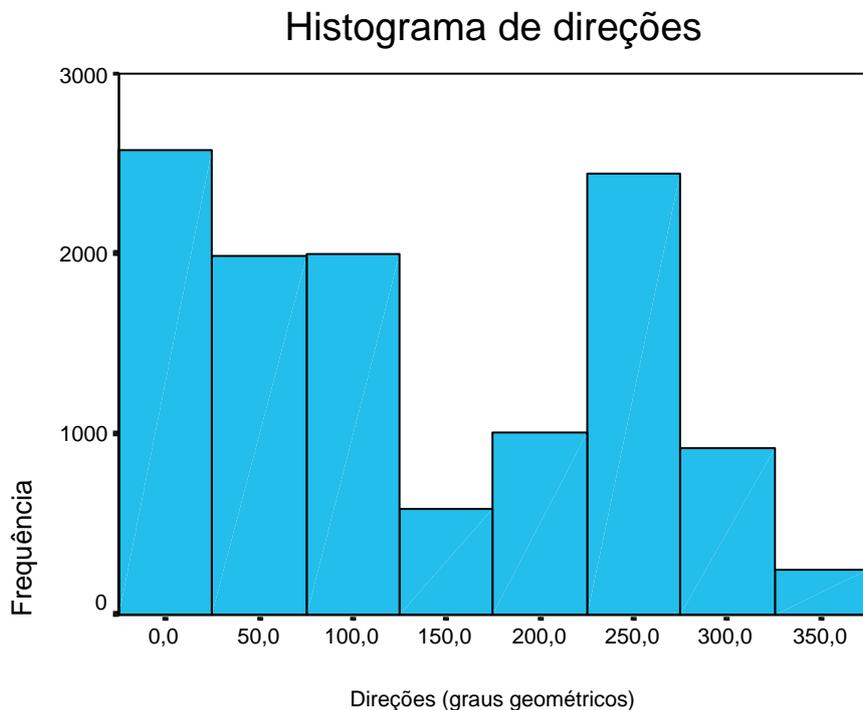


Figura 2: Histograma de direções dos ventos de todos os valores horários utilizados.

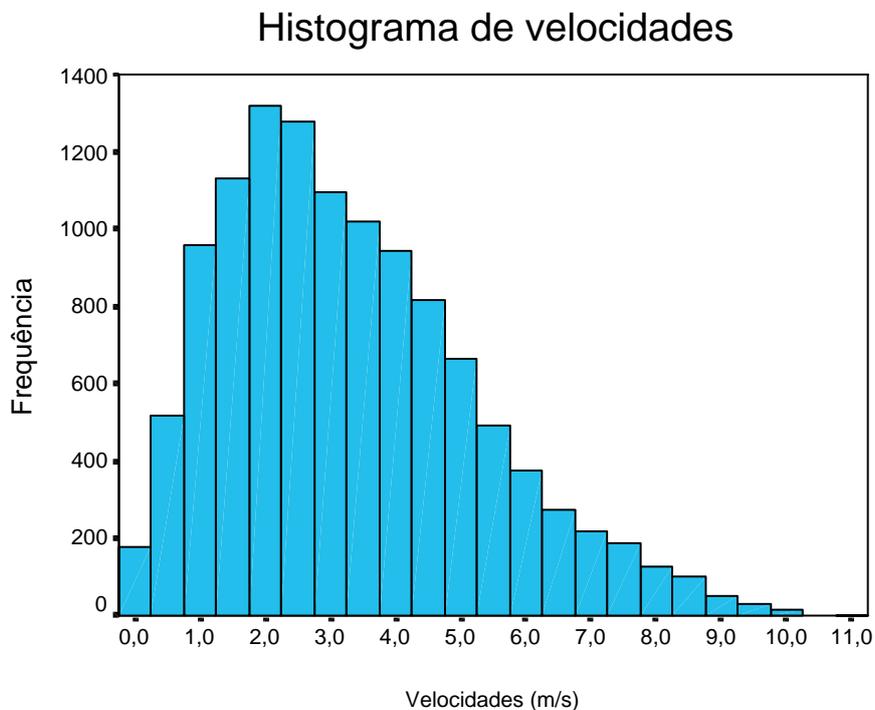


Figura 3: Histograma de velocidades de todos os valores horários utilizados.

OFÍCIO/Nº043/05/IEMA/DT/GCA/SAIA:

Esclarecimento quanto a data de realização das campanhas marinhas e a correção das legendas das figuras apresentadas com os pontos de coleta da malha amostral que foram trocadas.

Resposta:

Esclarece-se que quando da identificação das datas de realização das campanhas marinhas, em alguns locais foi apresentada a data da emissão do relatório referente a campanha, gerando certas discrepâncias no texto do item referente ao Diagnóstico Ambiental – Meio Marinho. Desta forma, segue abaixo, de forma detalhada, a data dos monitoramentos referenciados no EIA (página 196/431):

1) Monitoramento do “Spool Base”:

Campanhas de monitoramento: **1ª campanha** - 8 e 10 de fevereiro de 2000; **2ª campanha** - 31 de maio e 02 de junho de 2000; **3ª campanha** - 30 e 31 de agosto de 2000.

Estações amostrais: A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, 1, 2 e 3, de acordo com o se observa na Figura 3.2.2.2-1, que traz a malha amostral monitorada durante este projeto (EQUILIBIUM, 2000).

2) Monitoramento da Dragagem de Manutenção do Terminal de Ponta Ubu:

Campanhas de monitoramento: **1ª campanha** - 31 de outubro e 01 de novembro de 2001; **2ª campanha** - 22 e 23 de janeiro de 2002; **3ª campanha** - 29 de abril de 2002; **4ª campanha** - 28 e 31 de julho de 2002;

Estações amostrais: Eq1, Eq2, Eq3, Eq4, Eq5, Eq6, Eq7, A1, A3, A4, A7 e A8, conforme se observa na Figura 3.2.2.2-2, que traz a malha amostral monitorada durante período (EQUILIBIUM, 2002).

Quanto as Figuras 3.2.2.2-1 e 3.2.2.2-2, observa-se que as legendas das mesmas estavam trocada. Apresenta-se a seguir as referidas figuras devidamente revisadas.

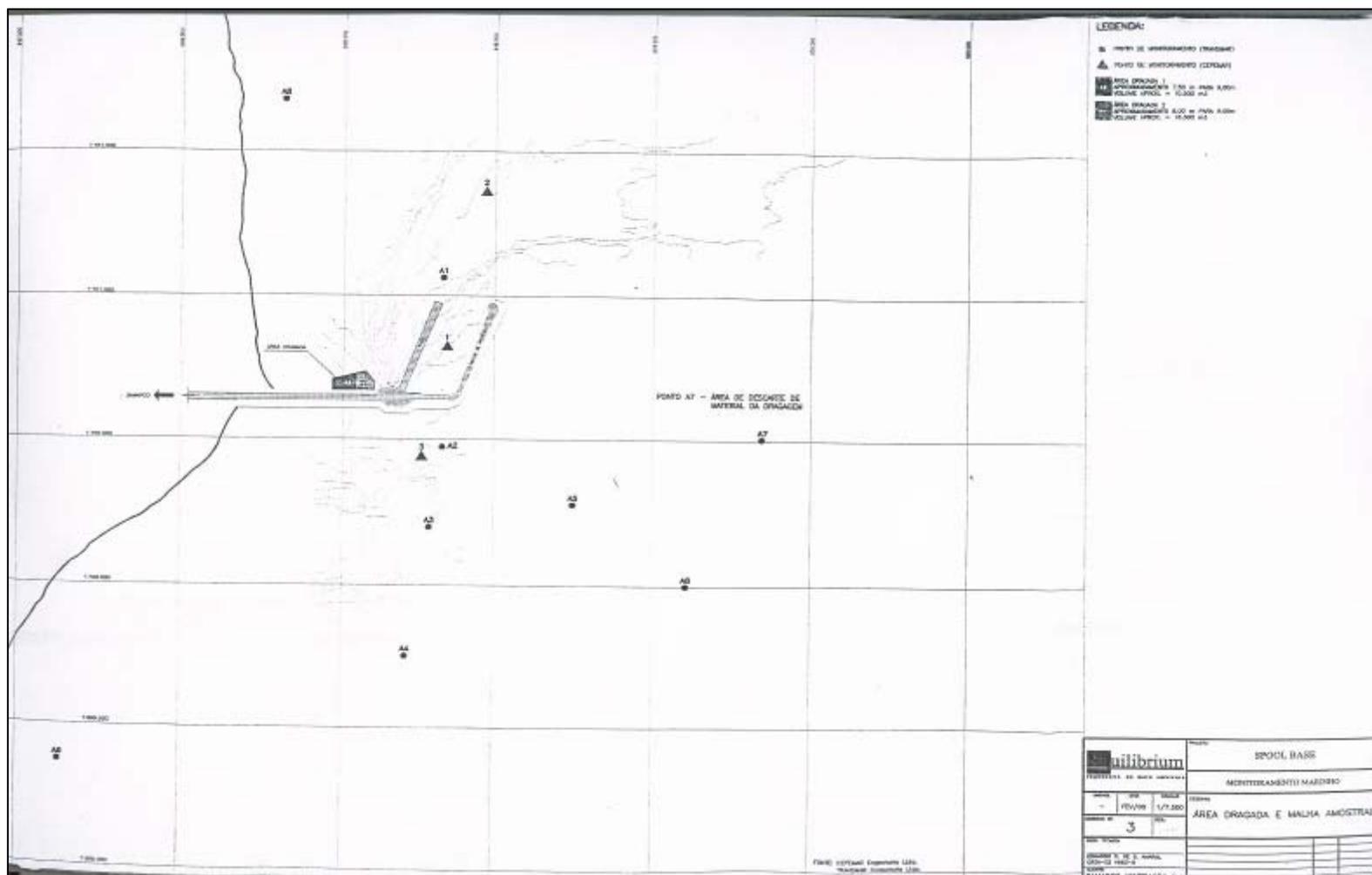


Figura 3.2.2.2-1: Malha Amostral do Monitoramento do Projeto Spool Base (Ciclo 2000).

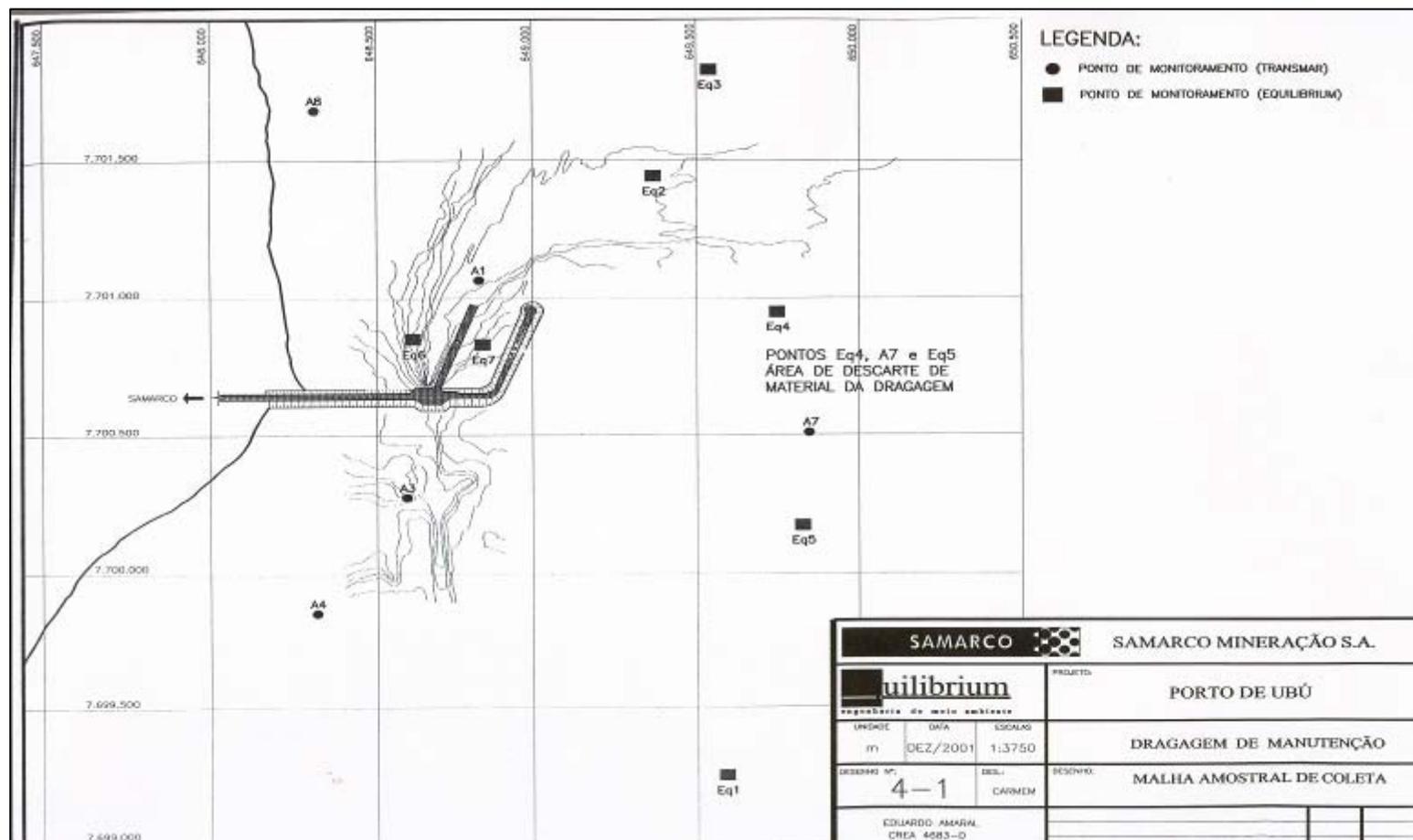


Figura 3.2.2.2-2: Malha Amostral do Monitoramento da Dragagem de Manutenção do Porto (Ciclo 2001/2002).

ANEXOS

ANEXO 01

GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E SOLOS

5.3 Geologia da Área Continental

A região em estudo situa-se no setor central da Província Mantiqueira, na denominada Zona Costeira, onde ocorreu o desenvolvimento dos denominados Cinturões ou Faixas Móveis RADAMBRASIL (1983). Entre os trabalhos sistemáticos realizados sobre a região podem ser destacados os desenvolvidos por Liandrat (1979), Silva & Ferrari (1976), Machado Filho et al. (1983), citados no Projeto RADAMBRASIL e Féboli et al. (1983), no âmbito do Projeto Cachoeiro de Itapemirim (DNPM/CPRM, 1993).

Podem ser individualizadas quatro unidades litoestratigráficas distintas, correlacionáveis a outras unidades conhecidas regionalmente, quais sejam:

- **Complexo Paraíba do Sul** (Ppsl), composto por rochas intrusivas de idade proterozóica, relacionadas à seqüência vulcano-sedimentar fortemente migmatizada e granitizada;
- **Suíte Intrusiva do Espírito Santo** (Pyl), composta por rochas intrusivas ácidas e básicas, também de idade proterozóica;
- **Grupo Barreiras** (Tb), formado por sedimentos arenosos intercalados por níveis argilosos de idade terciária;
- **Depósitos Sedimentares** (Qh), representados por aluviões e sedimentos litorâneos, de idade quaternária.

O **Complexo Paraíba do Sul** (Ppsl) compõe o embasamento do Cinturão Móvel Atlântico, estendendo-se desde o litoral sul do Estado de São Paulo, passando pelos limites dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais até o Estado do Espírito Santo. Esta unidade é caracterizada na região sul do Estado do Espírito Santo pela ocorrência de gnaisses granitóides, de grande expressão local, distribuídos em três faixas, uma das quais se estende ao longo da zona costeira. Os gnaisses são de cor cinzas a cinza escuros, de granulação média, bandados, por vezes migmatizados e dobrados. Localmente mostram lentes de rochas calciossilicáticas e raras lentes de anfíbolito. A mineralogia é formada por grafita, sillimanita, cordierita, granada e biotita. Possuem também estreita associação aos gnaisses granatíferos atribuídos a esta mesma unidade. Os gnaisses granatíferos são representados por granada biotita e/ou hornblenda gnaisses e kinzigitos.

A **Suíte Intrusiva do Espírito Santo** (Pyl) é formada por uma unidade não homogênea de ortognaisses granulíticos, que ocorrem na zona costeira, paralelamente a faixa de rochas do Complexo Paraíba do Sul e encontram-se parcialmente recobertos por sedimentos continentais e marinhos. A assembléia mineralógica destas rochas é composta por quartzo, plagioclásio, biotita, hiperstênio, granada e, localmente, K-feldspato. Como acessórios observam-se apatita, allanita, opacos, zircão e rutilo. A suíte pode ser diferenciada em duas subunidades de composição distintas. A primeira, onde predominam os ortognaisses enderbíticos e charnoenderbíticos a tonalíticos (Pygl), de cor cinza escura a esverdeada, granulometria média a grossa, mostrando foliação incipiente a pronunciada. Localmente ocorrem porções tonalíticas. A outra subunidade apresenta ortognaisses de composição com porções tonalíticas (Pygl), por vezes granodioríticas e até mesmo graníticas, predominando sobre os gnaisses enderbíticos. São granatíferos, de cor cinza claro, granulometria média a grossa e localmente porfiroclásticos. Na área de Guarapari e Anchieta, esta unidade está representada por um corpo alongado sin-tectônico, com direção SW-NE, intrusiva em rochas do Complexo Paraíba do Sul. Este corpo intrusivo é caracterizado por um granito pórfiro com cristais hipidiomórficos ou em parte afetados por cataclase. As rochas são predominantemente compostas por feldspatos brancos a

róseos (microclina e plagioclásios), quartzo e subordinadamente biotita e/ou anfibólios. A textura varia de granoblástica, granolepidoblástica e porfiroblástica.

O Grupo Barreiras (Tb), unidade hidrogeológica principal, ocorre de forma expressiva no litoral de Anchieta e Guarapari, ocupando uma faixa de 5 km em média. Regionalmente, ainda são significativos os depósitos nas proximidades de Piúma, Itaoca e Itaputanga. Nos levantamentos existentes, verificou-se na região sul do estado e, em particular, no litoral da área em pauta, apenas a ocorrência da porção pleistocênica, denominada Barreiras Superior. Foram reconhecidas duas fases de deposição independentes (I e II), separadas por discordâncias internas, com uma espessura total, que raramente ultrapassa os 20 metros. Observa-se que as espessuras aumentam em direção ao oceano, a partir do contato com o cristalino (a oeste) e, ao mesmo tempo, a granulometria dos sedimentos se reduz, havendo maior contribuição de argila em áreas do litoral. Na porção inferior (Fase II), ocorrem camadas tabulares com certa regularidade lateral onde predominam sedimentos grosseiros unimodais (areias arcóseas e cascalhos) secundados por lentes de argila. O teor de feldspato atinge até 40%, sendo a média em torno de 20%. Os minerais pesados são: zircão, monazita, sillimanita, turmalina, rutilo e cianita. Já nos sedimentos da Fase I encontram-se litossomas mais irregulares, constituídos por lentes ou camadas estreitas de material predominantemente bimodal (areno-argiloso e argilo-arenoso). O feldspato é praticamente inexistente, sendo encontrado, localmente, sob a forma de caulim. A maturidade mineralógica é superior à dos sedimentos da Fase II, predominando o zircão e a turmalina. As precipitações de material ferruginoso de coloração preta a avermelhada, que cimentam grãos de arenito, formam corpos irregulares cavernosos. Os corpos lateríticos quando se desenvolvem, ocorrem nas zonas de contato dos sedimentos areno-argilosos ou arenosos da base da Fase I com as argilas do topo da Fase II.

As características desses depósitos terciários indicam que os materiais sofreram curso de transporte, mais ou menos rápido e por meio de correntes que foram incapazes de realizar um selecionamento devido à curta distância, tipo de relevo e volumes transportados e ainda, que sua origem está relacionada à decomposição de rochas gnáissicas da borda do continente. A ausência de fragmentos destas rochas faz crer que estas tenham sido totalmente intemperizadas "*in situ*" antes de serem erodidas. Estes sedimentos foram depositados em planície de inundação, formando Lagoas durante o entulhamento, propiciando a sedimentação de níveis argilosos, sendo portanto, freqüentes as intercalações de lentes de argilas variegadas, com até 2 m de espessura, sobretudo nas áreas próximas à costa.

Em sondagens realizadas na região de Nova Almeida-ES, constatou-se uma espessura de 80 metros nos sedimentos, atingindo 150 metros na área da plataforma. A unidade basal do Grupo Barreiras repousa em discordância erosiva sobre as rochas do Grupo Paraíba do Sul e é sobreposta por depósitos sedimentares atribuídos ao Grupo Barreiras, de idade pleistocênica. Na região sul do Espírito Santo são reconhecidas duas fases de deposição, sendo a unidade inferior composta por sedimentos grosseiros, compostos por areias arcóseas e cascalhos e, secundariamente, por lentes de argila. Na unidade superior, os sedimentos são mais variados e formam lentes de estreitas camadas de material areno-argiloso ou argilo-arenoso. Raramente as duas unidades que compõem o Grupo Barreiras pleistocênico ultrapassam 20 metros de espessura.

Os **Depósitos Sedimentares Quaternários** (Qh) encontram-se sobrepostos discordantemente sobre rochas cristalinas (Complexo Paraíba do Sul e Intrusivas Associadas) ou sobre os sedimentos terciários do Grupo Barreiras. Nas áreas interiores, ocorrem na forma de aluviões e coluviões, estes últimos constituindo-se em cones sedimentares situados nas áreas de transição

entre a escarpa e a planície costeira. Já na costa litorânea são encontrados cordões arenosos litorâneos, depósitos de argilas orgânicas de mangues e depósitos flúvio-marinhos.

Quanto aos **aspectos estruturais e tectônicos**, no contexto regional, as rochas do Complexo Paraíba do Sul e intrusivas associadas que integram o chamado Cinturão Móvel Atlântico constituindo-se em uma unidade de caráter tectônico, que se distribui ao longo de toda zona litorânea desde São Paulo até o Espírito Santo. O eixo do referido cinturão corresponde ao que já foi denominado de "Lineamento Paraíba" e caracteriza-se por um feixe de grandes falhamentos e zonas de cisalhamento, que fazem parte de uma grande estrutura regional contínua de direção NE/SW, que apresenta reflexos na área de influência considerada. A área em pauta, dentro do contexto mais amplo, apresenta suas unidades geológicas formadas em períodos geológicos distintos, compondo um quadro lito-estrutural regional complexo, sendo que o observado atualmente em termos tectônico-estruturais é o resultado da evolução encontrada no final do Cambriano.

Nesse sentido, a evolução da faixa costeira onde a área objeto está inserida, apresenta uma seqüência de **eventos tectônicos** importantes, definidos no Proterozóico Superior e início do Fanerozóico, compreendendo, desde metamorfismo associado à tectônica de blocos, até várias fases de magmatismo intrusivo associado aos movimentos tectônicos transcorrentes que retalharam a região de maneira generalizada. Este evento, que causou a transposição generalizada das rochas, é responsável pela dificuldade na compreensão das correlações estratigráficas do contexto geológico da região, e não pode ser observado claramente na carta geológica da área em pauta, em razão do recobrimento das unidades mais antigas pelos sedimentos recentes. Uma zona de falha transcorrente que ocorre cortando os gnaisses da região do Monte Urubu constitui-se na única estrutura regional registrada nos mapeamentos existentes sobre a área de influência.

5.3.1 Geologia do Substrato Marinho

Existe carência de estudos específicos e uma pequena quantidade de dados geológicos sobre os depósitos marinhos, as áreas de ocorrência dos assoalhos rochosos e de recifes na margem oceânica do Espírito Santo.

Na porção imersa da área na região de Ubu, ocorrem depósitos constituídos basicamente por calcarenitos e calcilulitos, sendo comum as texturas oólicas e pisolíticas, bem como os recifes de calcários de todas as origens, que se desenvolveram sobre o assoalho rochoso do fundo marinho. A partir destes, em direção ao continente emerso, ocorre a gradação para depósitos de areias e cascalhos de composição variável, mas predominantemente quartzosa.

5.3.2 Caracterização Geológica da Área do Empreendimento

A área de propriedade da SAMARCO, onde o Complexo Industrial de Ubu está inserido, situa-se numa planície costeira, cuja superfície em forma de platôs atinge altitudes máximas em torno de 25 metros. Essa superfície é recoberta por vales que se aprofundam até cotas inferiores a 1,0 metro, modelando um relevo de gradiente variado, constituído de pequenos tabuleiros de topos planos e mediamente inclinados, com encostas dos vales, apresentando declividade entre 15 e 20%.

A área em pauta é constituída, em quase sua totalidade, por terrenos sedimentares inconsolidados, de idade terciária, pertencente à unidade estratigráfica denominada Grupo Barreiras (Tb). Em estreita faixa, junto à costa, desenvolvem-se reduzidas planícies litorâneas, constituídas por depósitos do tipo terraços marinhos de idade holocênica (Qh). Sob o ponto de vista litológico-textural, estas unidades podem ser assim caracterizadas:

- **Grupo Barreiras (Tb)** - sedimentos constituídos por areias finas a médias, argilo-siltosas, areias finas pouco argilosas, siltes argilo-arenosos e argila-arenosa, eventualmente calcíferas, de colorações predominantemente amarelo-avermelhadas. Esses litotipos estão dispostos em camadas sub-horizontais, descontínuas e interdigitadas, apresentando variações faciológicas laterais e verticais, com dimensões extremamente variadas e de difícil correlação entre sondagens próximas. A partir das informações das sondagens realizadas para a instalação da rede dos poços de monitoramento e para outros estudos, admite-se que a espessura total dos sedimentos do Barreiras, na área de interesse, atinja os 100,0 metros. Recobrimdo esses sedimentos, ocorre um horizonte de aproximadamente 3,0 m de espessura, constituído por argila-arenosa de cor marrom escuro.
- **Terraços Marinhos Holocênicos (Qh)** - depósito de sedimentos recentes, compostos de areias quartzosas e fragmentos de conchas de moluscos, que apresentam ainda altas concentrações de minerais pesados (monazita, ilmenita, zirconita e rutilo).

5.3.3 Aspectos Geomorfológicos Locais

A área de intervenção do empreendimento em questão encontra-se inserida no contexto geomorfológico do domínio dos depósitos sedimentares, onde a interação de processos, de origem diversa (fluvial, marinha, lacustre) definiu a configuração e características morfodinâmicas atuais.

Situada num ambiente de transição, a área em pauta encontra-se assentada na porção costeira dos Tabuleiros Costeiros (Tc) que se caracterizam por apresentar formas dissecadas aplainadas de relevo, que se estendem até o mar, e feições relacionadas as planícies fluviais e lagoas costeiras.

Os Tabuleiros Costeiros (Tc) junto à costa da área considerada, apresentam-se marcados por falésias que podem estar ou não em contato com o mar e que têm altitudes médias de 20 metros. No primeiro caso, denominadas de falésias vivas, apresentam perfis intercalados por estratos ferruginosos, correspondendo à variação do nível do lençol freático, em função das flutuações do nível do mar. As falésias mortas, restritas às áreas próximas ao Porto de Ubu, acham-se precedidas por sedimentos de origem marinha, que por sua vez se apresentam recobertos por areias remobilizadas da linha da praia.

Já as lagoas costeiras encontradas na área apresentam, na sua maioria, uma origem mista, tornando-se difícil definir qual o fator ou fatores determinantes em sua formação. A Lagoa Maimbá, situada nos municípios de Anchieta e Guarapari, desenvolveu-se sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, junto à costa, apresentando formas alongadas e vários braços que correspondem aos respectivos afluentes. É uma lagoa alimentada, sobretudo pela rede potâmica.

A Lagoa de Ubu tem proporções bem menores e está situada no extremo sul da área do empreendimento. É alimentada pelas nascentes localizadas dentro da área da SAMARCO e apresenta indícios de colmatção pelo grande desenvolvimento da vegetação aquática.

Do ponto de vista geomorfológico, essas lagoas tendem a desaparecer aterradas pelos detritos trazidos pelos rios e águas pluviais. Poderão aos poucos se transformar em pantanais e, posteriormente, em grandes campinas, com pequenas lagoas e charcos aprisionados. Atualmente sofrem impactos decorrentes da ocupação humana em seu entorno, causando seu assoreamento e comprometendo a qualidade de suas águas.

Ainda dentro do contexto dos tabuleiros costeiros (Tc), são identificadas na área feições relativas à planície fluvial e marinha. A primeira está associada a drenagem da Lagoa de Ubu apresentando contatos côncavos entre as áreas de baixada e as vertentes baixas dos tabuleiros circundantes. Por sua vez a planície marinha apresenta dimensões muito reduzidas, chegando a desaparecer em certos trechos da costa junto a área de intervenção.

5.3.4 Aspectos Pedológicos Locais

A área referente ao empreendimento está integralmente inserida na faixa de terrenos constituídos por uma associação pedológica que tem como constituinte principal os solos areno-quartzosos profundos que, como definido anteriormente, são representados basicamente pelos depósitos de areia formados pela ação marinha, correspondente ao conjunto de praias, dunas e restingas novas e antigas.

Em razão do grau de conhecimento e da escala do mapeamento pedológico existentes sobre a área em pauta, não é possível a individualização das lentes de solos no interior do pacote de terrenos arenosos que ocupam a maior parte da superfície considerada.

Em termos de aptidão agrícola, a área definida para o empreendimento e suas circunvizinhas, foi mapeada como sem aptidão para uso agrícola, sendo avaliada como desaconselhável ao uso agropecuário, apresentando limitações e restrições extremas quanto a sua utilização para este fim, devido às suas características físicas e composicionais.

5.4 Aspectos Hidrológicos

A análise de cartas planialtimétricas do IBGE, escala 1:50000, e da carta geral do empreendimento fornecida pela SAMARCO, datada de 1975, permite a caracterização de três áreas de drenagem distintas na área de estudo. São elas: (i) Bacia da Lagoa de Ubu; (ii) Bacia do Lago da Barragem Norte (braço da Lagoa Maimbá); e, (iii) Área do Pátio de Minério. Os limites dessas áreas são apresentados no Desenho **D1-039-5123-5120-0004-02-J**.

A Bacia da Lagoa de Ubu drena as águas da porção sul do empreendimento e possui uma área de 332,27 hectares. Mapas topográficos mais antigos mostram que o braço da Lagoa situado entre a rodovia do sol e o oceano, possuía uma conexão natural com a porção situada dentro da área industrial da SAMARCO. Durante a mudança do traçado da Rodovia do Sol, foi construído um aterro rodoviário separando os dois braços. Para permitir a conexão natural existente, foram instaladas manilhas de concreto sob a Rodovia do Sol.

A Bacia da Lagoa Maimbá drena águas para o lago homônimo. No âmbito deste estudo considerou-se para fins de avaliação, apenas a porção da bacia com 362,27 hectares, que capta água e efluentes lançados no reservatório da Barragem Norte. Este reservatório formou-se após a construção da barragem em braço da Lagoa Maimbá, situado na área industrial da SAMARCO.

ANEXO 02

ANFÍBIOS

SAMARCO



COMUNIDADE DE ANFÍBIOS DA BARRAGEM
NORTE, LAGOA DE MÃE-BÁ E LAGOA DE UBU
DENTRO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA DE
PELOTIZAÇÃO DA SAMARCO MINERAÇÃO S/A,
ANCHIETA (ES)

16 de Fevereiro de 2005

1. APRESENTAÇÃO

Este relatório contém os dados do “Monitoramento da Anurofauna na Barragem Norte, Lagoa de Mãe-Bá e Lagoa de Ubú na Área de Influência da Samarco Mineração S.A.” entre janeiro de 2000 e novembro de 2004.

Este estudo foi realizado objetivando atender aos requisitos da condicionante N° 43 da Licença de Operação GAI nº 014/2002.

2. INTRODUÇÃO

Atualmente tem aumentado o interesse em se estudar a bio-ecologia das populações de anfíbios através de relatórios baseados em extensivo trabalho de campo, uma vez que populações de muitas espécies tem declinado verticalmente nos últimos anos (Pearman *et al.*, 1995). Vários estudos têm comprovado o declínio das populações em diversas localidades ao redor do mundo. Entretanto, poucas conclusões têm sido tiradas no que se refere à determinação dos fatores que estão ocasionando tal fenômeno. Uma das principais razões para o desaparecimento de algumas espécies tem sido atribuído à constante destruição dos habitats naturais em que as espécies dependem para se refugiar, crescer e se reproduzir (Duellman & Trueb, 1994).

Anfíbios anuros apresentam particular interesse no que se refere à sua utilização como organismo monitor, uma vez que as espécies passam os primeiros estágios de vida dentro da água (ou em locais úmidos) e, após a metamorfose, passam a ocupar uma variedade de ambientes terrestres. Os limites de tempo necessários para as transições corporais variam de espécie para espécie, assim como o grau de dependência dos meios aquáticos e terrestres. Estudos de autoecologia são a base da maioria do conhecimento sobre a ecologia de anfíbios e muitos destes estudos podem ser usados em síntese sobre comunidades (Scott & Campbell, 1982; Pombal-Jr, 1997). Padrões de divisão de recursos resultam de três categorias causais distintas, onde além da competição, a predação e os fatores independentes de interação interespecífica também devem ser considerados, sendo que estes fatores podem atuar independentemente ou interativamente (Toft, 1985).

A fauna de anfíbios anuros da América do Sul é ainda pouco conhecida, sendo comum a descoberta de novas espécies. Esta situação está relacionada à grande diversidade de espécies que compõem as comunidades neotropicais, as quais são proporcionalmente pouco estudadas (Duellman, 1979).

Os anfíbios anuros apresentam comunidades diversas nos diferentes tipos de habitats no Brasil, geralmente dominadas em sua maioria pelos representantes das famílias Hylidae e Leptodactylidae (Duellman & Trueb, 1994). Estudos sobre lista de espécies ou sobre a estrutura das comunidades têm evidenciado a importância dos representantes destas duas famílias no sudeste do Brasil (eg., Cardoso *et al.*, 1989; Feio, 1990; Heyer *et al.*, 1990; Haddad & Sazima, 1992; Peixoto, Rossa-Feres & Jim, 1994 e 2001; Bertoluci, 1998; Haddad, 1998; Bernarde & Anjos, 1999; Giaretta *et al.*, 1999; Machado *et al.*, 1999; Silva *et al.*, 2000; Feio & Caramaschi, 2002; Toledo *et al.*, 2003), no norte (Gascon & Pereira, 1983; Vanzolini, 1986; Tocher *et al.*, 1997; Bernarde *et al.*, 1999), no nordeste (Cascon, 1987; Dixo, 2001) e no sul (Lema & Braun, 1993; Machado *et al.*, 1999; Bernarde & Machado, 2001).

Este estudo tem como principal objetivo determinar as variações na abundância da anurofauna na Barragem Norte, Lagoa de Mãe-Bá e de Lagoa de Ubu, Município de Anchieta, Espírito Santo. Foram feitas amostragens em um ciclo de quatro anos com o intuito de observar o estado atual da anurofauna nos limites de influência da Samarco Mineração S/A, como uma forma de se avaliar possíveis modificações da composição destas comunidades.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a estrutura da comunidade de anfíbios anuros na área de influência da Samarco Mineração S.A. foram eleitas 03 estações amostrais:

- Barragem Norte – Localizada dentro da área industrial, este corpo hídrico recebe a água utilizada no processo industrial após vários ciclos de tratamento e em seguida é encaminhado para Lagoa de Mãe-Bá.
- A Lagoa de Mãe-Bá é um dos maiores corpos hídricos da região e está localizada nos limites da Samarco.
- A Lagoa de Ubu, também está localizada nos limites da referida mineradora, porém, de menor tamanho e com uma porção localizada bem próxima do ambiente marinho.

A amostras foram realizadas em três dias consecutivos (entre 20:00 e 22:00 h) com periodicidade bimestral entre janeiro de 2000 e novembro de 2004. Os períodos de coleta envolveram a estação seca e chuvosa e conseqüentemente contemplando a sazonalidade das espécies.

Os anfíbios anuros foram coletados manualmente baseado em um caminho pré-determinado dentro da área selecionada em cada corpo hídrico. No primeiro ano de amostragem alguns exemplares coletados foram mortos em solução de álcool a 10%, sendo posteriormente lavados e fixados em formalina a 10%. Após uma semana, foram lavados em água corrente e preservados em álcool a 70%. Estes espécimes testemunhos encontram-se depositados no setor de zoologia do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão.

À partir do segundo ano de coleta (2001) os anfíbios capturados, identificados e soltos em seguida no mesmo local de captura.

Índices Ecológicos e Análises Estatísticas

Foi avaliada a variação mensal no número de espécies, a diversidade específica de Shannon-Weaver e a equitabilidade com o intuito de se estabelecer os padrões ecológicos da comunidade em um ciclo anual. A similaridade entre as principais espécies na abundância numérica entre os meses foi avaliada utilizando análise de agrupamento, a qual foi baseada na distância euclidiana normalizada ($\log_2 x + 1$) (UPGMA). A análise de componentes principais (PCA) também foi utilizada para complementar as informações obtidas das análises de agrupamentos (“Varimax rotation”).

A análise de variância com um critério (“one-way” ANOVA) foi utilizada para testar possíveis diferenças nas médias dos números de exemplares capturados com relação ao ano de amostragem. Neste caso, ano foi a variável independente, enquanto que número de exemplares foi a dependente. Só as principais espécies foram incluídas neste teste. A

ANOVA também foi utilizada para testar possíveis diferenças nas médias dos índices de Shannon-Weaver e da equitabilidade entre os locais amostrados. Locais amostrados foram as variáveis independentes, enquanto que as médias dos índices de Shannon-Weaver e da equitabilidade foram as variáveis dependentes. Antes de aplicarmos a ANOVA, os dados foram testados “a priori” quanto a homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett) e quanto à normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov). Dados foram transformados (\log_2+1) quando necessário, para evitar as violações do uso da ANOVA. Quando pertinente, utilizamos o teste a “posteriori” de Newman-Keuls para identificar os casos que diferiam entre si.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Incluindo as 30 campanhas realizadas para a avaliação geral de cinco anos de amostragens, o estudo evidenciou a presença de um total de 20 espécies de anfíbios anuros nos três corpos hídricos amostrados, os quais pertenceram a três famílias: Bufonidae, Hylidae e Leptodactylidae. A família Hylidae se caracterizou por apresentar o maior número de espécies (n= 14), seguida pela família Leptodactylidae (n=05) e Bufonidae (n=01) (Tabela 4-1). Estas espécies de anuros parecem ser as mais comuns na área amostrada de acordo com as campanhas realizadas. O número é muito inferior ao obtido em outros estudos no sudeste do Brasil (eg., Cardoso et al, 1989; Feio, 1990; Heyer *et al.*, 1990; Haddad & Sazima, 1992; Peixoto, Rossa-Feres & Jim, 1994 e 2001; Bertoluci, 1998; Haddad, 1998; Bernarde & Anjos, 1999; Giaretta et al., 1999; Machado *et al.*, 1999; Silva et al., 2000; Feio & Caramaschi, 2002; Toledo et al., 2003), no norte (Gascon & Pereira, 1983; Vanzolini, 1986; Tocher et al, 1997; Bernarde et al., 1999), no nordeste (Cascon, 1987; Dixo, 2001) e no sul (Lema & Braun, 1993; Machado *et al.*, 1999 Bernarde & Machado, 2001).

Abaixo, listamos as espécies dentro das respectivas famílias a que pertencem, incluindo os nomes vulgares para aquelas espécies onde a literatura as cita.

Tabela 4-1- Relação das espécies de anfíbios anuros encontrados na Barragem Norte, Lagoa de Mãe-Bá e Lagoa de Ubú entre janeiro de 2000 e novembro de 2004.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME COMUM
BUFONIDAE	<i>Bufo crucifer</i> Wied - Neuwied, 1821	Sapo cururu
HYLIDAE	<i>Hyla albomarginata</i> Spix, 1824	Perereca verde
	<i>Hyla branneri</i> Cochran,	Perereca
	<i>Hyla minuta</i> Peters, 1872	Perereca
	<i>Hyla bipunctata</i> Spix, 1824	Perereca
	<i>Hyla semilineata</i> Spix, 1824	
	<i>Hyla faber</i> Wied - Neuwied, 1821	Sapo ferreiro
	<i>Hyla elegans</i> Wied- Neuwied, 1824	Perereca de moldura
	<i>Hyla decipiens</i> A. Lutz, 1925	Perereca
	<i>Hyla circumdata</i>	Perereca
	<i>Sphaenorhynchus planicola</i> (A. Lutz and B. Lutz, 1938)	Perereca
	<i>Scinax alterus</i> (B. Lutz, 1973)	Perereca
	<i>Scinax cf. fuscovarius</i> (A. Lutz, 1925)	Perereca de banheiro
	<i>Scinax argyreornatus</i> (Miranda-Ribeiro, 1926)	Perereca
	<i>Trachycephalus nigromaculatus</i>	Perereca

LEPTODACTYLIDAE		
	<i>Leptodactylus</i> gr. <i>ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	Rã
	<i>Leptodactylus</i> gr. <i>fuscus</i> (Schneider, 1799)	Rã
	<i>Leptodactylus natalensis</i>	Rã
	<i>Physalaemus crombiei</i> Heyer and Wolf, 1989	Rãzinha
	<i>Physalaemus</i> sp.	Rãzinha

4.1. ABUNDÂNCIA NUMÉRICA

4.1.1. Barragem Norte

Um total de 17 espécies e 2587 exemplares de anfíbios anuros foram amostrados nos cinco anos de monitoramento na Barragem Norte (Tabela 2). Nas seis campanhas realizadas em 2000, a espécie mais abundante foi *Hyla albomarginata* (n= 175), seguida por *Bufo crucifer* e *Scinax alter* (n= 71, para ambas). No ano de 2001, a espécie mais abundante foi novamente *Hyla albomarginata* (n= 131) seguida por *Scinax alter* (n= 88). No ano de 2002, a espécie mais abundante foi *Scinax alter* (n= 168), seguida por *Hyla albomarginata* (n= 114). No ano de 2003, a espécie mais abundante foi *Hyla albomarginata* (n= 77), seguida por *Scinax alter* (n= 73) e *Hyla decipiens* (n= 72). No ano de 2004 a espécie mais abundante foi *Hyla decipiens* (n= 107), seguida por *Scinax alter* (n= 53).

Como pode se observar na Tabela 2, tanto número de exemplares quanto o número de espécies variaram muito durante todas as amostragens, indicando fortes modificações na estrutura da comunidade de anfíbios anuros na Barragem Norte. As variações inter-anuais foram grandes, evidenciando grandes alterações na composição das espécies a cada ano.

Tabela 4.1.1-1- Abundância absoluta relativa das espécies de anfíbios anuros capturados na Barragem Norte, de janeiro de 2000 a novembro de 2004.

ESPÉCIES	2000	%N	2001	%N	2002	%N	2003	%N	2004	%N	Total	%N
BUFONIDAE												
<i>Bufo crucifer</i>	71	12,4	29	6,1	22	3,5	25	5,4	11	2,5	158	6,1
HYLIDAE												
<i>Hyla aff. decipiens</i>	35	6,1	10	2,1	65	10,4	72	15,4	107	24,1	289	11,2
<i>Hyla albomarginata</i>	175	30,5	131	27,6	114	18,2	77	16,5	39	8,8	536	20,7
<i>Hyla bipunctata</i>	0	0,0	35	7,4	48	7,6	32	6,9	13	2,9	128	4,9
<i>Hyla branneri</i>	62	10,8	17	3,6	15	2,4	13	2,8	8	1,8	115	4,4
<i>Hyla circumdata</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,2	1	0,04
<i>Hyla elegans</i>	48	8,4	68	14,3	60	9,6	61	13,1	70	15,8	307	11,9
<i>Hyla faber</i>	21	3,7	18	3,8	23	3,7	17	3,6	33	7,4	112	4,3
<i>Hyla minuta</i>	3	0,5	0	0,0	11	1,8	10	2,1	13	2,9	37	1,4
<i>Hyla semilineata</i>	0	0,0	3	0,6	1	0,2	3	0,6	1	0,2	8	0,3
<i>Scinax alter</i>	71	12,4	88	18,5	168	26,8	73	15,6	53	11,9	453	17,5
<i>Scinax argyreornatus</i>	3	0,5	1	0,2	7	1,1	0	0,0	1	0,2	12	0,5
<i>Scinax fuscovarius</i>	19	3,3	8	1,7	30	4,8	25	5,4	22	5,0	104	4,0
LEPTODACTYLIDAE												
<i>Leptodactylus gr. ocellatus</i>	42	7,3	37	7,8	21	3,3	16	3,4	26	5,9	142	5,5
<i>Leptodactylus gr. fuscus</i>	0	0,0	3	0,6	0	0,0	4	0,9	7	1,6	14	0,5
<i>Physalaemus crombiei</i>	22	3,8	6	1,3	35	5,6	37	7,9	39	8,8	139	5,4
<i>Physalaemus sp.</i>	1	0,2	21	4,4	8	1,3	2	0,4	0	0,0	32	1,2
TOTAL GERAL	573	100,0	475	100,0	628	100,0	467	100,0	444	100,0	2587	100,0

A Figura 4.1.1-1, evidencia a variação mensal do número total de anfíbios anuros observados na Barragem Norte durante o período amostrado. Houve muita variação na abundância ao longo dos meses, com um aumento no número de indivíduos no período de chuvas. Entretanto, a variação inter-anual é nítida.

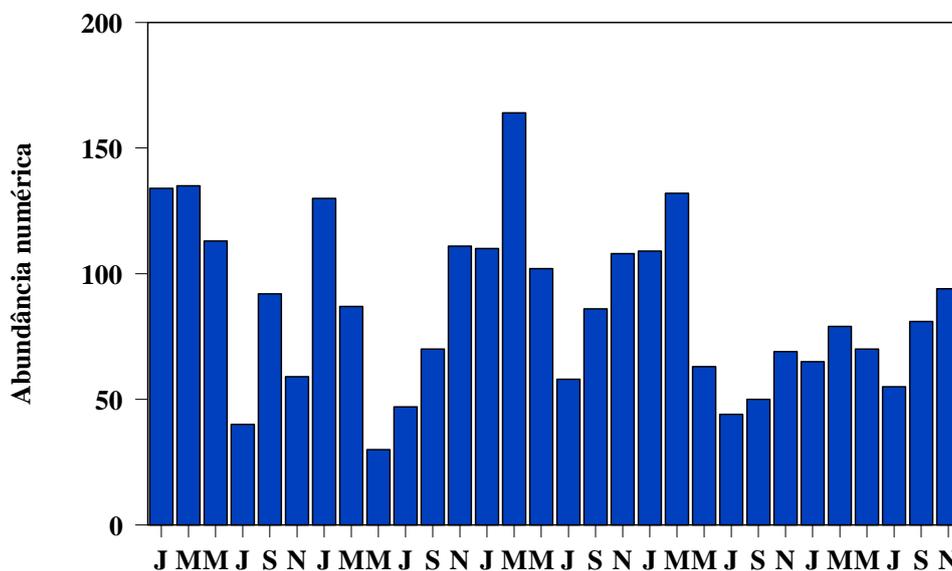


Figura 4.1.1-1- Variação mensal no número total de anfíbios anuros observados na Barragem norte de janeiro de 2000 a novembro de 2004.

A análise de agrupamento evidenciou as principais similaridades na abundância anual entre as espécies da Barragem Norte (Figura 4.1.1-2). As espécies mais abundantes e de ocorrência em todos os meses amostrados formaram um grupo, constituído por *Scinax alter*, *Hyla albomarginata* e *Hyla elegans*. As demais espécies formaram o outro grupo, as quais não ocorreram em todas as amostras. As similaridades representam grupos de espécies que ocorrem com uma abundância equilibrada ao longo dos meses.

Distâncias euclidianas (normalizadas)

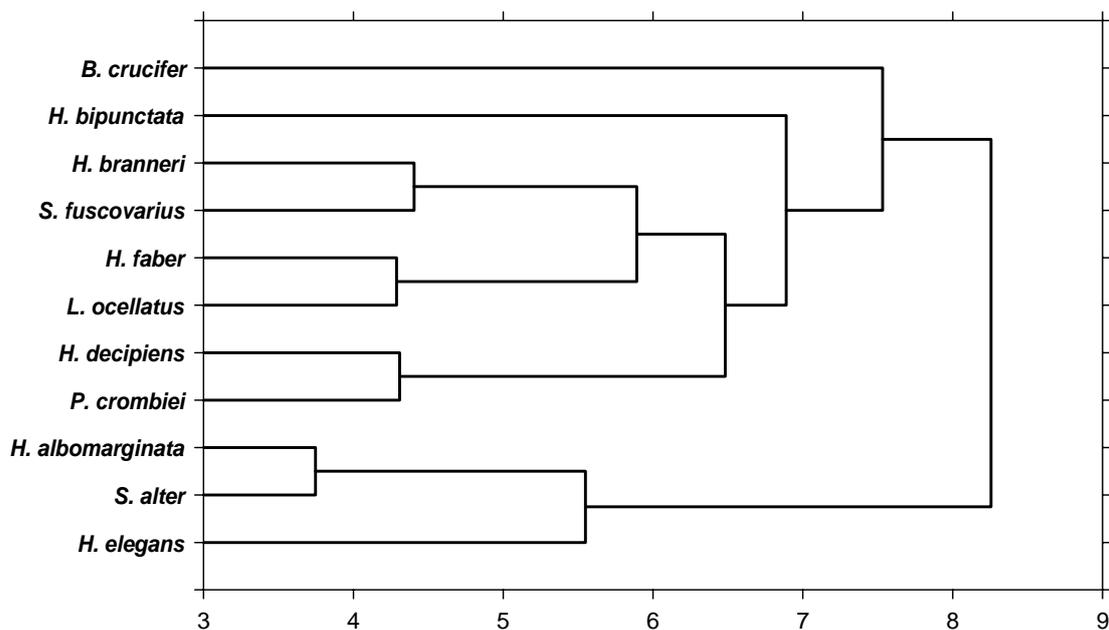


Figura 4.1.1-2- Análise de agrupamento evidenciando as principais similaridades na abundância numérica entre as espécies de anfíbios anuros observados na Barragem Norte entre janeiro de 2000 e novembro de 2004.

Realizou-se uma análise de componentes principais para reavaliar o grau de relacionamento entre as espécies de acordo com as abundâncias mensais. Pelo menos 5 valores tiveram os autovalores (“eigenvalues”) superiores a 1,0 (Figura 4.1.1-3).

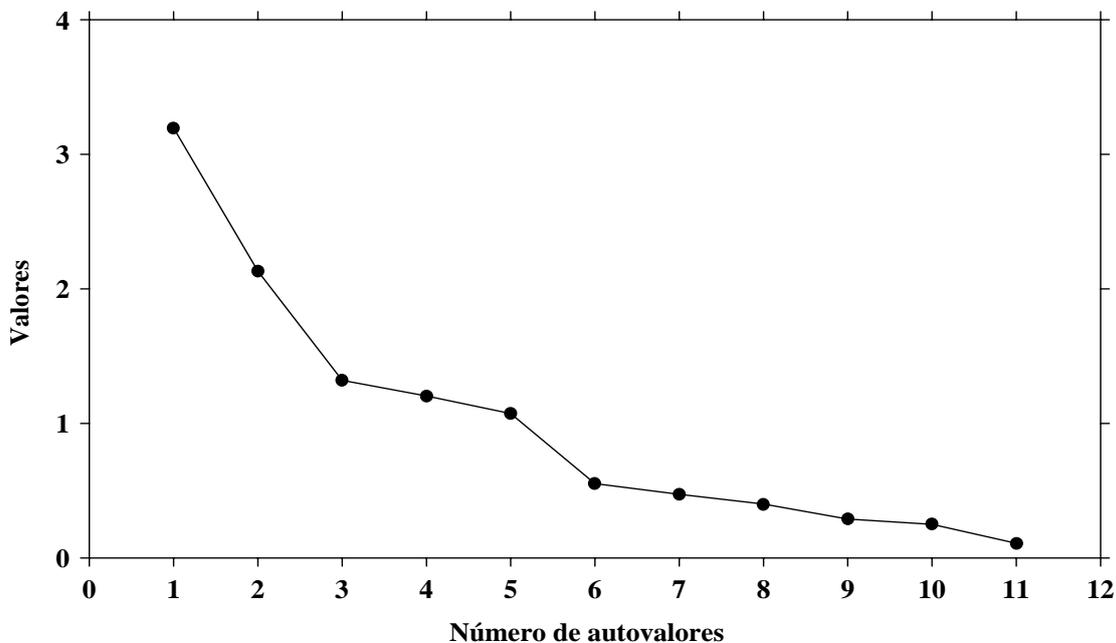


Figura 4.1.1-3- Resultados dos valores superiores a 1,0 (eigenvalues) da análise de componentes principais das espécies de anfíbios anuros observadas na Barragem Norte entre janeiro de 2000 e novembro de 2004.

Com grandes variações ao longo dos meses amostrados, a análise de agrupamento evidenciou a formação de grupos de espécies bem similares aos resultados obtidos na

análise de agrupamento (Figura 4.1.1-2). Nesta análise, fica evidente que a espécie terrestre, *Bufo crucifer* (bucru), têm uma distribuição anual muito diferente das demais espécies, o que é evidenciado no plano espacial evidenciado na Figura 4.1.1-4, de acordo com os três fatores criados pela análise de componentes principais. Em um plano mais afastado da matriz, ficou isolada outra espécie terrestre, *Physalaemus crombiei* e uma pequena perereca arborícola, *Hyla decipiens*, estas três espécies apresentaram extremas variações na ocorrência anual.

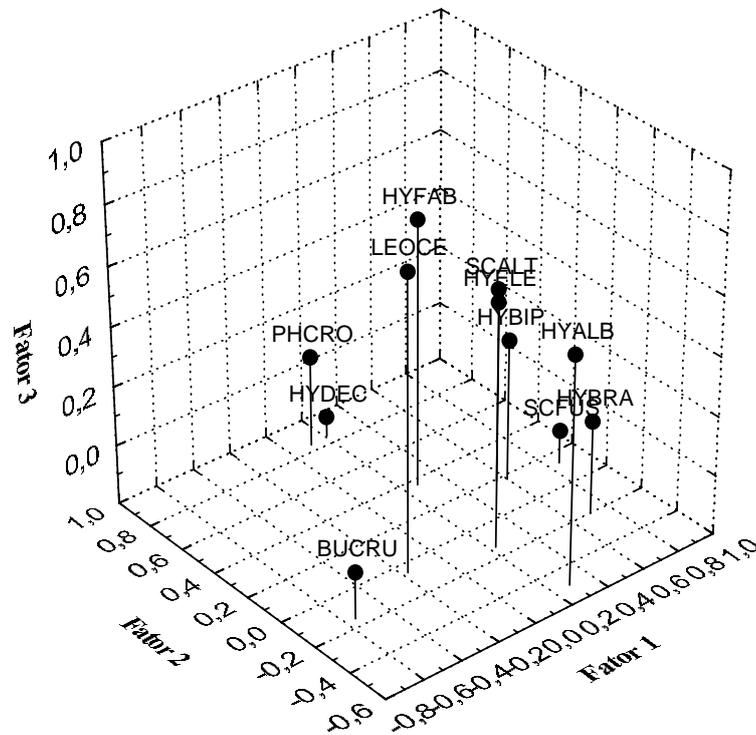


Figura 4.1.1-4- Resultados da análise de componentes principais das espécies de anfíbios anuros observadas na Barragem Norte entre janeiro de 2000 e novembro de 2004, evidenciando as principais associações de espécies.

O número médio total de organismos capturados na Barragem norte não diferiu significativamente entre os anos amostrados (ANOVA: $F_{4, 25} = 0,69$; $p = 0,60$). As espécies que apresentaram diferenças inter-anuais na ocorrência foram: *Hyla albomarginata*, *Hyla bipunctata*, *Hyla decipiens*, *Scinax alter* e *Physalaemus crombiei* (Tabela 4.1.1-2). Ou seja, praticamente as espécies de maior representatividade na Barragem Norte. Isto indica uma alteração no domínio das espécies a cada ano (evidenciado na Tabela 4.1.1-1).

Tabela 3- Resultados das análises de variâncias efetuadas com o número de exemplares observados por ano de amostragem na Barragem Norte, desde janeiro de 2000 até novembro de 2004.

ESPÉCIES	F _{2,24}	P
<i>Bufo crucifer</i>	1,45	0,25
<i>Hyla albomarginata</i>	3,73	0,02
<i>Hyla bipunctata</i>	3,16	0,03
<i>Hyla branneri</i>	1,27	0,31
<i>Hyla decipiens</i>	10,29	0,01
<i>Hyla elegans</i>	0,46	0,76
<i>Hyla faber</i>	0,75	0,56
<i>Scinax alter</i>	3,46	0,02
<i>Scinax fuscovarius</i>	1,07	0,39
<i>Leptodactylus ocellatus</i>	0,50	0,73
<i>Physalaemus crombiei</i>	10,28	0,01
Número Total	0,69	0,60

4.1.2. Lagoa de Mãe-Bá

Um total de 19 espécies e 1179 exemplares de anfíbios anuros foram amostrados nos cinco anos de estudo na Lagoa de Mãe-Bá (Tabela 4.1.2-1). Nas seis campanhas realizadas em 2000, a espécie mais abundante foi *Sphaenorhynchus planicola* (n= 52), seguida por *Scinax alter* (n= 37) e *Hyla branneri* (n=32). No ano de 2001, duas espécies *Scinax alter* e *Leptodactylus ocellatus* (n= 27, para ambas) prevaleceram na abundância numérica. A outra espécie mais representativa foi *Sphaenorhynchus planicola* (n= 13). No ano de 2002, a espécie mais abundante foi *Hyla albomarginata* (n= 33), seguida por *Hyla semilineata*, *Scinax alter* e *Scinax argyreornatus* (todas com n= 32). No ano de 2003, a espécie mais abundante foi *Hyla semilineata* (n= 41), seguida por *Sphaenorhynchus planicola* e (n= 31) e *Scinax alter* (n= 30). No ano de 2004 a espécie mais abundante foi *Scinax argyreornatus* (n= 50), seguida por *Scinax alter* (n= 39) e *Sphaenorhynchus planicola* (n= 34). Como pode-se observar na Tabela 4, tanto número de exemplares quanto o número de espécies variaram muito durante todas as amostragens, indicando fortes modificações na estrutura da comunidade de anfíbios anuros na Lagoa de Mãe-Bá. As variações inter-anuais foram grandes (Figura 4.1.2-1), assim como observadas na Barragem Norte.

Tabela 4.1.2-1- Abundância absoluta e relativa das espécies de anfíbios anuros capturados na Lagoa de Mãe-Bá, de janeiro de 2000 a novembro de 2004.

ESPÉCIES	2000	%N	2001	%N	2002	%N	2003		2004			
								%N		%N		
BUFONIDAE												
<i>Bufo crucifer</i>	1	0,4	0	0,0	2	0,9	10	3,9	7	2,0	20	1,7
HYLIDAE												
<i>Hyla aff. decipiens</i>	8	3,6	5	4,2	21	9,3	20	7,8	25	7,1	79	6,7
<i>Hyla albomarginata</i>	8	3,6	10	8,4	33	14,5	24	9,4	27	7,6	102	8,7
<i>Hyla bipunctata</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,4	0	0,0	4	1,1	5	0,4
<i>Hyla branneri</i>	32	14,2	8	6,7	6	2,6	3	1,2	0	0,0	49	4,2
<i>Hyla circundata</i>		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
<i>Hyla elegans</i>	17	7,6	3	2,5	6	2,6	12	4,7	20	5,7	58	4,9
<i>Hyla faber</i>	2	0,9	0	0,0	0	0,0	1	0,4	16	4,5	19	1,6
<i>Hyla minuta</i>	16	7,1	1	0,8	10	4,4	6	2,4	5	1,4	38	3,2
<i>Hyla semilineata</i>	7	3,1	7	5,9	32	14,1	41	16,1	26	7,4	113	9,6
<i>Scinax alter</i>	37	16,4	27	22,7	32	14,1	30	11,8	39	11,0	165	14,0
<i>Scinax argyreornatus</i>	7	3,1	6	5,0	32	14,1	24	9,4	50	14,2	119	10,1
<i>Scinax fuscovarius</i>	5	2,2	1	0,8	0	0,0	2	0,8	3	0,8	11	0,9
<i>Sphaenorhynchus planicola</i>	52	23,1	13	10,9	15	6,6	31	12,2	34	9,6	145	12,3
<i>Trachycephalus nigromaculatus</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	1,4	5	0,4
LEPTODACTYLIDAE												
<i>Leptodactylus gr. ocellatus</i>	14	6,2	27	22,7	8	3,5	22	8,6	27	7,6	98	8,3
<i>Leptodactylus gr. fuscus</i>	0	0,0	5	4,2	4	1,8	7	2,7	9	2,5	25	2,1
<i>Leptodactylus natalensis</i>	0	0,0	0	0,0	4	1,8	4	1,6	31	8,8	39	3,3
<i>Physalaemus crombiei</i>	18	8,0	2	1,7	19	8,4	17	6,7	25	7,1	81	6,9
<i>Physalaemus sp.</i>	1	0,4	4	3,4	2	0,9	1	0,4	0	0,0	8	0,7
TOTAL GERAL	225	100,0	119	100,0	227	100,0	255	100,0	353	100,0	1179	100,0

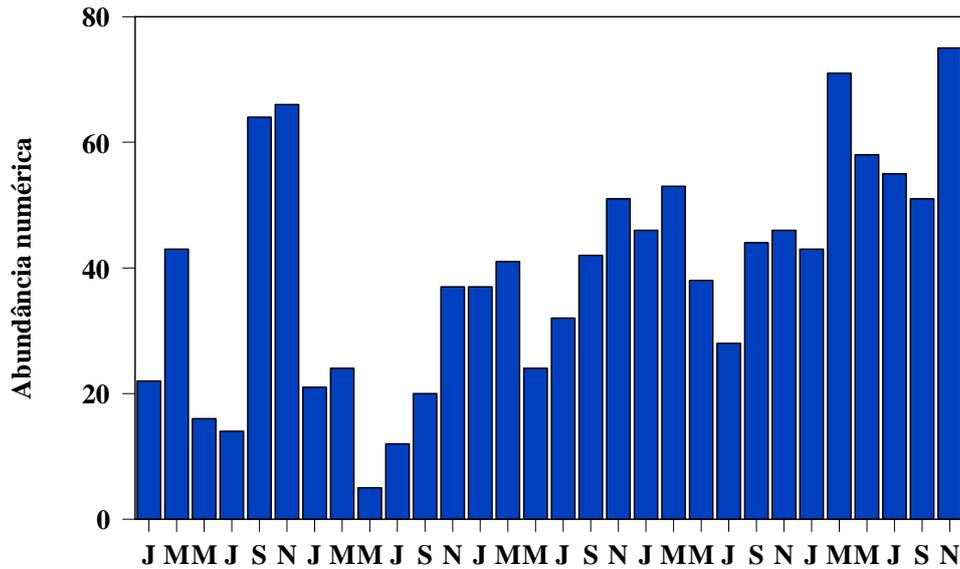


Figura 4.1.2-1- Variação mensal no número total de anfíbios anuros observados na Lagoa de Mãe-Bá de janeiro de 2000 a novembro de 2004, evidenciando profundas alterações mensais na composição dos organismos.

A análise de agrupamento evidenciou relacionamentos mais complexos na associação entre as espécies (Figura 4.1.2-2). A espécie *Hyla branneri* ficou mais isolada do que as demais espécies, evidenciando um padrão de ocorrência completamente distinto das demais espécies. *Leptodactylus ocellatus*, *Sphaenorhynchus planicola* e *Scinax alter* evidenciaram alta similaridade na ocorrência mensal. Demais espécies formaram dois sub-grupos. Um foi composto por *Physalaemus crombiei*, *Scinax argyreornatus*, *Hyla decipiens*, *Hyla semilineata* e *Hyla albomarginata*. O Outro sub-grupo ficou composto por *Hyla minuta*, *Hyla elegans*, *Leptodactylus natalensis*, *Hyla faber*, *Leptodactylus fuscus* e *Bufo crucifer*.

Distâncias euclidianas (normalizadas)

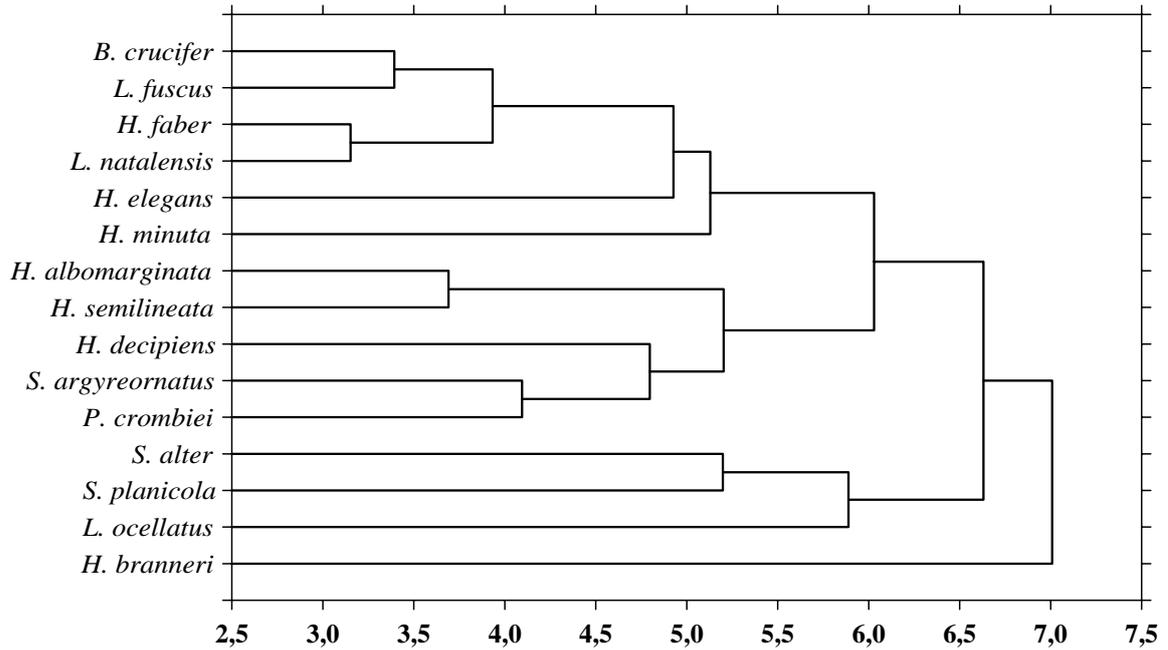


Figura 4.1.2-2- Análise de agrupamento evidenciando as principais similaridades na abundância numérica entre as espécies de anfíbios anuros observados na Lagoa de Mãe-Bá entre janeiro de 2000 e novembro de 2004.

Foi feita uma análise de componentes principais para reavaliar também o grau de relacionamento entre as espécies de acordo com as abundâncias mensais. Pelo menos 6 valores tiveram os autovalores (“eigenvalues”) superiores a 1,0 (Figura 4.1.2-3).

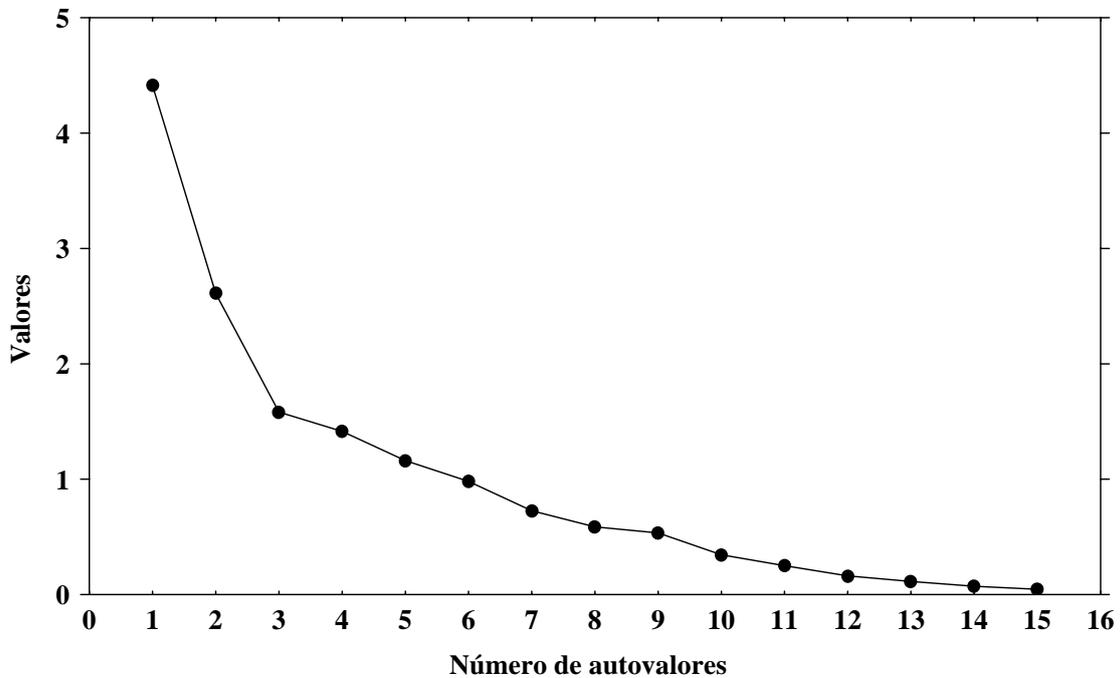


Figura 4.1.2-3- Resultados dos valores superiores a 1,0 (eigenvalues) da análise de componentes principais das espécies de anfíbios anuros observadas na Lagoa de Mãe-Bá entre janeiro de 2000 e novembro de 2004.

Com grandes variações ao longo dos meses amostrados, a análise de agrupamento evidenciou a formação de grupos de espécies bem similares aos resultados obtidos na análise de agrupamento, mas muito mais complexas do que os resultados obtidos para a Barragem Norte (Figura 4.1.2-4). Isto se deveu ao fato de que a abundância numérica das espécies é menor na Lagoa de Mãe-Bá.

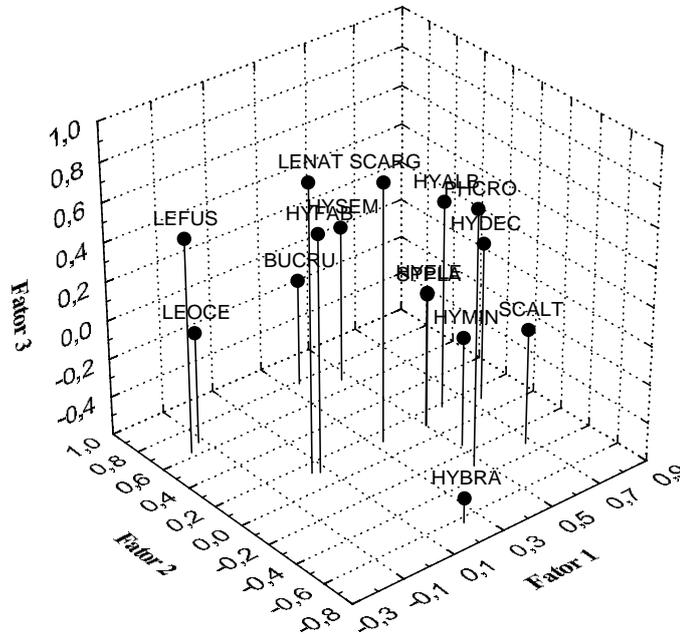


Figura 4.1.2-4- Resultados da análise de componentes principais das espécies de anfíbios anuros observadas na Lagoa de Mãe-Bá desde janeiro de 2000 a novembro de 2004, evidenciando as principais associações de espécies.

O número total de organismos capturados na Lagoa de Mãe-Bá diferiu significativamente entre os anos amostrados (ANOVA: $F_{4, 25} = 5,97$; $p < 0,01$). As espécies que apresentaram diferenças inter-anuais na ocorrência foram: *Hyla albomarginata*, *Hyla branneri*, *Hyla decipiens*, *Hyla semilineata*, *Scinax argyreornatus*, *Sphaenorhynchus planicola* e *Leptodactylus ocellatus* (Tabela 4.1.2-2).

Tabela 4.1.2-2- Resultados das análises de variâncias efetuadas com o número de exemplares observados por ano de amostragem na Lagoa de Mãe-Bá, desde janeiro de 2000 até novembro de 2004.

ESPÉCIES	F_{2,24}	P
<i>Hyla albomarginata</i>	4,13	0,01
<i>Hyla branneri</i>	2,92	0,04
<i>Hyla decipiens</i>	3,29	0,04
<i>Hyla elegans</i>	2,58	0,06
<i>Hyla minuta</i>	1,50	0,23
<i>Hyla semilineata</i>	7,35	0,01
<i>Scinax alter</i>	0,78	0,54
<i>Scinax argyreornatus</i>	6,80	0,01
<i>Sphaenorhynchus planicola</i>	3,91	0,01
<i>Leptodactylus ocellatus</i>	2,99	0,04
<i>Physalaemus crombiei</i>	2,32	0,08
Número Total	5,97	0,01

4.1.3. Lagoa de Ubú

Um total de 15 espécies e 811 exemplares de anfíbios anuros foram amostrados nos cinco anos de monitoramento na Lagoa de Ubu (Tabela 6). Nas seis campanhas realizadas em 2000, a espécie mais abundante foi *Scinax alter* (n= 47), seguida por *Physalaemus crombiei* (n= 42) e *Hyla albomarginata* (n= 39). No ano de 2001, a espécie mais abundante foi *Scinax alter* (n= 40), seguida por *Hyla elegans* (n= 19) e *Hyla decipiens* (n=16). No ano de 2002, a espécie mais abundante foi *Scinax alter* (n= 43), seguida por *Physalaemus* sp.(n= 16) e *Physalaemus crombiei*(n= 15). No ano de 2003, a espécie mais abundante foi *Scinax alter* (n= 36), seguida por *Hyla albomarginata* (n= 23). No ano de 2004 a espécie mais abundante foi novamente *Scinax alter* (n= 59), seguida por *Hyla albomarginata* (n= 18). Como pode se observar na Tabela 4.1.3-1, tanto número de exemplares quanto o número de espécies variaram muito durante todas as amostragens (Figura 4.1.3-1), muito embora a espécie dominante tenha sido a mesma, ou seja, *Scinax alter*.

Tabela 4.1.3-1- Abundância absoluta e relativa das espécies de anfíbios anuros capturados na Lagoa de Ubú, de janeiro de 2000 a novembro de 2004.

ESPÉCIES	2000	%N	2001	%N	2002	%N	2003	%N	2004	%N	TOTAL	%N
BUFONIDAE												
<i>Bufo crucifer</i>	6	2,5	0	0,0	4	3,1	8	5,9	9	4,6	27	3,3
HYLIDAE												
<i>Hyla aff. decipiens</i>	6	2,5	16	13,6	8	6,3	13	9,6	17	8,8	60	7,4
<i>Hyla albomarginata</i>	39	16,5	14	11,9	10	7,8	23	17,0	18	9,3	104	12,8
<i>Hyla bipunctata</i>	3	1,3	1	0,8	1	0,8	2	1,5	7	3,6	14	1,7
<i>Hyla branneri</i>	33	14,0	2	1,7	8	6,3	2	1,5	5	2,6	50	6,2
<i>Hyla elegans</i>	15	6,4	19	16,1	9	7,0	10	7,4	15	7,7	68	8,4
<i>Hyla faber</i>	2	0,8	0	0,0	1	0,8	2	1,5	7	3,6	12	1,5
<i>Hyla minuta</i>	15	6,4	1	0,8	0	0,0	3	2,2	1	0,5	20	2,5
<i>Hyla semilineata</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,7	3	1,5	4	0,5
<i>Scinax alter</i>	47	19,9	40	33,9	43	33,6	36	26,7	59	30,4	225	27,7
<i>Scinax fuscovarius</i>	17	7,2	5	4,2	0	0,0	3	2,2	4	2,1	29	3,6
LEPTODACTYLIDAE												
<i>Leptodactylus gr. ocellatus</i>	6	2,5	16	13,6	13	10,2	21	15,6	16	8,2	72	8,9
<i>Leptodactylus gr. fuscus</i>	0	0,0	2	1,7	0	0,0	6	4,4	17	8,8	25	3,1
<i>Physalaemus crombiei</i>	42	17,8	2	1,7	15	11,7	5	3,7	15	7,7	79	9,7
<i>Physalaemus sp.</i>	5	2,1	0	0,0	16	12,5	0	0,0	1	0,5	22	2,7
TOTAL GERAL	236	100,0	118	100,0	128	100,0	135	100,0	194	100,0	811	100,0

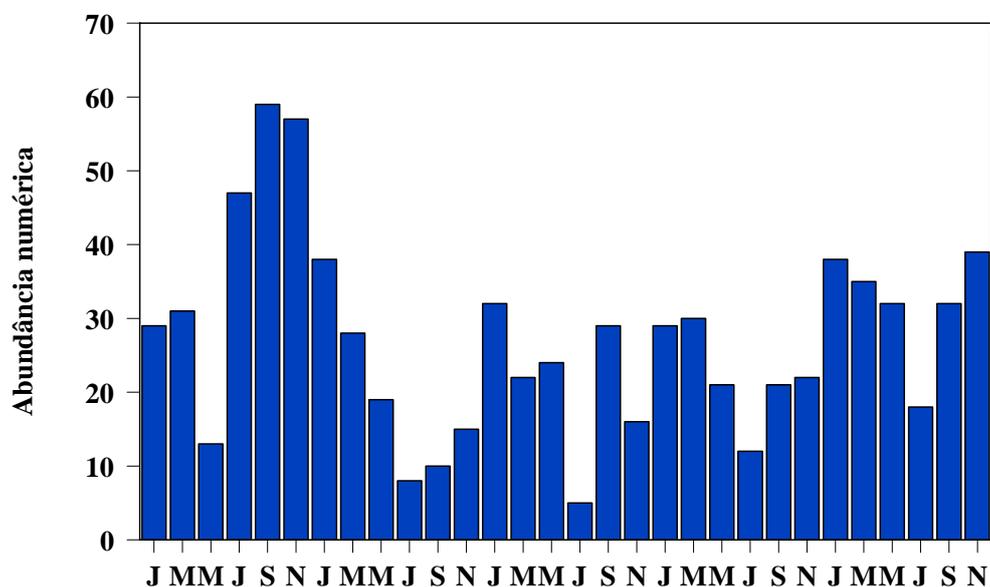


Figura 4.1.3-1- Variação mensal no número total de anfíbios anuros observados na Lagoa de Ubu de janeiro de 2000 a novembro de 2004, evidenciando também grandes variações mensais no número de espécies ao longo dos meses amostrados.

Na análise de agrupamento (Figura 4.1.3-2), ficou evidente que uma espécie foi dominante na abundância numérica ao longo dos cinco anos amostrados, ficando isolada das demais espécies. Dois outros sub-grupos foram formados. O primeiro ficou caracterizado pela presença de *Leptodactylus fuscus*, *Leptodactylus ocellatus*, *Hyla decipiens*, *Scinax fuscovarius*, *Hyla minuta*, *Physalaemus aguirrei* e *Hyla branneri*. O outro sub-grupo com maiores similaridades ficou formado por *Physalaemus crombiei*, *Hyla elegans* e *Hyla albomarginata* (Figura 4.1.3-2).

Distâncias euclidianas (normalizadas)

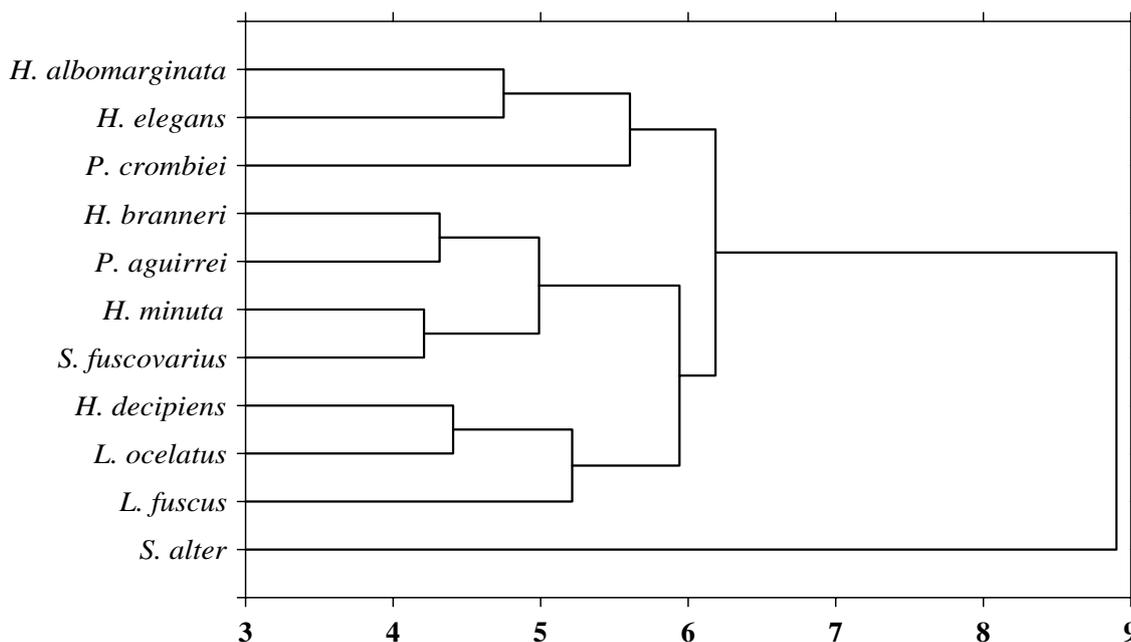


Figura 4.1.3-2- Análise de agrupamento evidenciando as principais similaridades na abundância numérica entre as espécies de anfíbios anuros observados na Lagoa de Ubú entre janeiro de 2000 a novembro de 2004.

Foi feita uma análise de componentes principais para reavaliar também o grau de relacionamento entre as espécies de acordo com as abundâncias mensais. Pelo menos 4 valores tiveram os autovalores (“eigenvalues”) superiores a 1,0 (Figura 4.1.3-3).

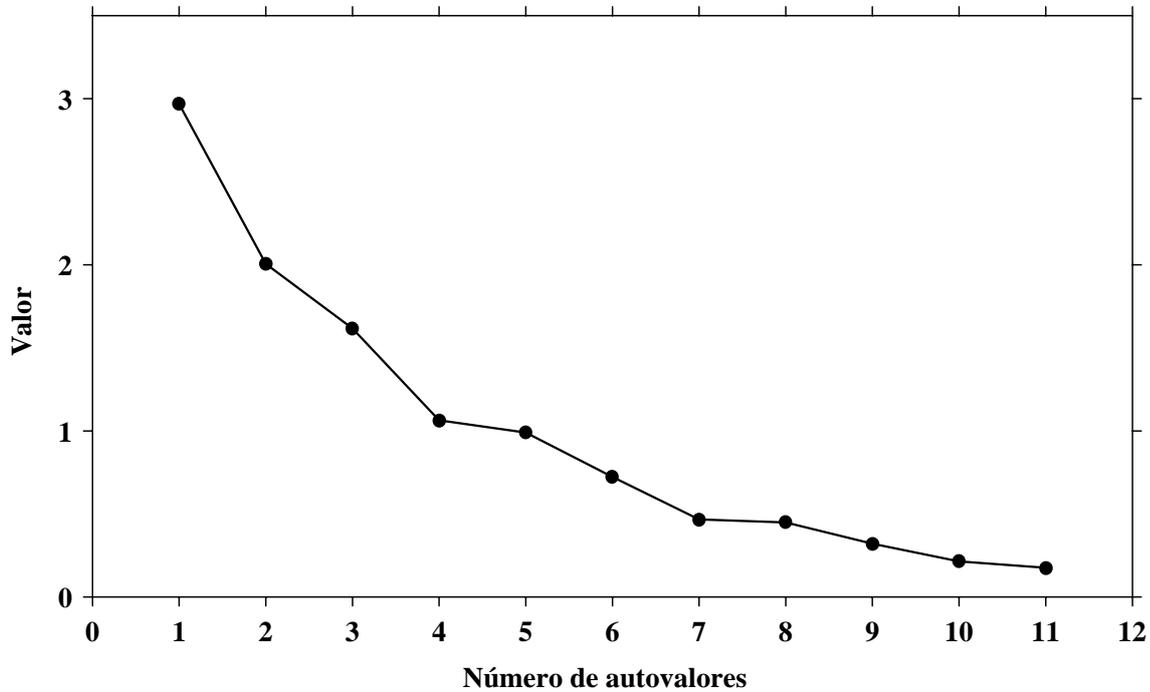


Figura 4.1.3-3- Resultados dos valores superiores a 1,0 (eigenvalues) da análise de componentes principais das espécies de anfíbios anuros observadas na Lagoa de Ubu entre janeiro de 2000 a novembro de 2004.

A análise de componentes principais, entretanto, evidenciou uma distância muito grande entre as espécies no eixo dos fatores da análise (Figura 4.1.3-4). Isto ocorreu devido a baixa abundância da maioria das espécies na Lagoa de Ubu.

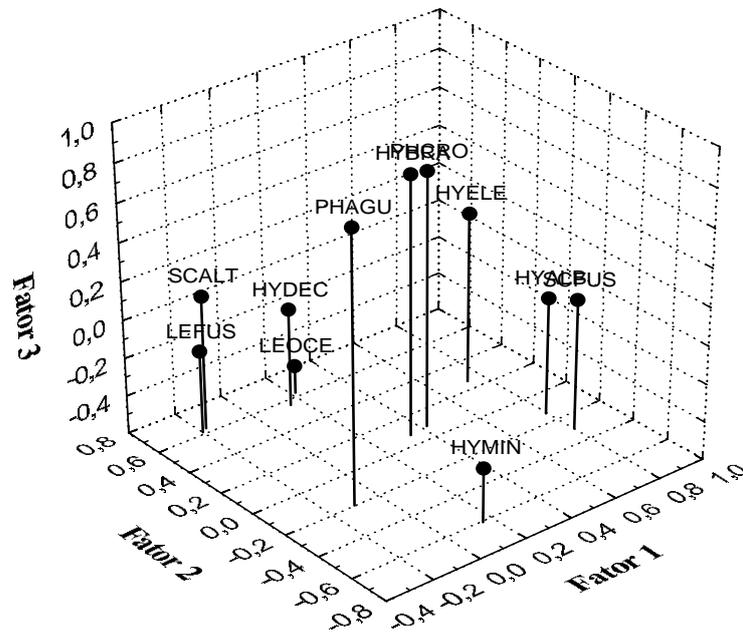


Figura 4.1.3-4- Resultados da análise de componentes principais das espécies de anfíbios anuros observadas na Lagoa de Ubu entre janeiro de 2000 a novembro de 2004, evidenciando as principais associações de espécies.

A análise de variância evidenciou que houve diferença significativa no número total de exemplares coletados nos diferentes anos (Tabela 4.1.3-2). *Bufo crucifer*, entretanto, foi a única espécie que realmente apresentou diferenças significativas nas amostragens. Isto indica que em alguns anos o número de exemplares desta espécie ocorreu com um número elevado (2003 e 2004), mas em outros ficou praticamente ausente (2001). De uma maneira geral, esta lagoa não aparenta ser muito atraente aos anfíbios anuros. Provavelmente, alguma variável deve influenciar de forma negativa para uma utilização mais ampla por estes organismos.

Tabela 4.1.3-2- Resultados das análises de variâncias efetuadas com o número de exemplares observados por ano de amostragem na Lagoa de Ubu, desde janeiro de 2000 até novembro de 2004.

ESPÉCIES	F_{2,24}	P
<i>Bufo crucifer</i>	2,98	0,04
<i>Hyla albomarginata</i>	1,98	0,12
<i>Hyla branneri</i>	1,18	0,34
<i>Hyla decipiens</i>	1,14	0,35
<i>Hyla elegans</i>	0,24	0,91
<i>Scinax alter</i>	0,53	0,71
<i>Scinax fuscovarius</i>	2,61	0,06
<i>Leptodactylus ocellatus</i>	2,38	0,08
<i>Physalaemus crombiei</i>	1,64	0,19
Número Total	2,75	0,05

4.2. COMPARAÇÃO ENTRE OS HABITATS (Barragem Norte vs. Lagoa de Mãe-Bá vs. Lagoa de Ubu)

O índice de diversidade de Shannon-Weaver mostrou muita oscilação durante o período amostrado em todas as três lagoas amostradas (Figura 4.2-1). Houve diferença significativa nos valores médios deste índice entre os habitats (ANOVA: $F_{2,87} = 10,69$; $p < 0,01$). O teste *a posteriori* de Newman-Keuls evidenciou que estas médias variaram na Lagoa de Ubu em relação às demais, o que pode ter ocorrido em função do baixo número de organismos observados nesta última lagoa em todos os meses amostrados.

As maiores flutuações observadas decorrem das variações qualitativas e quantitativas ocorridos em função das estiagens ocorridas na região as quais promovem uma variação no nível de água das lagoas de Mãe-Bá e Ubú. Destaca-se que em maio de 2001, o nível de água na Lagoa de Mãe-Bá caiu muito, com isso, apenas uma espécie foi amostrada, culminando na menor diversidade observada nos cinco anos de estudo (Figura 4.2-1).

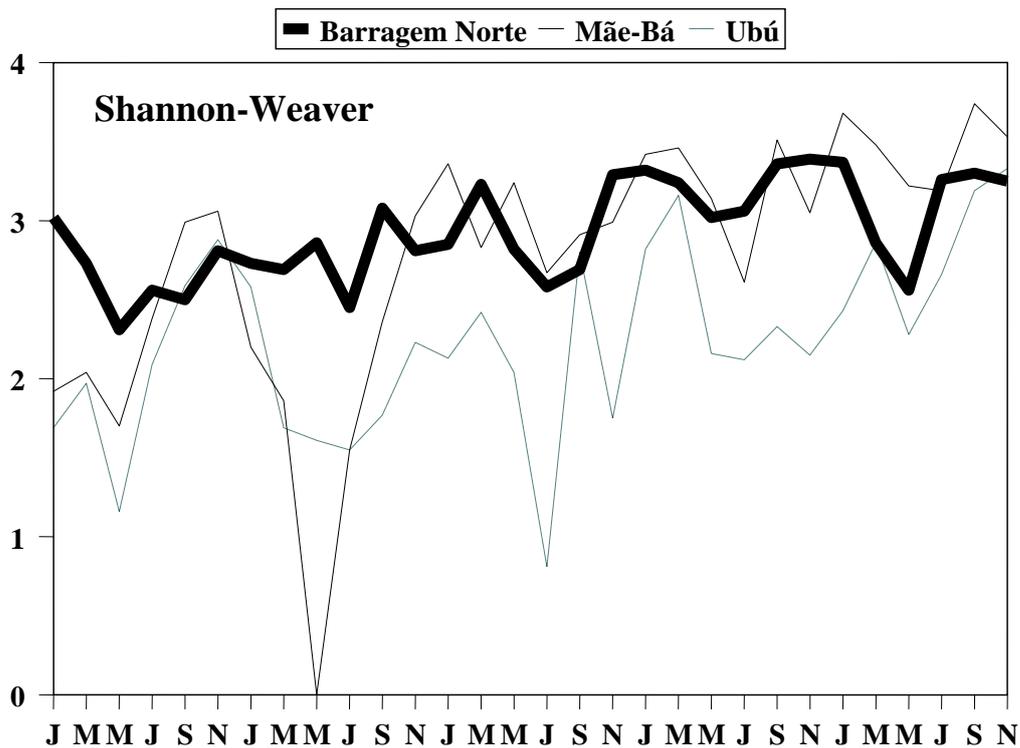


Figura 4.2-1- Variação nos valores dos índices de diversidade específica de Shannon-Weaver obtidos na Barragem Norte, Lagoa de Mãe-Bá e Lagoa de Ubú.

A equitabilidade não diferiu significativamente entre os habitats (ANOVA: $F_{2,87} = 0,58$; $p < 0,56$) (Figura 4.2-2). Os valores evidenciaram uma comunidade com um número equilibrado de espécies. De qualquer forma, trata-se de um índice ecológico enganoso, o qual não reflete adequadamente a variação na estrutura das comunidades. Um exemplo lógico fica relacionado com a Lagoa de Ubu. Esta apresentou baixos valores nas abundâncias numéricas dos anfíbios anuros, mas apresentou alta equitabilidade.

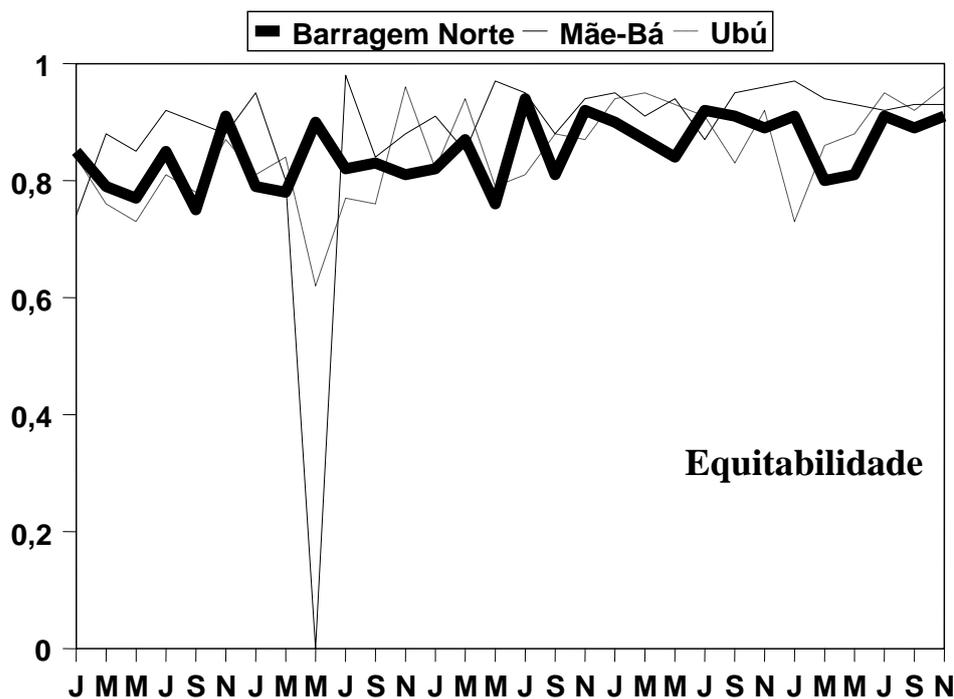


Figura 4.2-2- Variação nos valores da equitabilidade obtidos na Barragem Norte, Lagoa de Mãe-Bá e Lagoa de Ubú.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho inicial desenvolvido com o objetivo de se fazer um diagnóstico rápido da fauna silvestre na área de influência da Samarco, Teixeira & Perrone (1999) descreveram 16 espécies de anfíbios para a região, como resultado de campanhas sazonais ao longo de um ano de amostragens. Amostragens a curto prazo nunca permitem uma avaliação mais precisa sobre a estrutura de qualquer comunidade animal. *Sphaenorhynchus planicola* é até momento uma espécie restrita aos habitats da Lagoa de Mãe-bá, esta espécie não consta no relatório de Teixeira & Perrone (1999).

No geral, nos três pontos de coleta verificou-se ao longo de cinco anos de amostragem uma variabilidade na abundância numérica da maioria das espécies, possivelmente em função das modificações de temperatura. Dentre as espécies estudadas, observou-se que *Bufo crucifer* foi mais abundante a partir de amostragens nos meses de inverno, período de início de desova, a qual está relacionada com o período frio, comportamento que também poderia ser similar para outras espécies de anfíbios anuros que coexistem na área de influência da Samarco.

Os valores relacionados à presença de espécies foi ainda mais crítico em comparações entre os habitats amostrados. O número de exemplares observados declinou muito na situação de outono, o que provavelmente deve ter ocorrido em função do longo período de estiagem, comum na região está inserido o Município de Anchieta. Como a maioria dos anfíbios encontrados ocupam principalmente a vegetação marginal, a diminuição do volume de água, especialmente nas Lagoas de Mãe-bá e Ubu, parecem não atrair um número razoável de espécies para o referido período.

Os cinco anos de coleta permitem avaliar com certeza que a Barragem Norte é o principal local preferido pelos anfíbios, tanto no que se refere a área de alimentação quanto de desova. Na Barragem Norte, a vocalização da maioria das espécies ocorre durante todo o ano, ao contrário das outras duas lagoas.

No período de estudo (30 campanhas), ficou evidenciado que com os resultados obtidos à partir das amostragens na Lagoa de Ubú, não obteve-se dados que pudessem ser satisfatórios para comparação com a Barragem Norte e a Lagoa de Mãe-Bá em função do número de espécies e exemplares amostrados.

As macrófitas aquáticas (*Typha* aff. *dominguenses*, *Eleocharis* sp. e *Lagenocarpus* aff. *rigidus*) desempenham importante papel como habitat para muitas espécies de anfíbios anuros capturados nas lagoas amostradas. Entretanto, algumas preferiram a região marginal da lagoa, ou fazendo postura no solo (Ex. *Physalaemus crombiei* e *P. aguirrei*, assim como outros leptodactilídeos), ou vocalizando sobre as árvores (acácias), como foi o caso de *Hyla faber*. *Scinax argyreornatus* ocorreu principalmente entre as folhas de *Typha* aff. *dominguenses*. A rã-comum (*Leptodactylus ocellatus*) foi encontrada ou dentro da lagoa ou na região marginal. Quando dentro da lagoa, sempre utilizava a vegetação como apoio.

Nas campanhas realizadas em março, maio e julho de todos os anos amostrados, foram observados vários exemplares juvenis de *Leptodactylus ocellatus* e alguns exemplares de *Hyla albomarginata* metamorfoseando. *Bufo crucifer* se acasala e libera os ovos diretamente dentro da água, especialmente na Barragem Norte, como foi observado nas campanhas de maio e em julho na maioria dos anos.

A relação entre o tipo de micro-habitat preferencial por cada espécie é extremamente importante em termos de ocorrência das espécies. Nestes casos de estiagem prolongada, têm-se observado que o volume de água está se distanciando da vegetação nos meses mais críticos, o que poderá ter reflexos inclusive na composição da vegetação.

A sazonalidade ficou evidente com a diminuição de exemplares pertencentes à espécie mais abundante na área de estudo, *H. albomarginata*, ao longo dos meses amostrados, especialmente na Barragem Norte. Tanto na Barragem Norte como na Lagoa de Mãe-Bá, modificações na estrutura das comunidades indicam que alguma variável possa estar interferindo diretamente no sucesso reprodutivo de uma espécie em particular. Dentre todas as variáveis que interferem na composição de uma comunidade, fica complicado tentar encontrar uma resposta clara para o problema atual, uma vez que o sinergismo destas variáveis podem interferir na determinação exata de qual fator pode estar influenciando em um maior grau nas modificações anuais da composição de espécies, tanto na Barragem Norte como na Lagoa de Mãe-Bá.

Estudos enfocando comunidades de anfíbios com maior duração no tempo de coleta tem evidenciado um maior número de espécies de anuros ocupando uma diversidade maior de habitats do que nós obtivemos no presente trabalho. Haddad *et al.* (1988) registraram 29 espécies de anfíbios anuros para o Parque Nacional da Serra da Canastra. Feio (1990) obteve 26 espécies de anfíbios no Parque Estadual de Ibitipoca (MG), com coletas mensais que duraram dois anos e em ambientes muito diversos. Haddad & Sazima (1992) encontraram 24 espécies de anfíbios na Serra do Japi (SP). Rossa-Feres & Jim (1994) encontraram sazonalidade para 22 espécies de anfíbios na região de Botucatu (SP). Feio & Caramaschi (1995) encontraram 46 espécies de anfíbios no médio Rio Jequitinhonha, nordeste do Estado de Minas Gerais. Pombal (1997) encontrou 19 espécies na serra de Paranapiacaba (SP). Giaretta *et al.* (1999) encontrou 16 espécies de anfíbios em área de montanha do sudeste do Brasil.

Os nossos resultados podem ser considerados relevantes se levarmos em consideração a periodicidade das amostras e a relativa restrição dos habitats quando comparados a outros estudos. Certamente, um aumento no período de amostragem, assim como a inclusão de diferentes habitats

(ou microhabitats) poderiam evidenciar a presença de outras espécies na área. Entretanto, é muito provável que este estudo venha amostrando as principais espécies de anfíbios que ocorreram na Barragem Norte, Lagoa de Mãe-bá e Lagoa de Ubu.

Os dados obtidos nas 30 campanhas realizadas permitiram considerável aumento no conhecimento sobre a distribuição e abundância da anurofauna nos três corpos hídricos na área de influência de Samarco Mineração S.A.

A continuidade do estudo permitirá evidenciar com melhor clareza a influência que a estiagem e a proximidade com o ambiente industrial exerce sobre as espécies que ocorrem normalmente na região e ainda fornecer informações mais fidedignas sobre a variação na abundância das espécies, pois, as variações observadas requerem avaliações a longo prazo.

Ressalta-se que os anfíbios em função de bio-ecologia e em particular de sua fisiologia, apresentam-se capazes de evidenciar alterações na qualidade de água em curto, médio e longo prazo, portanto, podem ser considerados como organismos monitores; confirmando a qualidade da água que a Samarco Mineração S.A., descarta na Lagoa de Mãe-Bá.

5.1. CARACTERÍSTICAS E HÁBITOS GERAIS DE ALGUMAS ESPÉCIES

Bufo crucifer - Este Bufonidae, conhecido vulgarmente como sapo-cururu, possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o norte da Argentina, Uruguai e leste do Paraguai até o nordeste do Brasil (Frost, 1985). Morfologicamente, pode ser caracterizado por apresentar glândulas paratóides bem desenvolvidas, ausência de dentes vomerianos ou maxilares. Apresentam a língua longa, bífida e livre na parte posterior. O tímpano é bem desenvolvido. Os dedos anteriores são livres, sendo o primeiro maior que o segundo e igual ao quarto. A pele do dorso apresenta muitos tubérculos. O colorido geral do corpo é castanho, sendo que na região cloacal destacam-se manchas amareladas. Este anfíbio anuro alimenta-se predominantemente de artrópodes, mas pode ser predado pela barata d'água (Haddad & Bastos, 1997). Na área de estudo, o comprimento rostro-anal (CRA) dos exemplares desta espécie variou de 47,2 a 104,2 mm.

Hyla albomarginata - Espécie de Hylidae que pode ser identificada pela presença de uma linha glandular dorso-lateral que se estende do olho até a metade do corpo. A coloração geral é verde-clara, sendo que as membranas interdigitais e partes do fêmur são alaranjadas. Na área de estudo, o comprimento rostro-anal (CRA) dos exemplares adultos desta espécie variou de 32,8 a 56,0 mm.

Hyla branneri - Espécie de tamanho pequeno. O comprimento da cabeça é muito menor que sua largura. O focinho é abreviado e os tímpanos bem pequenos. Abaixo do olho aparecem manchas brancas, com a coloração geral do dorso alaranjada, enquanto que nas laterais e extremidades existem tons amarelados. Os indivíduos coletados na área de estudo mediram entre 11,9 a 24,9 mm CRA.

Hyla decipiens – Conhecida vulgarmente como perereca. Esta espécie possui ampla distribuição na região costeira do Brasil, de Pernambuco ao Rio de Janeiro, esta espécie tem sido também registrada em várias localidades de Mata Atlântica de Minas Gerais (Feio *et al.*, 1998). De pequeno porte (1,8 cm), apresenta coloração dorsal parda homogênea, circundada por uma

“moldura” esbranquiçada, além de uma área clara triangular no focinho. Os exemplares desta espécie coletados na área de estudo mediram de 10,0 a 21,7 mm CRA.

Hyla elegans – Conhecida vulgarmente como perereca-de-moldura. Esta espécie caracteriza-se pela cabeça pequena, focinho curto, tímpano pequeno (não muito distinto). Os dedos anteriores são unidos por membranas em cerca de $\frac{1}{2}$ de seu comprimento e os posteriores em $\frac{4}{5}$. O padrão de coloração do dorso é composto por uma mancha retangular central escura e rodeada por uma área clara. Os exemplares desta espécie coletados na área de estudo mediram entre 18,3 e 31,0 mm CRA.

Hyla minuta - Espécie de pequeno porte, com cabeça tão larga quanto longa e focinho curto. O tímpano é pequeno e pouco distinto. A língua é ligeiramente cortada e livre atrás. Os dedos anteriores são unidos por membrana na base e os posteriores em $\frac{2}{3}$ ou $\frac{4}{5}$. A coloração do dorso é marrom, enquanto que o ventre é amarelado. As características acústicas, tais como o número de cantos emitidos por unidade de tempo e a habilidade do macho durante as interações acústicas com os vizinhos é essencial para a escolha da fêmea durante a reprodução (Haddad & Cardoso, 1992). Os exemplares de *H. minuta* coletados na área amostrada mediram de 14,0 a 21,0 mm CRA.

Hyla faber - Este Hylidae conhecido vulgarmente como sapo-ferreiro, apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o norte da Argentina e sudeste do Paraguai até o nordeste do Brasil (Frost, 1985). Espécie de grande porte e atividade noturna. Durante o período reprodutivo, constroem ninhos na lama, comumente chamados “panelas” ou “piscinas”, onde realizam a postura dos ovos. Aparentemente é uma espécie que entre os locais amostrados prefere mais a região da Barragem Norte. *Hyla faber* variou no comprimento rostro-anal 31,0 a 90,0 mm.

Scinax argyreornatus - Perereca minúscula e florestal, com focinho alongado, apresentando colorido fundamental cinza, bege ou marrom-claro, sobre o qual observa-se ornamentos mais escuros ou mais claros dando um aspecto de casca de árvore (Izeckson e Silva, 2001). Preda principalmente pequenos artrópodes (Teixeira & Vrcibradic, 2004).

Scinax alter - Espécie de perereca de distribuição restrita à Mata Atlântica, ocorrendo desde Santa Catarina até Pernambuco (Lutz, 1973). Apresenta focinho largo na base e estreito na parte anterior. O tímpano é pequeno, a língua é livre na parte anterior e os dedos anteriores são livres. A coloração é geralmente marrom-oliváceo ou parda, podendo variar de intensidade. O comprimento rostro-anal (CRA) dos exemplares capturados na área de estudo variou de 10,0 a 31,0 mm.

Scinax fuscovarius - Este Hylidae, conhecido vulgarmente como perereca-de-banheiro, possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo no sul e sudeste do Brasil, norte da Argentina, Paraguai e leste da Bolívia (Frost, 1985). Apresenta cabeça longa com os tímpanos muito distintos. Os dedos anteriores são unidos por uma membrana na base enquanto que os posteriores são unidos em cerca de $\frac{2}{3}$ de seu comprimento. A coloração do dorso é parda, com manchas indistintas marrom-escuras. Nos antebraços e tíbias, aparecem barras transversais marrom-escuras. O ventre é acinzentado, e as partes inferiores das tíbias e virilhas apresentam tons amarelados. Os indivíduos coletados na área de estudo variaram no comprimento rostro-anal de 38,0 a 49,9 mm.

Sphaenorhynchus planicola – Perereca típica da região litorânea do sudeste do Brasil. É uma espécie de pequeno porte, com padrão de coloração esverdeado com pequenos pontos escuros dispersos pela região dorsal. Os indivíduos coletados na área de estudo variaram no comprimento rostro-anal de 19,8 a 24,5 mm. Esta espécie só ocorreu na Lagoa de Mãe-bá onde foi encontrada principalmente sobre a vegetação aquática (salvínias).

Leptodactylus ocellatus – Conhecida popularmente como rã-manteiga e/ou rã-comum. Apresenta uma mancha preta cordiforme entre os olhos, que se estende para trás quase até a base do occipital. Também apresenta cinco pares de cordões glandulares longitudinais dorsais (Cochran, 1955). É uma espécie que atinge grande tamanho (8cm) e as pernas são bastantes musculosas, o que a faz ser muito apreciada na alimentação (Feio *et al.*, 1998). O comprimento rostro-anal (CRA) dos exemplares de *L. ocellatus* capturados variou de 22,0 a 116,0 mm. Nas lagoas estudadas, *L. ocellatus* preda sobre uma variedade de invertebrados e vertebrados (Teixeira & Vrcibradic, 2003).

Physalaemus crombiei - Apresenta pupila horizontal, sendo os dedos anteriores livres. Término das falanges simples, sem discos adesivos. Na área de estudo, os exemplares foram capturados nas margens, sob e sobre o folhicho. As desovas são envoltas em espuma sobre o folhicho bem próximas ao corpo d'água. Os indivíduos coletados na área de estudo mediram de 9,2 a 26,1mm CRA.

6. EQUIPE TÉCNICA

Rogério L. Teixeira, Biólogo, PhD.

Gladstone I. Almeida, Biólogo, M.Sc.

Ailson Anastácio, Apoio Técnico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDE, P. S. & ANJOS, L. dos. 1999. A distribuição espacial e temporal da anurofauna no Parque Estadual Mata do Godoy, Londrina, Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Comun. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS Sér. Zool.*, Porto Alegre, 12: 127-140
- BERNARDE, P.S., KOKUBUM, M.N.C., MACHADO, R.A. & ANJOS, L. 1999. Uso de habitats naturais e antrópicos pelos anuros em uma localidade no estado de Rondônia, Brasil (Amphibi: Anura). *Acta Amazônica*, 29 (4): 555-562.
- BERNARDE, P.S. & MACHADO, R.A. 2001. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia, Anura). *Cuad. Herpetol.*, 14 (2): 93-104.
- BERTOLUCI, J. 1998. Annual patterns of breeding activity in Atlantic rainforest anurans. *J. Herpetol.*, 32 (4): 607-611.
- CARDOSO, A.J., ANDRADE, G.V. & HADDAD, C.F.B. 1989. Distribuição espacial em comunidade de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, 49 (1): 241-249.
- CASCON, P. 1987. Observações sobre diversidade, ecologia e reprodução na anurofauna de uma área de caatinga. Dissertação de Mestrado. Univ. Federal da Paraíba, João Pessoa. 64 pp.
- DIXO, M.B.O. 2001. Efeito da fragmentação da floresta sobre a comunidade de sapos e lagartos de serrapilheira no sul da Bahia. Tese de Mestrado, IBUSP, São Paulo, 77 p.
- DUELLEMAN, W.E. & TRUEB, L. 1994. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, New York, 670 pp.
- FEIO, R.N. 1990. Aspectos ecológicos dos anfíbios registrados no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais (Amphibia, Anura). Tese de Mestrado, Museu Nacional do Rio de Janeiro, 106 pp.
- FEIO, R.N. & CARAMASCHI, U. 2002. Contribuição ao conhecimento da herpetofauna do nordeste do estado de Minas Gerais, Brasil. *Phyllomedusa*, 1 (2): 105-111.
- FROST, D. R. 1985. *Amphibian Species of the World*. Allen Press and the Association of Systematics Collections, Lawrence, Kansas.
- GASCON, C. & PEREIRA, O.S. 1983. Preliminary checklist of the herpetofauna of the upper Rio Urucu, Amazonas, Brasil. *Revta. Bras. Zool.*, 10: (1): 179-183.
- GIARETTA, A.A., FACURE, K.G., SAWAYA, J.H., MEYER, D.M. & CHEMIN, N. 1999. Diversity and abundance of litter frogs in a montane forest of southeastern Brazil: seasonal and altitudinal changes. *Biotropica*, 31 (4): 659-674.
- HADDAD, C.F.B. & SAZIMA, I. 1992. Anfíbios anuros da Serra do Japi. In, Morellato, L.P.C., História Natural da Serra do Japi. p. 188-211. Editora da UNICAMP/FAPESP, Campinas, 321 p.

- HADDAD, C.F.B. 1998. Biodiversidade dos Anfíbios no Estado de São Paulo. Pp. 17-26. In: Castro, R.M.C. (Ed.), Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do Conhecimento ao Final do Século XX, 6: Vertebrados. FAPESP, São Paulo, 71 pp.
- HEYER, W.R., RAND, A.S., CRUZ, C.A.G., PEIXOTO, O. & NELSON, C.E. 1990. Frogs of Boracéia. *Arq. Zool. (São Paulo)*, 31: 231-410.
- IZECKSOHN, E. & SILVA, S.P.C. 2001. Anfíbios do Município do Rio de Janeiro. Editora UFRJ, Rio de Janeiro, 147 p.
- LEMA, T. & BRAUN, P.C. 1993. Contribuição à herpetologia da Argentina e do Rio Grande do Sul, Brasil por William Wright Milstead (amphibia, Reptilia). *Revta. Bras. Zool.*, 10 (2): 261-287.
- LIPS, K.R., 1999, Mass mortality and population declines of anurans at an upland site in western Panama. *Conservation Biology*, 13: 117-125.
- LUTZ, B. 1973. Brazilian species of *Hyla*. Univ. Texas Press, Austin. 260 pp.
- MACHADO, R.A., BERNARDE, P.S., MORATO, S.A.A. & ANJOS, L. dos. 1999. Análise comparada da riqueza de anuros entre duas áreas com diferentes estados de conservação no município de Londrina, Paraná, Brasil (Amphibia, Anura). *Revta. Bras. Zool.*, 16 (4): 997-1004.
- MENDES, S. L. & PADOVAN, M. P. 2000. A Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Teresa, Espírito Santo. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. Sér.)*, 11/12:73-34.
- PEARMAN, P.B., VELASCO, A.M. & LÓPEZ, A. 1995. Tropical amphibian monitoring: a comparison of methods for detecting inter-site variation in species composition. *Herpetologica*, 51 (3): 325-337.
- PEIXOTO, O.L. 1995. Associação de anuros a bromeliáceas na mata Atlântica. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ciênc. da Vida*, 17 (2): 75-83.
- POMBAL-Jr, J. P. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, 57 (4): 583-594.
- ROSSA-FERES, D. C. & JIM, J. 1994. Distribuição sazonal em comunidades de anfíbios anuros na região de Botucatu, São Paulo. *Rev. Brasil. Biol.*, 54 (2): 323-334.
- ROSSA-FERES, D. C. & JIM, J. 2001. Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros da região noroeste do Estado de São Paulo. *Rev. Brasil. Biol.*, 18 (2): 439-454.
- SILVA, S. P. C., IZECKSOHN, E. & SILVA, A. M. P. T. C. 2000, Diversidade e Ecologia de Anfíbios em Restingas do Sudeste Brasileiro. Pp. 89-97. In ESTEVES, F.A. & LACERDA, L.D. (Eds.), *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. NUPEM/UFRJ, Macaé.
- TEIXEIRA, R. L. & VRCIBRADIC, D. 2003. Diet of *Leptodactylus ocellatus* (Anura; Leptodactylidae) from coastal lagoons of southeastern Brazil. *Cuad. Herpetol., Argentina*, 17 (1-2): 113-120.

TEIXEIRA, R. L. & VRCIBRADIC, D. 2004. Ecological aspects of *Scinax argyreornatus* (Anura, Hylidae) from a cacao plantation in Espírito Santo, southeastern Brazil. *Bolm. Mus. Biol. Mello Leitão* (N. Sér.), Santa Teresa, 17: 35-43.

THOMAZ, L. D. & MONTEIRO, R. 1997. Composição florística da Mata Atlântica de encosta da Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Teresa – Espírito Santo. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão* (N. Sér.), 7: 3-48.

TOCHER, M. D., GASCON, C. & ZIMMERMAN, B. L. 1997. Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: a ten-year study. Pp. 124-137. In: LAURANCE, W.F. & BIERREGAARD, R.O. Jr. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*, The University of Chicago Press, Chicago.

TOLEDO, L. F., ZINA, J. & HADDAD, C.F.B. 2003. Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios anuros do Município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Holos Environment*, 3 (2): 136-149.

VANZOLINI, P. E. 1986. Levantamento Herpetológico da Área do Estado de Rondônia sob a Influência da Rodovia BR 364. Programa Polonoroeste, Ministério da Ciência e Tecnologia, (1): 1-49.

ANEXO 03

RÉPTEIS

**Diagnóstico da Fauna Silvestre na Área de Influência da Usina de Pelotização da
Samarco Mineração S/A, Anchieta (ES)
- Répteis -**

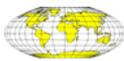
RELATÓRIO FINAL



AUDITECH
Engenharia e Consultoria Ambiental Ltda

Rogério L. Teixeira & Edson C. Perrone

Vitória, 01 de Maio de 1999



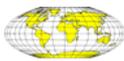
LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº 123/98
CONDICIONANTE 43 e 44

- *Implantar o projeto de estudo da fauna silvestre na área de influência da usina de pelotização.*
- *Após a avaliação diagnóstica de campo da fauna, a SEAMA pode solicitar informações complementares, caso julgue necessário.*

LICENÇA DE INSTALAÇÃO Nº 053/95
CONDICIONANTE 9

“Apresentar Projeto contendo o cronograma e metodologia para trabalho de campo de fauna silvestre, contendo grupo(s) que irá(ão) ser abrangido(s), bem como ciclo temporal a ser estudado não inferior a um ano, incluindo proposta de trabalho de campo (Prazo 60 dias), contemplando:

- a) Plano monitor de fauna terrestre na área de intervenção. Este plano deverá indicar o grupo controle, bem como a área a ser abrangida.*
- b) Diagnóstico de campo da avifauna (de acordo com a indicação da equipe técnica da SEAMA para grupo de controle e de monitoramento) na área de influência a ser considerado em um raio de 20 Km, abrangendo ambientes terrestres e aquático, sendo dado ênfase a Lagoa Maimbá”.*



INTRODUÇÃO GERAL

O presente projeto visa atender as condicionantes contidas no item 9 do parecer técnico elaborado pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Espírito Santo (Licença de Instalação n° 053/95), referente ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para a Ampliação da Usina de Pelotização da Samarco Mineração S/A, localizada no Terminal de Ponta de Ubu, município de Anchieta, Estado do Espírito Santo.

De acordo com o disposto no referido parecer, a Samarco Mineração deve apresentar à Seama os resultados do projeto e metodologias de amostragens dos trabalhos de campo de fauna silvestre, contendo grupos de organismos que foram abrangidos. Entre as propostas do presente estudo, destacamos:

- a) Diagnóstico de campo da fauna silvestre (aves, répteis, anfíbios e mamíferos) na área de influência, a ser considerada em um raio de 10 km, abrangendo ambientes terrestres e aquáticos.*

- b) Estudo de Dinâmica de População de Anfíbios na área de influência direta da Samarco, visando monitoramento ambiental.*

DIAGNÓSTICO FAUNÍSTICO

Compreendeu a caracterização da situação atual dos grupos faunísticos definidos no âmbito deste projeto, na área considerada de influência do empreendimento no raio de 10 Km. Quatro grupos de animais vertebrados foram objetos do presente diagnóstico, a saber: Anfíbios, Répteis, Aves e Mamíferos. Algumas áreas foram escolhidas para representar os locais de amostragens.

O diagnóstico faunístico foi elaborado a partir da coleta de dados de campo (informações primárias) obtidos através de metodologias apropriadas (i.e. observações visuais diretas, capturas, encontros de animais atropelados, registros de vestígios no ambiente e entrevistas com moradores da região). Um acervo fotográfico foi montado a partir de espécimes observados na natureza. Dados secundários (coletas e observações de animais por funcionários da SAMARCO) foram utilizados, mas tendo apenas caráter complementar nas nossas análises.



As coletas de dados de campo foram realizadas trimestralmente, de forma a ter um caráter sazonal (primavera, verão, outono e inverno) e a abrangência de um ciclo anual completo.

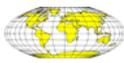
Foi elaborado uma síntese de algumas características ecológicas das espécies de anfíbios, répteis, aves e mamíferos, particularmente no que se refere ao tipo de ambiente, período de atividade, hábito alimentar, grau de residência, estado de conservação e relações com o homem; com base em informações obtidas durante as atividades de campo e através de consultas em bibliografias especializadas.

A estrutura das comunidades animais da área de estudo foram avaliadas através da análise dos seguintes atributos (parâmetros da comunidade): 1) composição de espécies, 2) abundância relativa, 3) índice de riqueza de espécies de Margalef (D), 4) índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e 5) índice de equitabilidade de Pielou (J). Para a comparação faunística entre os diversos tipos de ambientes serão utilizados os índices de similaridade baseado na distância Euclidiana.

ANÁLISE DOS IMPACTOS

O conjunto de informações obtidas nesta etapa precedente (i.e. diagnóstico faunístico) deverá constituir a base de apoio para a análise dos prováveis impactos gerados pelo empreendimento sobre a fauna silvestre da área de estudo. Esta análise compreenderá a identificação, valoração (magnitude) e interpretação dos impactos.

A análise dos impactos deverá fornecer os subsídios necessários para a elaboração dos programas de monitoramento mais a longo prazo.



PROGRAMAS DE MONITORAMENTO

A elaboração de programas de monitoramento compreende a última etapa do presente projeto, e terá como base de formulação o diagnóstico faunístico e a análise de impactos. Como produto final do presente projeto, foi elaborado um programa de monitoramento da fauna, no âmbito do qual foram definidos os seguintes fatores:

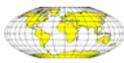
- 1) Animais de controle (grupos ou espécies);
- 2) Parâmetros biológicos de acompanhamento;
- 3) Área de abrangência do estudo e localização dos sítios de amostragens;
- 4) Métodos de amostragem;
- 5) Periodicidade das amostragens (mensal, trimestral ou semestral);
- 6) Métodos de processamento das informações levantadas; e
- 7) Longevidade do acompanhamento

RÉPTEIS

INTRODUÇÃO

Os répteis são representados no Brasil por quatro grupos de organismos com algumas características similares, mas, entretanto, com diferenças morfológicas tão evidentes as quais tem sido questionada atualmente sobre o verdadeiro grau de parentesco entre eles. Estes grupos são: as tartarugas, as cobras e os lagartos no grupo dos esquamatas e os crocodilianos.

A grande maioria dos répteis apresenta hábitos noturnos. Outra característica importante deste grupo é a capacidade de variar de cores de acordo com os microhabitats, o que os confunde com o meio, dificultando a visualização. Algumas espécies são fossoriais, vivendo enterrado na maior parte do tempo. Variações sazonais no habitat usado por alguns répteis tem sido mais comumente documentado para regiões temperadas, onde algumas espécies que hibernam nos meses frios localizam-se em habitats que diferem relevantemente daqueles que ocupam durante os meses mais quentes e de maior atividade (Reinert, 1993).



Recentemente, tem sido descrito uma série de artigos envolvendo, entre os répteis, principalmente a organização das comunidades de lagartos em vários habitats da América do Sul (Vitt & Zani, 1998). Estes estudos tem se baseado primariamente sobre a utilização de microhabitats, período de atividade e uso das presas acessíveis.

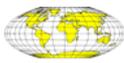
O objetivo do estudo deste grupo foi o de se fazer um levantamento das espécies de répteis que ocorrem na área da SAMARCO. Utilizamos a contagem direta para avaliar a abundância numérica.

MATERIAL E MÉTODOS

As observações diurnas (13:00 às 16:00h) e noturnas (20:00 às 21:30h) foram feitas sazonalmente durante três dias consecutivos nos seguintes períodos: junho/julho (inverno), setembro/ outubro (primavera), dezembro de 1997 (verão) e em março de 1998 (outono). As amostragens foram baseadas em contagens direta de acordo com transecções aleatórias dentro da área de influência da SAMARCO. Alguns poucos exemplares capturados foram mortos no laboratório com clorofórmio e fixados em solução de formalina a 10,0%. Espécimens testemunhos foram depositados na coleção zoológica do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão.

Os seguintes índices ecológicos foram empregados: 1) composição de espécies, 2) abundância relativa, 3) índice de riqueza de espécies de Margalef (D), 4) índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e 5) índice de equitabilidade de Pielou (J). Os cálculos matemáticos foram feitos no *software* Estatística (Versão 5) e foi utilizando o programa MSXECP-II (Perrone, 1990). Diferenças nas observações sazonais foram feitas utilizando a análise de variância de Kruskal-Wallis, sendo estação do ano como variável independente, e número de exemplares contados como variável dependente.

Na primeira campanha foram utilizados um total de 50 *pit-falls* durante quatro dias consecutivos (total: 200 amostragens). Foi capturado apenas uma espécie de réptil geckonidae (*Gimnodactylus darwini*). Consideramos o esforço muito grande para uma captura tão baixa e cancelamos o uso de armadilhas nas demais amostragens dos répteis.



RESULTADOS & DISCUSSÃO

Relação de espécies

Onze espécies de répteis, pertencentes à 3 famílias (Gekkonidae, Tropiduridae, Teiidae, Scincidae, Boidae, Colubridae e Viperidae) e 2 sub-ordens (Serpentes e Sauria), foram registradas na área de influência da usina de pelotização da Samarco Mineração S/A, município de Anchieta, Espírito Santo. Estas espécies estão relacionadas abaixo, obedecendo-se um ordenamento alfabético (espécies dentro das famílias) e filogenético (famílias e ordens) (Pough *et al.*, 1993).

ORDEM SQUAMATA

SUB-ORDEM SAURIA

FAMÍLIA TROPIDURIDAE

Tropidurus torquatus (Wied, 1820) - calango

FAMÍLIA GEKKONIDAE

Hemidactylus mabouia (Moreau de Jonnés, 1818) - lagartixa

Gymnodactylus darwini (Gray, 1845) - lagartixa

FAMÍLIA TEIIDAE

Tupinambis teguixin (Linnaeus, 1758) - lagarto, teiú

Ameiva ameiva (Linnaeus, 1758) - calango-verde

FAMÍLIA SCINCIDAE

Mabuya agilis

SUB-ORDEM SERPENTES

FAMÍLIA BOIDAE

Boa constrictor Linnaeus, 1758 - jibóia

FAMÍLIA COLUBRIDAE

Helicops carinicaudus (Wied, 1825) - cobra-d'água

Liophis miliaris (Linnaeus, 1758) - cobra-d'água

Philodryas patagoniensis (Girard, 1857) - parelheira

Bothrops jararaca - preguiçosa



Abundância

A tabela I apresenta os valores de abundância absoluta e relativa das espécies de répteis coletadas e ou observadas na área de estudo, durante todas as campanhas realizadas até o presente momento. Como podemos verificar, a espécie mais abundante foi *Tropidurus torquatus* (Sauria: Tropiduridae), que representou 78,3% dos exemplares observados. *Hemidactylus mabouia* (Sauria: Gekkonidae) foi a segunda espécie numericamente dominante, seguida por *Helicops carinicaudus* (Ophidia: Colubridae). As demais espécies foram numericamente pouco relevantes. A equitabilidade e a riqueza de espécies apresentaram baixos valores, evidenciando que quando uma espécie predomina com altos valores de abundância, isto vai se refletir em baixo equilíbrio de espécies que compõem a comunidade.

Tabela I - Abundância numérica absoluta e relativa das espécies de répteis observados na área da SAMARCO

Espécie	N	%
<i>Hemidactylus mabouia</i>	34	11,5
<i>Gymnodactylus darwini</i>	7	2,4
<i>Tropidurus torquatus</i>	231	78,3
<i>Tupinambis teguixin</i>	2	<0,1
<i>Ameiva ameiva</i>	3	1,1
<i>Mabuya agilis</i>	2	<0,1
<i>Boa constrictor</i>	3	1,1
<i>Helicops carinicaudus</i>	6	2,0
<i>Philodryas patagoniensis</i>	2	<0,1
<i>Liophis miliaris</i>	4	1,3
<i>Bothrops jararaca</i>	1	<0,1
TOTAL	295	100,0

O número de espécies em cada família foi relativamente baixo e equilibrado entre estas (Fig. 1). A família colubridae foi a que apresentou o maior número de espécies, representando 27,3% do total (Fig 1A). As demais foram pouco representadas no total. Com relação ao número total de exemplares observados, obviamente que a família Tropiduridae foi a dominante, pois *T. torquatus* superou todas as outras espécies presentes (Fig. 1B).



Foi feita análise da variação da abundância numérica por campanha. *Tropidurus torquatus* foi a espécie de réptil mais abundante em todas as campanhas realizadas até o presente momento. Os valores percentuais desta espécie variaram de 63,1 a 84,8 %, colocando em evidência a importância deste lacertídeo na região estudada. As demais espécies foram pouco representadas. Apenas *Hemidactylus mabouia* foi relativamente constante, pois trata-se de uma espécie exótica e com grande capacidade para se adaptar a diferentes habitats. No geral, não houve diferença significativa entre estações (ANOVA Kruskal-Wallis= 0,78; graus de liberdade= 3; p= 0,8529).

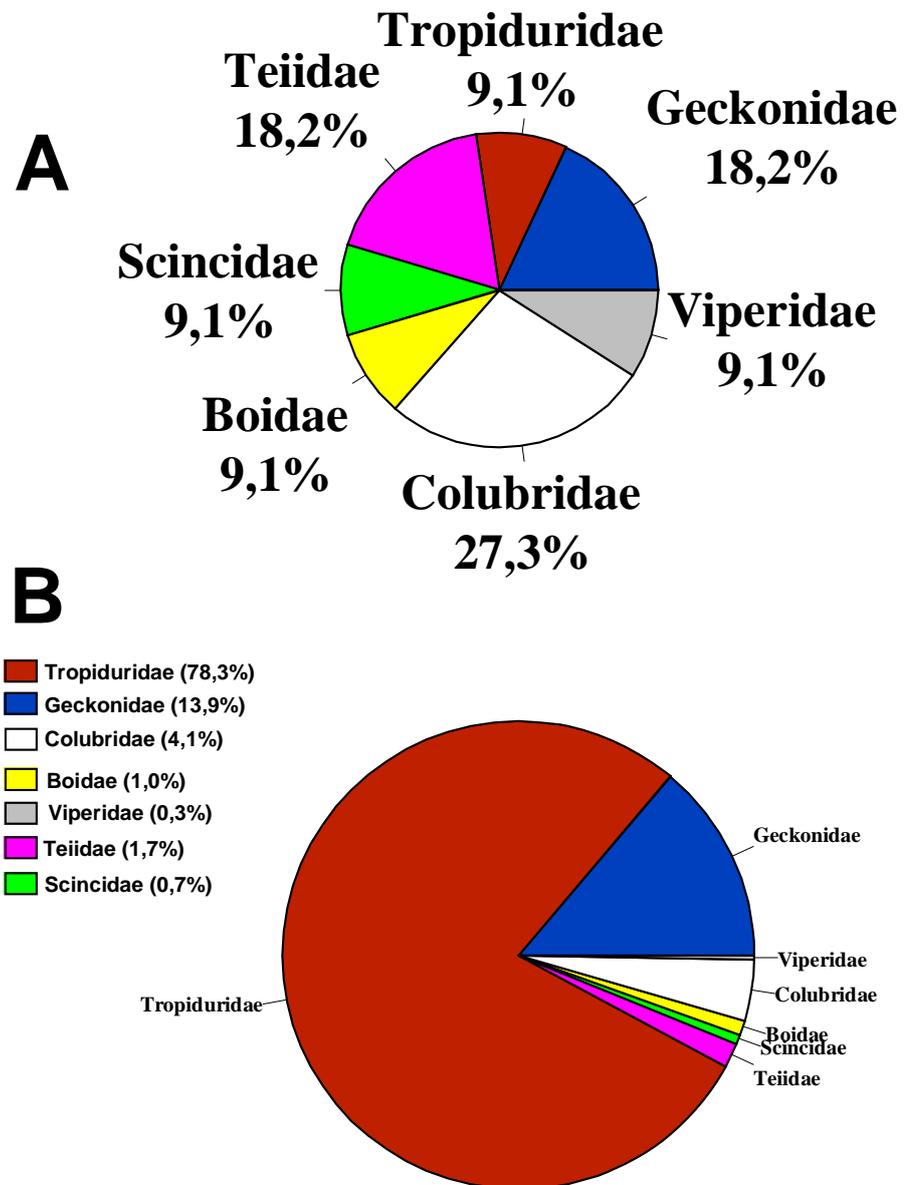
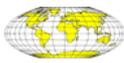


Fig. 1- Relação percentual da dominância numérica por famílias de répteis. A) número de espécies presentes em cada família. B) número total de indivíduos dentro de cada família.

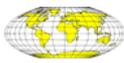
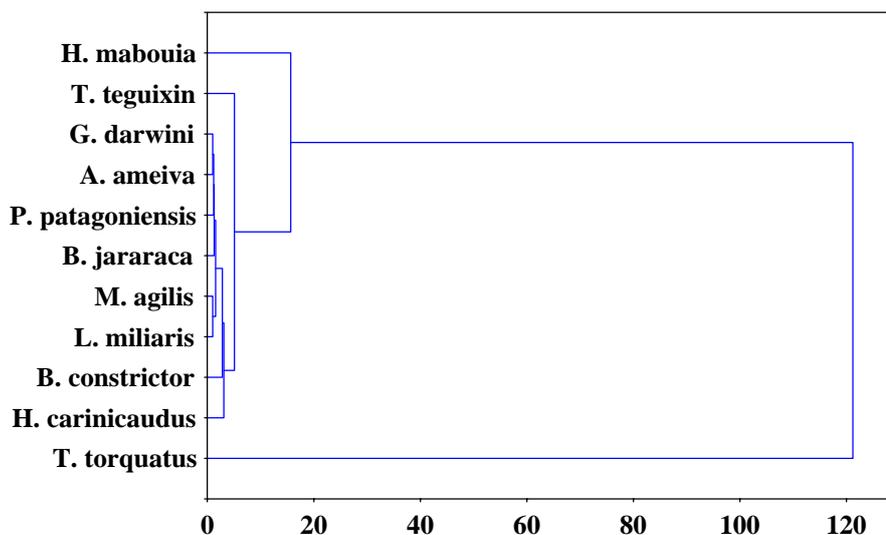


Tabela II - Abundância numérica por mês de amostragem das espécies de répteis observados na área da SAMARCO

Espécies	Jun/jul		set/out		dez		março	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>Hemidactylus mabouia</i>	9	8,0	7	11,9	7	10,1	11	19,3
<i>Gymnodactylus darwini</i>	5	4,5	-	-	-	-	2	3,5
<i>Tropidurus torquatus</i>	95	84,8	43	72,9	57	82,6	36	63,1
<i>Tupinambis teguixin</i>	-	-	1	1,7	-	-	1	1,7
<i>Ameiva ameiva</i>	-	-	1	1,7	1	1,5	1	1,7
<i>Mabuya agilis</i>	-	-	-	-	1	1,5	2	3,5
<i>Boa constrictor</i>	-	-	3	5,1	-	-	-	-
<i>Helicops carinicaudus</i>	2	1,8	2	3,4	2	3,0	-	-
<i>Philodryas patagoniensis</i>	1	0,9	1	1,7	-	-	1	1,7
<i>Liophis miliaris</i>	-	-	1	1,7	1	1,5	2	3,5
<i>Bothrops jararaca</i>	-	-	-	-	-	-	1	1,7

A análise de agrupamento evidenciou as principais associações entre as espécies (Fig. 2). *Tropidurus torquatus* formou um grupo a parte das demais, pois além de ocorrer com altos valores numéricos durante todas as campanhas, esta espécie também ocorre em uma diversidade de habitats. *Hemidactylus mabouia* também isolou-se das demais espécies, principalmente por se tratar de uma espécie exótica e também ocorrer em uma diversidade de habitats, mas foi numericamente muito inferior na abundância quando comparada a *T. torquatus*. As demais espécies formaram pequenos subgrupos de espécies pouco abundantes e com predomínio sazonal.

Distância Euclidiana



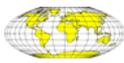


Fig. 2 – Relação de similaridades entre as espécies de répteis observados na região da SAMARCO.

CARACTERÍSTICAS E HÁBITOS GERAIS DAS ESPÉCIES

Hemidactylus mabouia - Este Gekkonidae, conhecido popularmente como "taruíra-de-parede", é um elemento exótico da herpetofauna local, provavelmente originária da África (Vanzolini, 1986). Vive em edificações humanas, embora ocasionalmente possa ser encontrada em outros tipos de ambientes (Araújo, 1984). Possui cabeça achatada, larga e olhos grandes. Colorido muito variável. Possui pupila vertical lobada e grânulos e tubérculos no dorso. É um animal noturno que caça e espera insetos, freqüentemente espreitados junto à luz. Aranhas, homópteros e isópodos terrestres fazem parte das preferências alimentares desta lagartixa da planície litorânea do norte do Espírito Santo (Zamprogno & Teixeira, 1998). A fêmea põe de cada vez dois ovos de casca calcárea, que ficam em frestas ou dentro de pilhas de materiais de construção, lenha, etc (Vanzolini et. al., 1980).

Gymnodactylus darwini - Este Gekkonidae, conhecido popularmente como "taruíra", era considerada até pouco tempo, uma subespécie de *G. geckoides*. Trata-se de um lagarto pequeno, de atividade aparentemente noturna. Alimenta basicamente de insetos. Pode ser encontrado tanto em troncos de árvores como no chão da mata.

Tropidurus torquatus - É um lagarto terrícola, de grande valência ecológica. Possui corpo robusto e moderadamente deprimido. As escamas dorsais são quilhadas e mucronadas, e as escamas ventrais arredondadas ou romboides, lisas. Alimenta-se de artrópodes, especialmente de formigas, coleópteros, abelhas, cupins e aranhas (Teixeira & Giovanelli, *in press*). Caça e espera, mas eventualmente pode modificar sua estratégia de alimentação. O macho é maior que a fêmea e defende um território. A fêmea é ovípara, com ninhadas de 4 a 14 ovos, dependendo do tamanho (Vanzolini et al., 1980).

Ameiva ameiva - Trata-se de um lagarto terrícola, diurno, conhecido popularmente com "calango-verde". As escamas dorsais são granulares e as ventrais retangulares. Pálpebra granulosa, com uma janela formada por escamas altas. Coloração do dorso tipicamente verde. Ocorre em formações abertas e coloniza rapidamente áreas desmatadas. Freqüentemente se insinua na floresta, seguindo



caminhos que lhe forneçam insolação direta. A fêmea pode ter várias ninhadas por ano, cada uma com 5 a 6 ovos (dependendo do tamanho da fêmea). Na área estudada parece ser uma espécie pouco comum.

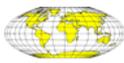
Tupinambis teguixin - Esta espécie, conhecida popularmente como "lagarto" ou "teiú", caracteriza-se pelo grande porte, podendo atingir até 490 mm de comprimento rostro-anal. Tem hábito terrícola, territorial, e utiliza tocas como abrigo. Corpo e membros robustos. Escamas dorsais glandulares e ventrais retangulares. Colorido geral do corpo marmoreado de cinza e preto. Alimenta-se de invertebrados, pequenos vertebrados, ovos, frutos e carniça (Vanzolini et al., 1980). A fêmea tem, provavelmente, apenas uma ninhada de 13 a 29 ovos por ano.

Helicops carinicaudus - Esta espécie de serpente, conhecida popularmente como "cobra-d'água", foi descrita a partir de exemplares procedentes do rio Itapemirim, Estado do Espírito Santo (Peters & Orejas-Miranda, 1970). Trata-se de uma serpente eminentemente aquática, que se alimenta de peixes.

Philodryas patagoniensis - Serpente de hábitos sub-arborícola ou terrícola, apresentando maior atividade nas horas mais quentes do dia (Sazima & Haddad, 1992). Alimenta-se de pequenos vertebrados, incluindo aves, lagartos, serpentes e anfíbios.

Boa constrictor - Trata-se de uma serpente de grande porte, conhecida popularmente com jibóia. Esta serpente pode ser facilmente reconhecida pela presença de vestígios de membros posteriores (os esporões). Embora apresente pupila vertical, cabeça triangular provida de escamas pequenas e irregulares (características utilizadas no reconhecimento de serpentes venenosas), trata-se de uma espécie inofensiva para o homem. Esta espécie possui ampla distribuição geográfica na América do Sul, ocorrendo em diversos tipos de ambientes. Pode ser encontrada tanto no chão como sobre a vegetação. Possui atividade diurna e noturna (Vanzolini et al., 1980), e subjuga suas presas por constrição. Sua dieta é constituída de mamíferos (principalmente roedores), aves e lagartos. É uma espécie vivípara, parindo de 20 a 50 filhotes (Vanzolini et al., 1980).

Helicops carinicaudus - Esta espécie de serpente, conhecida popularmente como "cobra-d'água", foi descrita a partir de exemplares procedentes do rio Itapemirim, Estado do Espírito Santo (Peters & Orejas-Miranda, 1970). Trata-se de uma serpente eminentemente aquática, que se alimenta de peixes.



Liophis miliaris - Esta serpente também é conhecida popularmente como "cobra-d'água" possui atividade noturna (mas pode estar ativa também durante o dia). Tem hábitos semi-aquáticos, ocorrendo nas proximidades de ambientes aquáticos (alagados, lagoas, remansos em água corrente, etc). Alimenta-se principalmente de anfíbios.

Philodryas patagoniensis - Serpente de hábitos sub-arborícola ou terrícola, apresentando maior atividade nas horas mais quentes do dia (Sazima & Haddad, 1992). Alimenta-se de pequenos vertebrados, incluindo aves, lagartos, serpentes e anfíbios.

ANÁLISE DOS RÉPTEIS

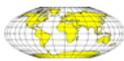
Os répteis compõem o primeiro grupo de vertebrados na escala evolutiva que completam todo o seu ciclo de vida na terra, embora existam espécies adaptadas à vida aquática. Com o formato do corpo variado (serpentes, lagartos, etc), habitam locais diversificados como: enterrados no solo, sob a vegetação do substrato, nas copas de árvores ou na água.

Na América do Sul, ocorre a maior diversidade de répteis com aproximadamente 1.115 espécies identificadas. Muitas destas espécies possuem distribuição ampla pelo continente, enquanto que outras possuem distribuição restrita a determinadas regiões.

No Brasil, os processos de fragmentação dos ecossistemas estão em processo acelerado, provocando o desaparecimento de várias formas de répteis, principalmente quando se considera a Mata Atlântica.

No Estado do Espírito Santo, incluído dentro do domínio da Mata Atlântica, os processos de fragmentação de ecossistemas vêm ocorrendo desde ao início da colonização e seus efeitos são agravantes devido à escassez de informações sobre os seus recursos faunísticos.

Assim, o impacto sobre a fauna de répteis pode ser diferenciado, onde, determinadas espécies não sobrevivem às alterações ambientais imediatas, enquanto que outras



deslocam-se para áreas adjacentes ao impacto. Entre as várias espécies de répteis, pelo menos duas encontram-se entre as que se adaptaram às situações adversas devido a influências antropomórficas: *Tropidurus torquatus* e *Hemidactylus mabouia*. Estas duas espécies podem ser observadas facilmente em toda a área de influência da SAMARCO. Entretanto, as demais espécies, sendo a maioria com atividades noturnas, são de difícil visualização, o que dificulta qualquer trabalho de monitoramento das espécies.

Devido às características do grupo, não indicáramos os répteis como bons representantes para o monitoramento da SAMARCO.

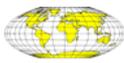
CONCLUSÃO

O monitoramento ambiental, realizado em período curto, reflete, apenas, uma situação momentânea do ciclo de vida de determinadas espécies. Fatores diversos, que dificilmente podem ser identificados, podem estar atuando sobre os organismos que modificam consideravelmente sua estrutura populacional, não permitindo estabelecer padrões definitivos para comparações futuras.

O estudo sinecológico ampliado, principalmente considerando a estrutura de comunidade, estabelecendo um padrão de monitoramento de determinado grupo faunístico, como por exemplo, os anfíbios, podem, além de fornecer dados importantíssimos para a comunidade científica, apresentar dados de controle para qualquer necessidade de apontamento de impacto ambiental, seja positivo ou negativo. Neste sentido, temos que levar em consideração não somente a empresa fomentadora do estudo, mas também os órgãos ambientais fiscalizadores.

Conforme analisado neste documento, a fauna estudada apresenta-se com diferente grau de complexidade. Estas diferenças estão relacionadas, naturalmente, com a condição amostral dos grupos. Determinados grupos faunísticos são encontrados e capturados com maior facilidade do que outros, permitindo assim, uma maior tomada de dados e, conseqüentemente, maiores informações sobre a estrutura de sua população.

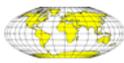
Desta forma, o monitoramento da fauna de anfíbios (grupo controle), considerando aspectos relacionados à estrutura de comunidade, seria de extrema importância no que se refere ao acompanhamento de modificações decorrentes das alterações do meio.



Assim, baseado em observações em uma escala de tempo maior, pode-se obter uma visão ampliada do espectro populacional dos anfíbios na área analisada e, sem sombra de dúvidas, estaremos garantido o conhecimento mais preciso dos aspectos que podem influir em alterações a nível do relacionamento entre espécies. A partir de um conjunto maior de dados, será possível apontar modificações estruturais sobre as comunidades analisadas e indicar medidas mitigadoras, garantindo, conforme deve ser o interesse maior da Samarco, uma melhor qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- Araújo, A. F. B. 1984. Padrões de divisão de recursos em uma comunidade de lagartos de restinga. *In: Restingas Origem, Estrutura, Processos*. L. D. Lacerda, D. S. D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq (orgs.). Centro Editorial da Universidade Federal Fluminense, Niterói. p. 327-342.
- Perrone, E. C. 1990. MSXEC-II. Um programa para estudos sobre dinâmica de populações. *IX Seminário Interno de Pesquisa na UFES*,
- Peters, J. A. & Orejas-Miranda, B. 1970. Catalogue of the Neotropical Squamata. Part I. Snakes. *Bull. U.S. Nat. Mus.* 297:1-347.
- Pough, F. H.; Heiser, J. B. & McFarland, W. N. 1993. *A Vida dos Vertebrados*. São Paulo, Atheneu Editora São Paulo. 839 pp.
- Reinert, H. K. 1993. *Habitat selection in Snakes*. Pp. 201-240. *In: Seigel, R.A. & J.T. Collins, Snakes: Ecology and Behavior*. McGraw-Hill, Inc., New York, 414 pp.
- Sazima, I. & Haddad, C. F. B. 1992. Répteis da Serra do Japi: notas sobre história natural. *In: Morellato, L.P.C. (Org.), História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp, Campinas.
- Scott, N. J., Jr. & Campbell, H. W., 1982, A chronological bibliography, the history and status of studies of herpetological communities, and suggestions for the future research, pp. 221-239. *In: Scott, N.J., Jr. (Ed.). Herpetological Communities*. Wildlife Research Report 13, Washington D.C.



- Teixeira, R. L. & Giovanelli, M. *In press*. Ecologia de *Tropidurus torquatus* (Sauria: Tropiduridae) da restinga de Guriri, São Mateus-ES. *Rev. Brasil. Biol.*
- Toft, C. A. 1985. Resource partitioning in amphibians and reptiles. *Copeia*, 1985: 1-21.
- Vanzolini, P. E. 1986a. Levantamento herpetológico da área do estado de Rondônia sob a influência da rodovia BR.364. Relatório de Pesquisa nº 1, Progr. Polonoroeste, MCT-CNPq.
- Vanzolini, P. E., A. M. M. Ramos-Costa & L. J. Vitt. 1980. *Répteis das Caatingas*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 161 pp.
- Vitt, L. J. & Zani, P. A. 1998. Ecological relationship among sympatric lizards in a transitional forest in the northern Amazon of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 14: 63-86.
- Zamprogno, C. & R. L. Teixeira. 1998. Hábitos alimentares da lagartixa-de-parede *Hemidactylus mabouia* (Reptilia, Gekkonidae) da planície litorânea do norte do Espírito Santo, Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, 58 (1): 143-150.

ANEXO 04

AVES

SAMARCO

**MONITORAMENTO DA
AVIFAUNA EM
PONTA UBU**

Relatório Final

Abril - 2004

Equipe técnica responsável por este relatório

Márcia Viegas Greco de Andrade
Bióloga - CRBio 16180/4-D

Marco Antônio de Andrade
Biólogo - CRBio 16193/4-D

SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Objetivos	5
3. Materiais e métodos	5
3.1. Área de estudo	5
3.2. Metodologia	7
3.3. Análise de dados	8
3.3.1. Curva de esforço amostral	8
3.3.2. Índice de similaridade de espécies	8
3.3.3. Índice de Linsdale	8
4. Resultados	9
4.1. Composição da avifauna no Brasil e na Mata Atlântica	9
4.2. Composição da avifauna em áreas no Espírito Santo	9
4.3. Esforço amostral ou curva de acumulação para as espécies de aves	11
4.4. Composição da avifauna em Ponta Ubu	11
4.4.1. Composição da avifauna nos ambientes estudados em Ubu	13
4.4.2. Composição da avifauna em áreas amostrais estudadas em Ubu	14
4.4.3. Composição da avifauna quanto ao hábito alimentar	15
4.5. Similaridade entre as espécies de aves registradas em cada área	17
4.6. Espécies ameaçadas, endêmicas ou raras	17
4.7. Espécies migratórias	18
4.8. Espécies utilizadas como xerimbabo	18
4.9. Espécies cinegéticas	18
4.10. Registros visuais e auditivos em transectos estabelecidos em três áreas de amostragem em Ponta Ubu	19
4.11. Novos registros de avifauna para Ponta Ubu	26
4.12. Captura e marcação de aves em Ponta Ubu	29
4.13. Espécies e famílias de aves anilhadas	33
5. Referências bibliográficas	34
Anexo A: Lista geral da avifauna registrada em Ponta Ubu	37
Anexo B: Fotos de aves monitoradas em Ponta Ubu	44
Anexo C: Mapa de localização dos pontos de monitoramento da avifauna em Ubu ...	57

1. INTRODUÇÃO

A Samarco realiza, desde 1997, o levantamento e a identificação da fauna de vertebrados (anfíbios, répteis, mamíferos e aves) em Ponta Ubu, abrangendo os ambientes terrestre e aquático. Para a Samarco, conhecer a biodiversidade e os recursos naturais do município onde vivemos é uma questão de cidadania. A integração da empresa com a comunidade onde atua é um importante valor para a Samarco, deixando claro o seu comprometimento com as questões ambientais (Lopes, 2003).

Assim, em cumprimento à Condicionante Ambiental nº 44, referente a Licença de Operação GAI / nº 014 / 2002 / Classe IV, emitida em 27/12/02, realizou-se o monitoramento da avifauna na Unidade Ponta Ubu da Samarco Mineração, em Anchieta, ES.

A Mata Atlântica é reconhecida internacionalmente como um dos 25 *hotspots* identificados no mundo, ou seja, áreas que contém número excepcionalmente elevado de espécies endêmicas e ameaçadas e que se encontram sob fortes pressões devidas às atividades humanas (Mittermeier *et al*, 1999).

O Estado do Espírito Santo, com 45.597 Km², possuía originalmente 90% de sua superfície coberta por Mata Atlântica. Atualmente, as restingas ocupam uma área correspondente a 0,39% dos remanescentes florestais (Lopes, 2003).

Em relação ao litoral do Espírito Santo, os resultados dos estudos para "Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos", promovido pelo Ministério do Meio Ambiente em 2000, apontaram a área como estando sob alta pressão antrópica (MMA/CI, 2000).

Considerando os vertebrados terrestres, o grupo mais numeroso na Mata Atlântica é o das aves, com 1020 espécies, sendo que 10% enquadram-se em alguma categoria de ameaça. Apesar da avifauna ser historicamente um dos grupos mais bem conhecidos no Brasil, um melhor detalhamento é necessário no sentido de compreender os processos que atualmente governam as populações na comunidade de aves, sob constante pressão antrópica, em áreas de Mata Atlântica. Desta forma, é possível estabelecer critérios para eventual manejo e definir estratégias de conservação ambiental, incluindo as espécies e seus habitats.

Nesta perspectiva, foram realizadas quatro campanhas de monitoramento da avifauna na área da Samarco, em Ponta Ubu, Anchieta, ES. Este relatório reúne e analisam as informações coletadas durante as campanhas realizadas em Ponta Ubu, no período de um ano.

2. OBJETIVOS

Geral

- Realizar o monitoramento da avifauna na Unidade da Samarco em Ponta Ubu, Anchieta, ES.

Específicos

- ↪ Avaliar a presença de espécies endêmicas, raras e/ou ameaçadas de extinção e propor estratégias de conservação para essas espécies e seus habitats;
- ↪ Realizar a captura e o anilhamento (marcação) de aves para avaliar os deslocamentos, a adaptabilidade da avifauna nas áreas de estudo e parâmetros populacionais dentro da comunidade de aves em Ponta Ubu;
- ↪ Definir e monitorar espécies bioindicadoras que ocorrem na região;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Localização

O monitoramento da avifauna foi realizado na Unidade de Ponta Ubu da Samarco Mineração (24k 0335106 UTM 7702122), localizada no município de Anchieta, ao sul do Espírito Santo, em região de domínio do Bioma Mata Atlântica. A Unidade de Ponta Ubu possui cerca de 800 ha e a altitude varia entre 12 e 45 m.

Relevo

O município de Anchieta, ao longo do litoral e calha dos rios que compõem sua bacia hidrográfica, é marcado pela presença de terrenos quaternários planos (areias marinhas, sedimentos fluviais, lagunares e manguezais). As formações terciárias, suavemente onduladas, aparecem delimitando estes terrenos. São os tabuleiros que, em Ponta Ubu, chegam a entrar em contato com a linha da costa. A erosão constante do mar atuando nesses terrenos argilosos deu origem aos paredões abruptos denominados falésias. Estas formações estão presentes no litoral em frente à propriedade da Samarco, nos arredores do Porto Marítimo de Ubu.

Lagoas costeiras

A região de Ponta Ubu apresenta significativa riqueza de áreas úmidas, com a presença de importantes lagoas costeiras e vegetação alagada. As principais lagoas são: Mãe-bá, Ubu e Barragem Norte. A lagoa de Mãe-bá é de planície costeira de origem natural. Constitui a maior lagoa costeira do estado, com 4,6 Km². Possui forma alongada, com contornos irregulares e recebe contribuição hídrica de pequenos córregos, tais como: Santa Catarina, Belo Horizonte e Loiola.

Vegetação

A flora no litoral do município de Anchieta entre a lagoa de Mãe-bá e a foz do rio Benevente, caracteriza-se pela presença de formações de restinga e mata ciliar nas lagoas costeiras. A Mata Ciliar existente nas lagoas de Mãe-bá, Ubu e Barragem Norte, na sua estrutura e composição, possuem espécies representantes da Mata Atlântica e da Restinga. No entorno da lagoa de Mãe-bá foram registradas 136 espécies pertencentes a 49 famílias.

Na região de Ponta Ubu foram identificadas sete formações de restinga e 153 espécies vegetais, pertencentes a 55 famílias. As sete diferentes formações encontradas são: halófila-psamófila, pós-praia, palmae, mata seca, mata periodicamente inundada, aberta de *Clusia* e brejo herbáceo (Lopes 2003).

Tabela 1: Localidades amostradas ou estudadas na área de influência da Samarco em Ponta Ubu, Anchieta, ES.

Localidade	Tipo de biótopo	Coordenadas geográficas em UTM
Barragem Norte	Restinga, brejo, área revegetada	24K 0334494 7702730
Trilha Educação Ambiental	Restinga, brejo	24K 0335445 7702320
Viveiro dos irerês, lagoa Ubu	Mata ciliar, lagoa, área em recuperação	24K 0333554 7701112
PV4, fazenda	Pastagem, área aberta	24K 0333582 7701188
Área da antiga carvoaria	Mata ciliar, pasto	24K 0333710 7702474
Usina, escritórios e entorno	Área alterada	24K 0335106 7702122
Viveiro dos mutuns e mata	Mata ciliar, lagoa, pasto	24K 0333680 7702458
Litoral, porto marítimo	Praia, rocha, ambiente marinho	-

3.2. Metodologia

Foram realizadas quatro campanhas de campo, com duração de cinco dias cada, no período entre março de 2003 e abril de 2004, totalizando cerca de 200 horas de esforço amostral para cada pesquisador. As campanhas foram realizadas nos períodos de: 30/05 a 04/06/2003, 17/08 a 21/08/2003, 15/12 a 19/12/2003 e 30/03 a 03/04/2004. O monitoramento foi realizado em áreas amostrais de Ponta Ubu, nos turnos da manhã, tarde e crepúsculo.

Durante as campanhas de monitoramento da avifauna foram investigadas as fitofisionomias presentes na área de estudo, a saber: faixa litorânea com vegetação típica de restinga, remanescentes de Mata Atlântica, áreas em processo de reabilitação ambiental, ambientes lacustres dulcícolas (lagoas, brejos) e sua vegetação marginal (mata ciliar), capoeiras e áreas de ocupação antrópica, incluindo pastagens e área industrial (entorno da usina e de escritórios).

A coleta de dados qualitativos baseou-se na metodologia de transectos de varredura, que consiste em percorrer as diversas fitofisionomias presentes no local, registrando todos os contatos visuais e auditivos obtidos. As espécies observadas foram anotadas em cadernetas de campo para posterior análise e confecção de relatório.

Outro método utilizado foi o de transecto por pontos de amostragem (Anjos 1996; Bibby *et al.* 2000). Foram selecionadas três trilhas para caminhar, sendo 10 pontos de observação em cada uma. Cada ponto manteve uma distância de 100 m. Durante 10 minutos, em cada ponto, as espécies foram identificadas e os indivíduos foram quantificados. Os dados foram registrados em planilhas de campo. As trilhas estavam localizadas nas seguintes áreas: Barragem Norte, viveiro dos irerês (Lagoa de Ubu), trilha de educação ambiental (próximo à Lagoa de Mãe-bá).

Para auxiliar na identificação das espécies utilizou-se binóculos Pentax 8 x 40 e Bushnell 7 x 35, gravador portátil com microfone direcional para gravação de vocalizações, binóculo com câmera digital 8 x 22 mm, equipamento fotográfico para auxiliar na documentação das espécies e consulta a guias de campo e literatura especializada em ornitologia (Dunning 1982; Hayman *et al.* 1986; Ridgely e Tudor 1989 e 1994; Venturini *et al.* 1996; Andrade 1997; Novelli 1997; Sick 1997; Peña e Rumboll 1998; Souza 1998).

Foram realizadas capturas de aves com redes ornitológicas de 12 m de comprimento e 36 mm de malha, dispostas em transectos lineares, em pontos de amostragem previamente estabelecidos nas áreas de estudo. Após serem capturadas e identificadas, as espécies foram anilhadas, anotando-se o peso, sexo, idade, placa de incubação e dados biométricos (comprimento total, asa, cauda, bico, tarso). Foram fotografadas e, em seguida, soltas no mesmo local. As anilhas de metal foram fornecidas pelo Centro de Pesquisas para Conservação das Aves Silvestres - CEMAVE/IBAMA. A ordem taxonômica utilizada na listagem das espécies segue Sick (1997).

3.3. Análise de dados

3.3.1. Curva de esforço amostral

A curva de esforço amostral foi empregada com o objetivo de se obter uma estimativa da eficiência do período de amostragem utilizado no presente estudo de monitoramento da avifauna.

3.3.2. Índice de similaridade de espécies

A similaridade é dada pelo índice de Sorensen (Magurran 1988), que compara qualitativamente a semelhança de espécies entre amostras sucessivas retiradas ao longo de um gradiente ambiental. É um coeficiente binário baseado, unicamente, na relação presença-ausência de uma determinada espécie nas amostras comparadas. Assim, dois ecossistemas (ou amostras, ou áreas) comparados apresentarão elevada similaridade se a maioria das espécies que ocorrem em um, ocorrer também no outro. Quantitativamente, varia entre 0 (similaridade mínima teórica) e 1 (similaridade máxima teórica) e é dado pela seguinte fórmula:

$$S_s = 2c / a + b$$

Onde:

S_s = índice de similaridade de Sorenson

a = número de espécies na amostra 1

b = número de espécies na amostra 2

c = número de espécies comuns às amostras 1 e 2

3.3.3. Índice de Linsdale

O índice de Linsdale, também conhecido como índice de frequência de ocorrência de espécies (Magurran 1988), expressa o número de unidades amostrais (no caso, o nº de pontos de escuta) em que uma determinada espécie foi observada, em relação ao número total de unidades amostrais. Por se tratar de um índice de frequência, assume altos valores para espécies comuns e baixos valores para espécies raras que apresentam poucos indivíduos e, portanto, são detectadas poucas vezes durante a amostragem. Este índice varia entre 0 (a espécie não é observada em nenhuma das unidades amostrais) e 100% (a espécie é observada em todas as unidades amostrais). Foi calculado para cada uma das espécies de aves presentes na amostra total, através da seguinte fórmula:

$$F_o = (v_i / V) \times 100$$

onde:

F_o = índice de frequência de ocorrência

v_i = número de unidades amostrais em que a i -ésima espécie foi observada

V = número total de unidades amostrais

4. RESULTADOS

4.1. Composição da avifauna no Brasil e na Mata Atlântica

O Brasil possui cerca de 1.680 espécies de aves, sendo 182 endêmicas, 91 visitantes setentrionais e 62 visitantes meridionais (Sick 1997). A avifauna brasileira é considerada uma das mais exuberantes e ricas do mundo, estando o Brasil em terceiro lugar quanto ao número de espécies. O Brasil abriga cerca de 20% das espécies de aves existentes na Terra e é considerado um dos países mais ricos em megadiversidade (Mittermeier *et al* 1999). O bioma Mata Atlântica possui o registro de aproximadamente 1020 espécies de aves (MMA/CI, 2000).

4.2. Composição da avifauna em áreas no Espírito Santo

Para o Estado do Espírito Santo foram registradas cerca de 600 espécies de aves (Ruschi 1953 e 1967). Mas, cerca de 30% destes registros efetuados por A. Ruschi no século passado foram posteriormente discutidos e contestados por Pacheco & Bauer (2001). Portanto, acredita-se que, atualmente, o Espírito Santo tenha menos de 500 espécies de aves.

Antas & Almeida (2003), realizaram interessante pesquisa envolvendo espécies de aves como bioindicadoras de qualidade ambiental e sua aplicação em áreas de plantio de eucalipto. Este trabalho foi conduzido na Aracruz, ES, ao longo de 10 anos de monitoramento, onde os autores encontraram 204 espécies de aves. Simon (2000), estudou a composição da avifauna na estação Biológica de Santa Lúcia, um dos principais remanescentes de Mata Atlântica da região de Santa Teresa, ES, onde registrou a ocorrência de 248 espécies. Na Reserva Florestal

da CVRD em Linhares, um dos principais remanescentes de Mata Atlântica de baixada do Espírito Santo, com cerca de 20.000 ha, foram registradas cerca de 230 espécies de aves (Collar *et al* 1987).

Para a região do Parque Estadual Paulo César Vinha, em Setiba, Guarapari, ES, localizada no litoral e próxima de Ponta Ubu, foram registradas 160 espécies de aves (Venturini *et al*, 1996) correspondendo a 9,52% do total de espécies registradas para o Brasil. Algumas espécies registradas neste Parque Estadual ainda não foram encontradas em áreas da Samarco em Ponta Ubu, como por exemplo: cegonha (*Euxenura maguari*), gavião-cauã (*Herpetotheres cachinnans*), maitaca (*Touit surda*), pica-pau (*Celeus flavescens*), beija-flor-de-canto (*Colibri serrirostris*), araponga (*Procnias nudicollis*), andorinha-de-bando (*Hirundo rustica*), saíra-sapucaia (*Tangara peruviana*), tié-sangue (*Ramphocelus bresilius*), bico-de-veludo (*Schistochlamys ruficapillus*), tempera-viola (*Saltator similis*) e caboclinho (*Sporophila bouvreuil*).

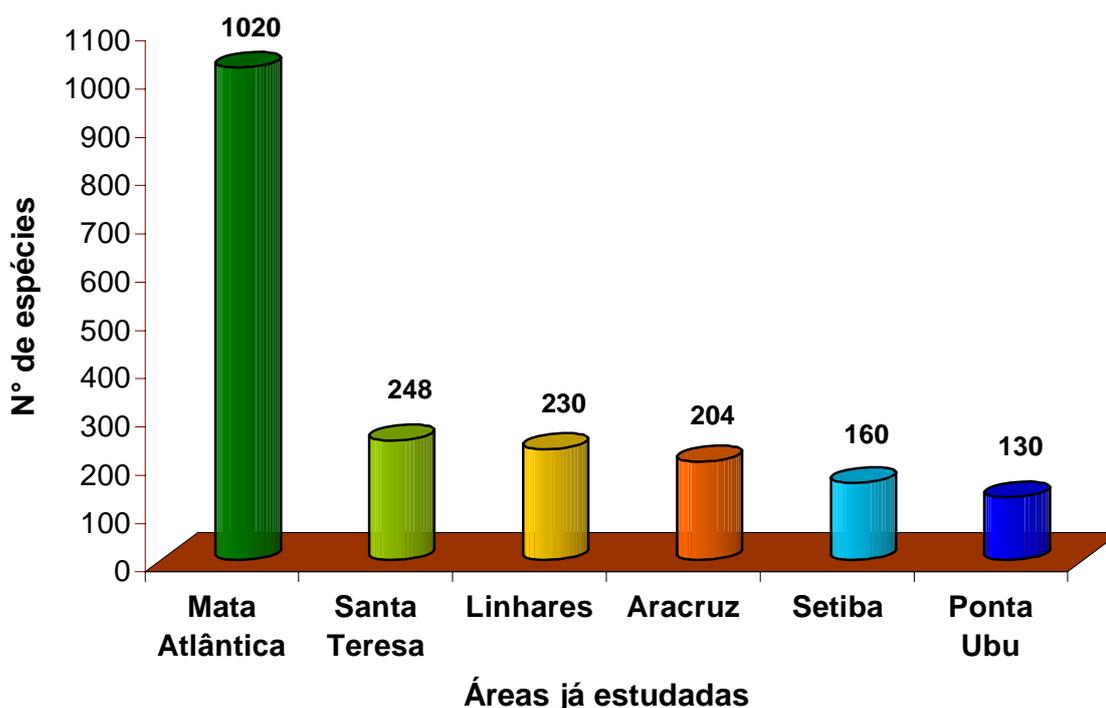


Figura 1: Riqueza da avifauna em áreas já estudadas no Bioma Mata Atlântica e no Estado do Espírito Santo: Santa Tereza (Estação Biológica de Santa Lúcia), Linhares (Reserva da CVRD), Aracruz (Aracruz Celulose), Setiba (Parque Estadual Paulo César Vinha).

4. 3. Esforço amostral ou curva de acumulação para as espécies de aves

Esta curva de esforço amostral (Figura 2) foi empregada com o objetivo de se obter uma estimativa da eficiência do período de amostragem utilizado no presente estudo de monitoramento da avifauna. A análise do esforço amostral nos permite afirmar que a curva ainda não está estabilizada, mas apresenta uma tendência de estabilização ao longo de futuras campanhas em campo.

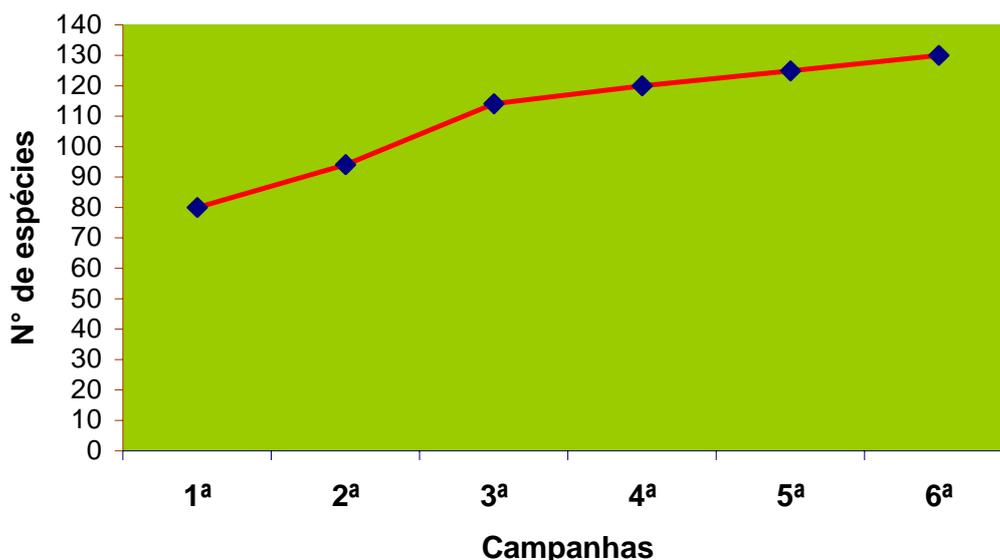


Figura 2: Curva cumulativa do número de espécies de aves registradas nas campanhas realizadas em Ponta Ubu, Samarco, ES. A 1ª e 2ª campanhas foram realizadas em 2002; a 3ª, 4ª e 5ª em 2003 e a 6ª em 2004.

4.4. Composição da avifauna em Ponta Ubu

Para a região de Ponta Ubu, até o momento, foram registradas um total de 130 espécies de aves, distribuídas em 37 famílias, equivalendo a 7,74% do total de espécies registradas para o Brasil e a 81,25% do total de espécies registradas para o Parque Estadual Paulo César Vinha. Esta porcentagem tende a aumentar à medida que os trabalhos de monitoramento continuem sendo realizados em Ponta Ubu. Numa segunda etapa do monitoramento pretende-se amostrar outras localidades em Ponta Ubu.

Em relação ao estudo de Venturini *et al.* (1996) realizado no Parque Estadual Paulo César Vinha em 1994, 28 espécies de aves observadas durante o monitoramento em Ponta Ubu, não foram registradas neste Parque Estadual. Como exemplo, citamos algumas destas espécies: garça-real (*Pilherodius pileatus*), papa-lagarta (*Coccyzus americanus*), coruja-da-torre (*Tyto alba*), ariramba-da-mata (*Galbula ruficauda*), arapaçu-escamoso (*Lepidocolaptes squamatus*), risadinha

(*Camptostoma obsoletum*), suiriri-pequeno (*Satrapa icterophrys*), pombinha-das-almas (*Xolmis velata*), peitica (*Empidonomus varius*), saíra-galega (*Hemithraupis flavicollis*), figuinha-da-mata (*Conirostrum speciosum*) e coleirinha (*Sporophila nigricollis*).

As famílias de aves com maior número de espécies, encontradas nas áreas monitoradas em Ponta Ubu foram: Emberizidae (n=27), Tyrannidae (n=23), Trochilidae (n=8), Ardeidae (n=6), Columbidae (n=5), Cuculidae (n=4), Hirundinidae (n=4) e Muscicapidae (n=4) (Figura 3). As famílias que apresentaram o menor número de espécies (n=1) foram: Tinamidae, Podicipedidae, Phalacrocoracidae, Fregatidae, Pandionidae, Cariamidae, Jacanidae, Haematopodidae, Laridae, Psittacidae, Tytonidae, Strigidae, Alcedinidae, Galbulidae e Passeridae.

A família Emberizidae, com maior representatividade de espécies, correspondeu a 20,77% do total de espécies registradas para a região de Ponta Ubu, seguida pela Tyrannidae, com 17,70% das espécies. De acordo com Sick (1997), Tyrannidae é a maior família do hemisfério ocidental, sendo que suas 413 espécies representam aproximadamente 18% dos Passeriformes da América do Sul. Os tiranídeos possuem representantes que alimentam-se principalmente de insetos, frutos e sementes. Tanto os emberizídeos quanto os tiranídeos possuem importantes espécies bioindicadoras de qualidade ambiental e dispersoras de sementes.

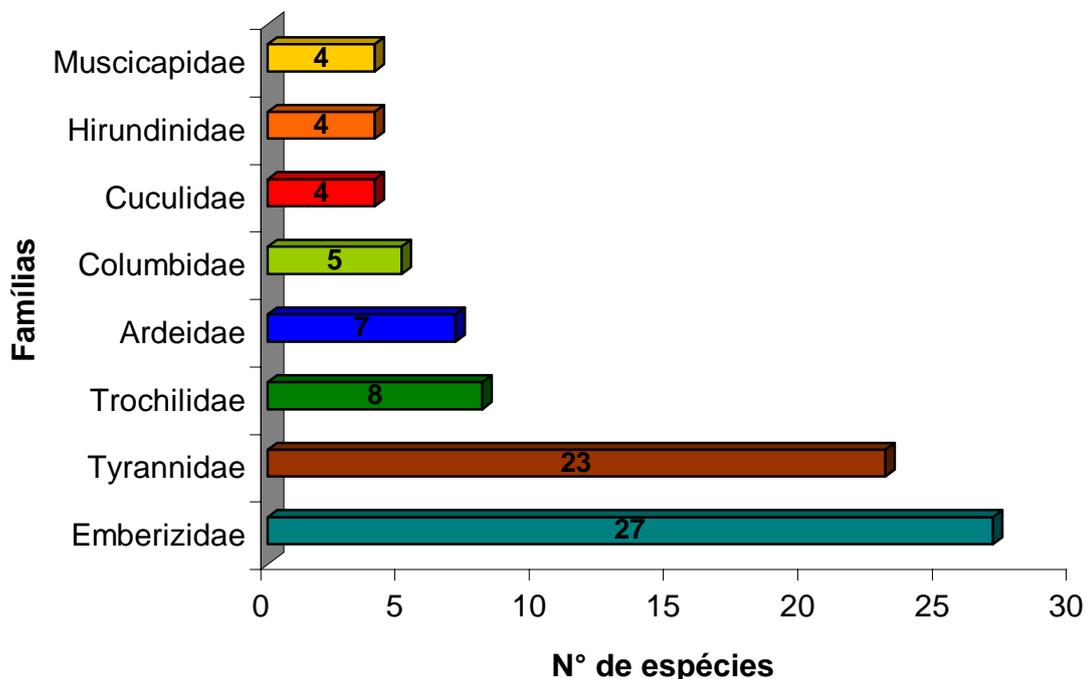


Figura 3: Famílias de aves com maior número de espécies registradas em Ponta Ubu, Samarco, ES.

No Brasil existem 78 espécies de beija-flores (Sick 1997) e em Ponta Ubu constatou-se a ocorrência de oito espécies da família Trochilidae, equivalendo a 10,25% do total registrado para o país. Os beija-flores que apresentaram as maiores frequências de ocorrência nas áreas amostradas foram: *Eupetomena macroura*, *Amazilia lactea* e *Amazilia fimbriata*.

Em relação aos grandes frugívoros neotropicais existentes na Mata Atlântica, somente uma espécie foi encontrada em Ponta Ubu: o papagaio-do-mangue (*Amazona amazonica*). Segundo informações de moradores locais, no entorno da Lagoa de Mãe-bá ocorre o jacu (*Penelope superciliaris*), uma importante espécie frugívora.

4.4.1 Composição da avifauna nos ambientes estudados em Ponta Ubu

Analisando a ocorrência da avifauna nos diversos ambientes estudados em Ponta Ubu, verificou-se que 67 espécies (51,54%) foram registradas em formações de restinga; 46 espécies (35,38%) na mata ciliar existente no entorno das lagoas; 45 espécies (34,61%) em áreas abertas como campo, pastagem e entorno da usina; 22 espécies (16,92%) em ambiente aquático (brejos, lagoas) e seis espécies (4,61%) em ambiente marinho (próximo ao porto) (Figura 4).

As espécies observadas com maior frequência nos ambientes estudados foram:

Restinga: gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*), concom (*Thamnophilus punctatus*), guaracava (*Elaenia flavogaster*), bico-chato-amarelo (*Tolmomyias flaviventris*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), caneleiro-preto (*Pachyramphus polychopterus*), garrinchão (*Thryothorus genibarbis*), juruviara (*Vireo chivi*), vite-vite (*Hylophilus thoracicus*), sanhaço-cara-suja (*Tangara cayana*), saí-azul (*Dacnis cayana*) e saí-beija-flor (*Cyanerpes cyaneus*).

Mata ciliar: anum-coróia (*Crotophaga major*), ariramba-da-mata (*Galbula ruficauda*), concom (*Thamnophilus punctatus*), guaracava (*Elaenia flavogaster*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), caneleiro-preto (*Pachyramphus polychopterus*), juruviara (*Vireo chivi*), vite-vite (*Hylophilus thoracicus*), sabiá-barranqueiro (*Turdus leucomelas*), pula-pula (*Basileuterus culicivorus*), caga-sebo (*Coereba flaveola*), gaturamo (*Euphonia chlorotica*), sanhaço-cara-suja (*Tangara cayana*), saí-azul (*Dacnis cayana*) e guaxe (*Cacicus haemorrhous*).

Áreas abertas: garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), urubu-de-cabeça-amarela (*Cathartes burrovianus*), gavião-carrapateiro (*Milvago chimachima*), caracará (*Polyborus plancus*), quero-quero (*Vanellus chilensis*), trocal (*Columba picazuro*), anu-branco (*Guira guira*), coruja-buraqueira (*Speotyto cunicularia*), pica-pau-do-campo (*Colaptes campestris*), andorinha-pequena-de-casa

(*Notiochelidon cyanoleuca*), garrincha (*Troglodytes aedon*), sabiá-do-campo (*Mimus saturninus*), tico-tico-do-campo (*Amodramus humeralis*), canário-do-campo (*Emberizoides herbicola*), tiziu (*Volatinia jacarina*), coleirinha (*Sporophila nigricollis*) e papa-capim (*Sporophila caerulescens*).

Aquático: garça-branca-grande (*Casmerodius albus*), garça-branca-pequena (*Egretta thula*), irerê (*Dendrocygna viduata*), saracura (*Aramides cajanea*), quero-quero (*Vanellus chilensis*), corruíra-do-brejo (*Certhiaxis cinnamomea*) e viuvinha (*Arundinicola leucocephala*).

Marinho: tesourão (*Fregata magnificens*), piru-piru (*Haematopus palliatus*) e trinta-réis (*Sterna hirundinaceae*).

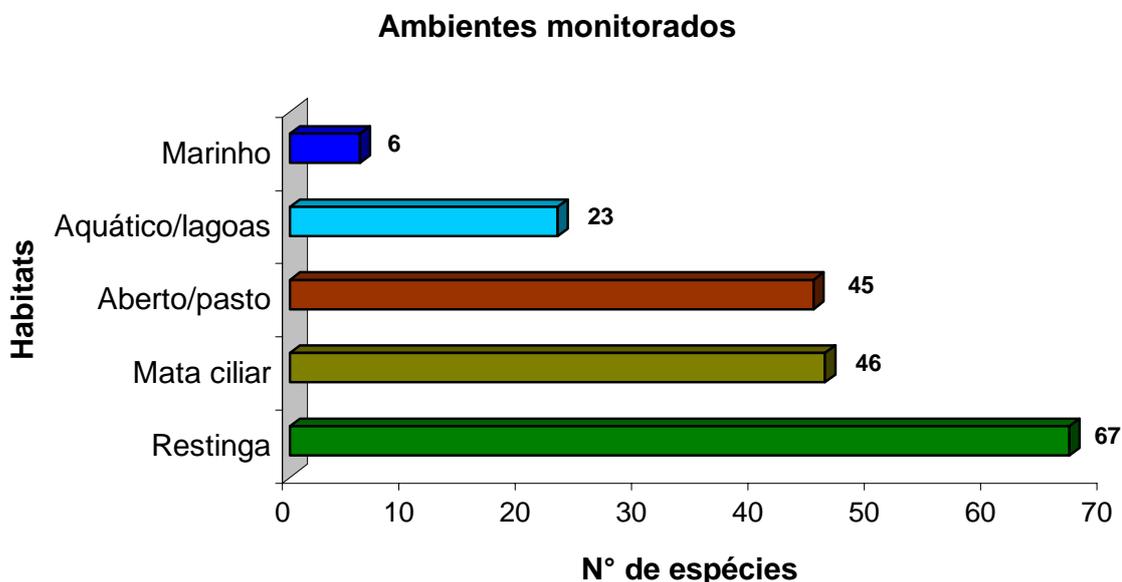


Figura 4: Composição da avifauna nos ambientes estudados em Ponta Ubu.

4.4.2 Composição da avifauna em áreas amostrais estudadas em Ponta Ubu

Foram estudadas sete áreas amostrais, durante quatro campanhas, ao longo de um ano de monitoramento em Ponta Ubu, a saber: transecto em local que foi recuperado na Barragem Norte; transecto em parte da trilha de educação ambiental, próximo à Lagoa de Mãe-bá; entorno do viveiro dos irerês, lago de Ubu, pastagem e da PV4; entorno do viveiro dos mutuns e fazenda; entorno da usina, escritórios, refeitório e ambulatório; porção sudeste da Lagoa de Mãe-bá; porto marítimo e pequena faixa no litoral.

Tabela 2: Áreas estudadas ao longo de um ano de monitoramento, total de espécies de aves em cada área e porcentagem em relação ao total de espécies registradas para a região de Ponta Ubu.

Localidade	Nº de espécies	% em relação ao total
Viveiro dos irerês, pasto, PV4	70	53,84
Barragem Norte	48	36,92
Trilha Educação Ambiental	46	35,38
Entorno da usina, escritórios	41	31,54
Viveiro dos mutuns, fazenda	40	30,77
Lagoa de Mãe-bá	18	13,84
Porto marítimo	07	5,38

4.4.3 Composição da avifauna quanto ao hábito alimentar

Quanto ao principal hábito alimentar das espécies de aves identificadas e monitoradas em Ponta Ubu, obteve-se os seguintes resultados conforme observações em campo e consulta a literatura (Moojen *et al* 1941; Schubart *et al* 1965; Sick 1997) (Figura 5). As aves insetívoras foram maioria, totalizando 54 espécies, seguidas das frugívoras, com 21 espécies (Tabela 3).

Descrição dos hábitos alimentares das espécies:

Insetívoro: alimenta-se basicamente de insetos.

Frugívoro: alimenta-se principalmente de frutos e sementes.

Granívoro: alimenta-se principalmente de grãos e sementes

Carnívoro: alimenta-se basicamente de carne.

Piscívoro: alimenta-se basicamente de peixes.

Nectarívoro: alimenta-se basicamente de néctar.

Onívoro: alimenta-se tanto de vegetal quanto de animal.

Tabela 3: Hábito alimentar da avifauna monitorada em Ponta Ubu, número de espécies e porcentagem em relação ao total de espécies registradas para a região.

Hábito alimentar	Nº de espécies	% em relação ao total
Insetívoro	54	41,53
Frugívoro	21	16,15
Granívoro	15	11,53
Carnívoro	12	9,23
Piscívoro	11	8,46
Nectarívoro	09	6,92
Onívoro	08	6,15

Hábito alimentar da avifauna

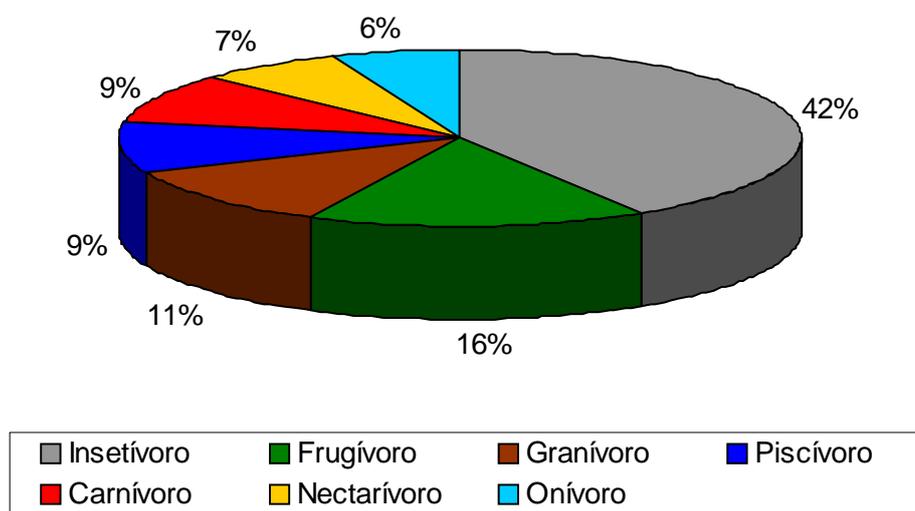


Figura 5: Composição da avifauna quanto ao hábito alimentar das espécies monitoradas em Ponta Ubu, Samarco, ES

4.5. Similaridade entre as espécies de aves registradas em cada área monitorada em Ponta Ubu

O índice de similaridade de Sorensen indicou a existência de cinco grupos de áreas ou localidades com maiores índices de similaridade avifaunística. Estão representados pelas áreas: 2 e 5 (trilha educação ambiental e entorno da usina); 1 e 2 (Barragem Norte e trilha educação ambiental); 3 e 4 (viveiro dos irerês e viveiro dos mutuns); 1 e 5 (Barragem Norte e entorno da usina); 1 e 3 (Barragem Norte e viveiro dos irerês). Estes valores de similaridade são considerados aceitáveis. A Barragem Norte é provida de muita água, ambiente aquático e a área encontra-se em processo de regeneração e recuperação ambiental. A área da trilha de educação ambiental caracteriza-se por ambiente de restinga. A área do entorno da usina, escritórios e refeitório possuem vegetação que tem atraído e fornecido alimento às aves.

Tabela 4: índice de similaridade de Sorensen obtido entre as espécies de aves registradas nas sete áreas estudadas em Ponta Ubu. Áreas: 1=Barragem Norte; 2=trilha educação ambiental; 3=viveiro irerês; 4=viveiro mutuns; 5=entorno da usina; 6=Lagoa de Mãe-bá; 7=porto marítimo.

Áreas	1	2	3	4	5	6	7
1	-	0,55	0,45	0,38	0,51	0,15	0,07
2		-	0,41	0,30	0,69	0,06	0,03
3			-	0,54	0,41	0,22	0,08
4				-	0,22	0,07	0,00
5					-	0,06	0,04
6						-	0,08
7							-

4.6. Espécies ameaçadas, endêmicas ou raras

De acordo com listas oficiais de espécies da fauna ameaçadas de extinção, neste primeiro ano de monitoramento da avifauna na área da Samarco em Ponta Ubu não foram registradas espécies ameaçadas de extinção ou raras, seja em nível global (Collar *et al* 1992; BirdLife 2000) ou em nível nacional (Bernardes *et al* 1990; IBAMA 2003). Também não foram identificadas espécies de aves endêmicas do Brasil (Sick 1997). Já em listas regionais consultadas (Machado *et al* 1998; Bergallo *et al* 2000), foram encontradas em Ponta Ubu duas espécies consideradas ameaçadas de extinção no Estado do Rio de Janeiro: o sabiá-da-praia (*Mimus gilvus*) e a saíra-pintada (*Tangara mexicana*).

4.7. Espécies migratórias

Na região de Ponta Ubu foram identificadas 25 espécies consideradas migratórias no país ou que realizam deslocamentos sazonais regional, tais como: garça-branca-grande (*Casmerodius albus*), irerê (*Dendrogygna viduata*), suiriri (*Tyrannus melancholicus*), peitica (*Empidonomus varius*), andorinha-pequena-de-casa (*Notiochelidon cyanoleuca*), andorinha-do-campo (*Phaeoprogne tapera*), saí-andorinha (*Tersina viridis*) e juruviara (*Vireo chivi*). A águia-pescadora (*Pandion haliaetus*), importante migrante do Hemisfério Norte que chega ao Brasil anualmente, foi registrada sobrevoando a Lagoa de Mãe-bá, a Lagoa de Ubu e o Porto Marítimo de Ubu. Alimenta-se basicamente de peixes que captura em vôo. A garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), uma espécie proveniente da África na década de 60 (Sick 1997), foi observada em áreas de pastagens (fazenda, PV4) acompanhando o gado. Esta garça realiza deslocamentos sazonais e alimenta-se de insetos. Dentre as aves marinhas, citamos o trinta-réis e o piru-piru, espécies migrantes do Hemisfério Norte e que foram observadas em rochas e voando no litoral, próximo ao porto. O piru-piru (*Haematopus palliatus*) alimenta-se de moluscos (mariscos) e crustáceos; nidifica na areia onde põe três ovos (Novelli 1997).

4.8. Espécies utilizadas como xerimbabo (perseguidas como ave de estimação)

Durante as campanhas de monitoramento foram identificadas 34 espécies que podem ser utilizadas como xerimbabo, ou seja, com potencial para serem capturadas como ave de estimação ou ave de gaiola (Figura 6). São bastante perseguidas para venda no comércio ilegal da fauna. Como exemplo, citamos: *Amazona amazonica* (papagaio-do-mangue), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira), *Turdus leucomelas* (sabiá-barranqueiro), *Turdus amaurochalinus* (sabiá-poca), sabiá-da-praia (*Mimus gilvus*), *Nemosia pileata* (saíra-de-chapéu-preto), *Thraupis sayaca* (sanhaço), *Euphonia chlorotica* (vivi), *Tangara cayana* (sanhaço-cara-suja), *Dacnis cayana* (saí-azul), *Volatinia jacarina* (tiziú) e *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei). Não foram constatadas atividades de captura ilegal de aves silvestres ou encontradas armadilhas na propriedade da Samarco em Ponta Ubu.

4.9. Espécies cinegéticas (com potencial para serem caçadas)

Durante as campanhas de monitoramento da avifauna foram identificadas 20 espécies cinegéticas, ou seja, com forte potencial para serem caçadas ou capturadas para consumo humano. Estas espécies são também perseguidas em várias regiões do país. Como exemplo, citamos: perdiz (*Rhynchotus rufescens*), irerê (*Dendrogygna viduata*), marreca-ananaí (*Amazonetta*

brasiliensis), gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*), gavião-carrapateiro (*Milvago chimachima*), pomba-asa-branca (*Columba picazuro*), rolinha-caldo-de-feijão (*Columbina talpacoti*), juriti (*Leptotila rufaxilla*), coruja (*Speotyto cunicularia*), sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*), sabiá-poca (*Turdus amaurochalinus*) (Figura 6). Felizmente, durante o período de monitoramento, não foram constatadas atividades de caça ou captura ilegal de aves silvestres na propriedade da Samarco em Ponta Ubu.

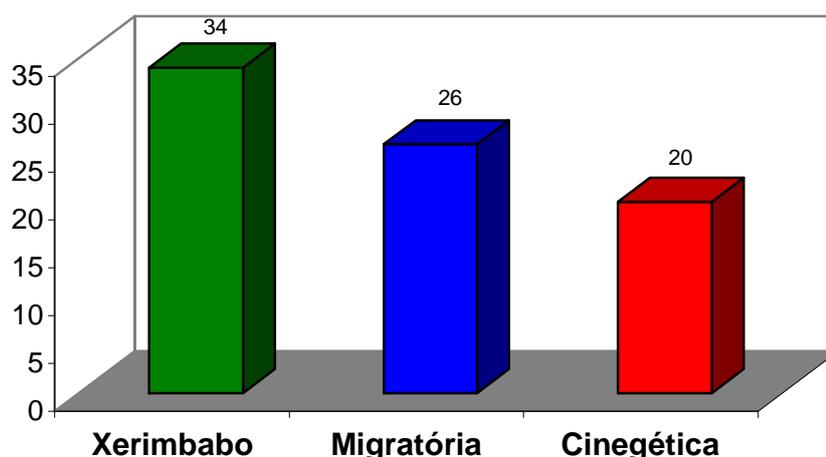


Figura 6: Número de espécies de aves em Ponta Ubu, quanto às categorias de fauna.

4.10. Registros visuais e auditivos em transectos estabelecidos em três áreas de amostragem em Ponta Ubu:

- a. Trilha de Educação Ambiental**
- b. Barragem Norte**
- c. Viveiro dos Irerês**

A seguir são apresentados os resultados obtidos com o método de transecto por pontos de amostragem ou pontos de escuta. Nas três áreas foram selecionadas trilhas para caminhamento, sendo 10 pontos de observação em cada uma. Cada ponto manteve uma distância de 100 m. Durante 10 minutos, em cada ponto, as espécies foram identificadas e os indivíduos foram quantificados. É indicada a frequência de ocorrência de cada espécie no total de pontos amostrados (Tabelas 5, 6 e 7).

Tabela 5: Matriz de presença e ausência de espécies de aves registradas e identificadas em 10 pontos no transecto da trilha de Educação Ambiental, em quatro campanhas de monitoramento, indicando a frequência de ocorrência de cada espécie. Legenda: P = pontos amostrados; em branco = ausência; 1 = presença.

Espécie	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	Frequência de ocorrência (%)
<i>Vireo chivi</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
<i>Troglodytes aedon</i>	1	1			1	1	1	1	1	1	80
<i>Euphonia chlorotica</i>		1	1	1	1	1	1	1	1		80
<i>Coereba flaveola</i>	1	1	1	1	1		1	1		1	80
<i>Elaenia flavogaster</i>		1	1	1	1	1	1			1	70
<i>Thamnophilus punctatus</i>		1		1	1	1		1	1	1	70
<i>Thryothorus genibarbis</i>		1		1			1	1	1	1	60
<i>Dacnis cayana</i>	1		1	1	1		1	1			60
<i>Hylophilus thoracicus</i>	1					1	1		1	1	50
<i>Rupornis magnirostris</i>		1	1	1	1			1			50
<i>Tolmomyias flaviventris</i>		1			1	1	1	1			50
<i>Camptostoma obsoletum</i>		1	1		1	1		1			50
<i>Turdus leucomelas</i>	1			1	1					1	40
<i>Thraupis sayaca</i>	1		1	1						1	40
<i>Coragyps atratus</i>				1	1	1	1				40
<i>Tangara cayana</i>		1	1	1			1				40
<i>Todirostrum cinereum</i>	1					1				1	30
<i>Pachyramphus polychopterus</i>		1	1						1		30
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1		1				1				30
<i>Myiozetetes similis</i>		1		1			1				30
<i>Columba picazuro</i>					1					1	20
<i>Turdus amaurochalinus</i>			1		1						20
<i>Passer domesticus</i>									1	1	20
<i>Coryphospingus pileatus</i>	1						1				20
<i>Tangara mexicana</i>							1	1			20

<i>Cacicus haemorrhous</i>		1	1								20
<i>Hylocharis cf. cyanus</i>							1				10
<i>Cyanerpes cyaneus</i>							1				10
<i>Columbina talpacoti</i>										1	10
<i>Molothrus bonariensis</i>										1	10
<i>Coccyzus americanus</i>									1		10
<i>Pachyramphus sp</i>								1			10
<i>Piriglena leucoptera</i>							1				10
<i>Galbula ruficauda</i>					1						10
<i>Fluvicola nengeta</i>				1							10
<i>Myarchus ferox</i>			1								10
<i>Empidonomus varius</i>	1										10
<i>Conirostrum speciosum</i>	1										10
<i>Picumnus cirratus</i>		1									10
<i>Milvago chimachima</i>								1			10
<i>Chlorostilbon aureoventris</i>								1			10
<i>Leptotila rufaxilla</i>									1		10
TOTAL: 43 espécies	13	16	15	15	16	11	19	14	11	15	

Analisando os registros visuais e auditivos obtidos através da metodologia de pontos de escuta, verificou-se que no transecto estabelecido na Trilha de Educação Ambiental (Tabela 5) foram registradas 43 espécies, ao longo de quatro campanhas. As espécies que obtiveram as maiores frequências de ocorrências nos pontos amostrais foram: juruviara (*Vireo chivi*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), garrincha (*Troglodytes aedon*), vivi (*Euphonia chlorotica*), caga-sebo (*Coereba flaveola*), guaracava (*Elaenia flavogaster*) e concom (*Thamnophilus punctatus*). Os locais que obtiveram os maiores números de espécies foram: pontos 7, 5 e 2. Essa trilha está sendo utilizada para caminhada por alguns funcionários da Samarco e de empreiteiras. Sofre interferência de ruídos e de material particulado vindo da usina.

Tabela 6: Matriz de presença e ausência de espécies de aves registradas e identificadas em 10 pontos no transecto estabelecido na Barragem Norte, em quatro campanhas de monitoramento, indicando a frequência de ocorrência de cada espécie. Legenda: P = pontos amostrados; 1=presença; em branco: ausência.

Espécie	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	Frequência de ocorrência (%)
<i>Cacicus haemorrhous</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
<i>Coereba flaveola</i>	1	1	1	1		1		1	1	1	80
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1		1		1	1	1	1	1	1	80
<i>Troglodytes aedon</i>		1	1		1	1	1	1	1	1	80
<i>Tyrannus melancholicus</i>			1		1	1	1	1	1	1	70
<i>Milvago chimachima</i>	1				1	1	1		1	1	60
<i>Euphonia chlorotica</i>	1			1			1	1	1	1	60
<i>Vireo chivi</i>		1		1	1					1	40
<i>Myiozetetes similis</i>				1	1		1		1		40
<i>Columbina talpacoti</i>		1					1	1	1		40
<i>Cyanerpes cyaneus</i>			1	1				1	1		40
<i>Dacnis cayana</i>	1	1						1		1	40
<i>Thraupis sayaca</i>	1			1	1					1	40
<i>Tangara cayana</i>		1	1	1	1						40
<i>Rupornis magnirostris</i>					1		1		1		30
<i>Cathartes burrovianus</i>						1		1	1		30
<i>Crotophaga major</i>				1	1				1		30
<i>Nemosia pileata</i>						1	1	1			30
<i>Picumnus cirratus</i>	1				1				1		30
<i>Camptostoma obsoletum</i>		1		1	1						30
<i>Casmerodius albus</i>						1	1				20
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>					1		1				20
<i>Galbula ruficauda</i>			1	1							20

<i>Coragyps atratus</i>							1			1	20
<i>Conirostrum speciosum</i>							1	1			20
<i>Tolmomyias flaviventris</i>										1	10
<i>Myiarchus ferrox</i>									1		10
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>									1		10
<i>Colaptes campestris</i>									1		10
<i>Tyrannus albogularis</i>							1				10
<i>Amazona amazonica</i>						1					10
<i>Sporophila nigricollis</i>				1							10
<i>Megarynchus pitangua</i>					1						10
<i>Amazilia lactea</i>	1										10
<i>Cathartes aura</i>	1										10
<i>Amazilia cf. fimbriata</i>		1									10
<i>Rallus nigricans</i>			1								10
<i>Pachyramphus polychopterus</i>				1							10
<i>Aramides cajanea</i>					1						10
<i>Todirostrum cinereum</i>					1						10
<i>Amazonetta brasiliensis</i>						1					10
<i>Euphonia xanthogaster</i>									1		10
<i>Progne chalybea</i>										1	10
<i>Elaenia flavogaster</i>				1							10
<i>Columba picazuro</i>							1				10
TOTAL: 45 espécies	10	9	9	14	17	11	16	12	18	13	

No transecto estabelecido na área da Barragem Norte (Tabela 6), foram registradas 45 espécies, sendo as mais frequentes nos pontos amostrados as seguintes: guaxe (*Cacicus haemorrhous*), caga-sebo (*Coereba flaveola*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), garrincha (*Troglodytes aedon*), suiriri (*Tyrannus melancholicus*), gavião-carrapateiro (*Milvago chimachima*) e gaturamo (*Euphonia chlorotica*). Os locais com mais espécies foram os pontos 9, 5 e 7. Esse local da Barragem Norte sofre interferência de ruídos da usina e de veículos que eventualmente trafegam na estrada de terra. Mesmo assim, é uma área importante para a avifauna devido à presença de ambientes aquáticos, mata ciliar, restinga e locais que foram recuperados com vegetação nativa.

Tabela 7: Matriz de presença e ausência de espécies de aves registradas e identificadas em 10 pontos no transecto estabelecido no entorno do viveiro dos irerês (Lagoa de Ubu) e PV4 (pasto), em quatro campanhas de monitoramento, indicando a frequência de ocorrência de cada espécie. Legenda: P = pontos amostrados; em branco = ausência; 1 = presença.

Espécie	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	Frequência de ocorrência (%)
<i>Columba picazuro</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
<i>Elaenia flavogaster</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
<i>Troglodytes aedon</i>		1	1	1	1	1	1	1		1	80
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1	1	1		1	1	1	1	1		80
<i>Volatinia jacarina</i>	1	1	1		1	1	1			1	70
<i>Sicalis cf. luteola</i>	1	1	1	1				1	1	1	70
<i>Euphonia chlorotica</i>	1	1	1	1	1	1					60
<i>Myiospiza humeralis</i>		1			1			1	1	1	50
<i>Crotophaga ani</i>	1					1	1	1		1	50
<i>Rupornis magnirostris</i>	1	1	1			1	1				50
<i>Colaptes campestris</i>						1		1	1	1	40
<i>Mimus saturninus</i>	1				1				1	1	40
<i>Pachyrhamphus polychopterus</i>		1			1	1		1			40
<i>Emberizoides herbicola</i>						1	1	1		1	40
<i>Turdus leucomelas</i>	1				1	1	1				40
<i>Myiozetetes similis</i>	1			1		1	1				40
<i>Tangara cayana</i>		1		1		1					30
<i>Vanellus chilensis</i>								1	1	1	30
<i>Furnarius rufus</i>								1	1	1	30
<i>Amazona amazonica</i>								1	1	1	30
<i>Leistes superciliaris</i>								1	1	1	30
<i>Sporophila</i> sp	1				1	1					30
<i>Thraupis sayaca</i>	1				1	1					30
<i>Columbina talpacoti</i>	1			1						1	30
<i>Todirostrum cinereum</i>		1	1	1							30
<i>Campostoma obsoletum</i>				1		1					20

<i>Tyrannus melancholicus</i>	1							1			20
<i>Nemosia pileata</i>		1					1				20
<i>Coragyps atratus</i>						1		1			20
<i>Thamnophilus punctatus</i>					1	1					20
<i>Phaeoprogne tapera</i>	1						1				20
<i>Xolmis velata</i>									1	1	20
<i>Dendrocygna viduata</i>	1						1				20
<i>Milvago chimachima</i>				1	1						20
<i>Hylophilus thoracicus</i>				1	1						20
<i>Amazonetta brasiliensis</i>	1		1								20
<i>Arundinicola leucocephala</i>		1	1								20
<i>Butorides striatus</i>	1		1								20
<i>Cathartes burrovianus</i>	1	1									20
<i>Amazilia sp</i>						1					10
<i>Tersina viridis</i>	1										10
<i>Cyanerpes cyaneus</i>						1					10
<i>Columbina picui</i>									1		10
<i>Falco sparverius</i>									1		10
<i>Polyborus plancus</i>										1	10
<i>Ardea cocoi</i>						1					10
<i>Dacnis cayana</i>	1										10
<i>Porzana albicollis</i>	1										10
<i>Coryphospingus pileatus</i>	1										10
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	1										10
<i>Vireo chivi</i>	1										10
<i>Speotyto cunicularia</i>										1	10
<i>Cariana cristata</i>								1			10
<i>Coereba flaveola</i>					1						10
<i>Thryothorus genibarbis</i>		1									10
TOTAL: 56 espécies	26	16	12	12	16	22	13	17	14	18	

No transecto estabelecido no entorno do viveiro dos irerês, pastagem e da área PV4 (Tabela 6), foram registradas 56 espécies, sendo as que obtiveram as maiores frequências de ocorrência nos pontos amostrais foram: pomba-asa-branca (*Columba picazuro*), guaracava (*Elaenia flavogaster*), garrincha (*Troglodytes aedon*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), tiziu (*Volatinia jacarina*), canário-do-campo (*Sicalis luteola*) e gaturamo (*Euphonia chlorotica*). O ponto nº 1, localizado próximo à lagoa de Ubu e mata ciliar, obteve o maior número de registros de espécies (26). Esta área obteve o maior número de espécies e de registros de indivíduos. É uma área com tendência a possuir mais espécies de aves devido à presença de ambientes aquáticos, brejos, bordas de mata, pastagens e área campestre.

4.11. Novos registros de avifauna para Ponta Ubu

A seguir são apresentados os novos registros de espécies de aves, por cada campanha de monitoramento, na região de Ponta Ubu. São apresentadas as localidades onde a espécie foi observada e o número de indivíduos. Este fato ressalta a necessidade de realização do monitoramento periodicamente, contribuindo para conhecer melhor a biologia, a distribuição e a riqueza das espécies.

Tabela 8: Novos registros de espécies de aves identificadas na primeira campanha de monitoramento em Ponta Ubu, no período de 30/05 a 04/06/2003.

Família e espécie	Nome comum	Nº de indivíduos	Localidade do registro
Família Ardeidae <i>Ardea cocoi</i>	Garça-cinza	01	sobrevoando brejo e lagoa ao lado da trilha de educação ambiental.
Família Accipitridae <i>Leptodon cayanensis</i>	Gavião-de-cabeça-cinza	01	mata próximo ao viveiro dos mutuns e borda com o pasto
Família Rallidae <i>Aramides cajanea</i>	Saracura-três-potes	02	Barragem Norte
Família Columbidae <i>Leptotila rufaxilla</i>	Juriti	01	capturada em rede na Barragem Norte
Família Caprimulgidae <i>Hydropsalis brasiliiana</i>	Curiango-tesoura	01	mata no entorno do viveiro dos mutuns

Família Trochilidae			
<i>Chlorestes notatus</i>	Beija-flor-garganta-azul	01	Barragem Norte
<i>Chlorostilbon aureoventris</i>	Besourinho-de-bico-vermelho	01	Mata da trilha de educação ambiental
<i>Thalurania glaucopis</i>	Beija-flor-fronte-violeta	01	entorno do refeitório
<i>Amazilia lactea</i>	Beija-flor-de-peito-azul	01	
Família Formicariidae			
<i>Thamnophilus ruficapillus</i>	Choca-boné-ruivo	01	trilha de educação ambiental
Família Tyrannidae			
<i>Miophobus fasciatus</i>	Felipe	01	Barragem Norte
<i>Xolmis velata</i>	Pombinha-das-almas	01	Viveiro dos irerês
<i>Pachyramphus viridis</i>	Caneleiro-verde	01	Viveiro dos mutuns
Família Hirundinidae			
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Andorinha-serradora	02	Barragem Norte
Família Muscicapidae			
<i>Turdus albicollis</i>	Sabiá-coleira	01	Mata da trilha de educação ambiental
Família Emberizidae			
<i>Basileuterus culicivorus</i>	Pula-pula	01	trilha educação ambiental
<i>Nemosia pileata</i>	Saíra-de-chapéu-preto	02	restinga, eucalipto
<i>Euphonia xanthogaster</i>	Gaturamo	01	Barragem Norte
<i>Tangara mexicana</i>	Saíra-de-bando	02	trilha educação ambiental
<i>Tersina viridis</i>	Saí-andorinha	02	trilha educação ambiental

Tabela 9: Novos registros de espécies de aves identificadas durante a segunda campanha de monitoramento em Ponta Ubu, no período de 17/08 a 21/08/2003.

Família e espécie	Nome comum	Nº de indivíduos	Localidade
Rallidae			
<i>Porzana albicollis</i>	Siricória-do-brejo	02	Entorno da Lagoa de Ubu, viveiro dos irerês
Columbidae			
<i>Columba picazuro</i>	Pomba-asa-branca	04	Área aberta, pasto, próximo à PV4

Psittacidae <i>Amazona amazonica</i>	Papagaio-do-mangue	02	Mata ciliar próxima à lagoa de Mãe-bá
Dendrocolaptidae <i>Lepidocolaptes squamatus</i>	Arapaçu-escamoso	01	Transecto na restinga, Barragem Norte
Tyrannidae <i>Tolmomyias flaviventris</i>	Bico-chato-amarelo	01	Restinga, trilha de educação ambiental
<i>Cnemotriccus fuscatus</i>	Guaracavuçu	01	Barragem Norte
Emberizidae <i>Thraupis palmarum</i>	Sanhaço-do-coqueiro	01	Borda da restinga, Barragem Norte

Tabela 10: Novos registros de espécies de aves identificadas durante a terceira campanha de monitoramento em Ponta Ubu, no período de 15/12 a 19/12/2003.

Família e espécie	Nome comum	Nº de indivíduos	Localidade
Columbidae <i>Scardafella squammata</i>	Fogo-apagou	02	Restinga ao sul de Ponta Ubu
Cuculidae <i>Coccyzus americanus</i>	Papa-lagarta	01	Restinga, trilha de educação ambiental
Formicariidae <i>Pyriglena leucoptera</i>	Papa-taoca	01	Restinga, trilha de educação ambiental
Tyrannidae <i>Empidonomus varius</i>	Peitica	01	Restinga, trilha de educação ambiental
<i>Myiodynastes maculatus</i>	Bem-te-vi-rajado	01	Barragem Norte e mata viveiro mutuns
Emberizidae <i>Leistes superciliaris</i>	Polícia-inglesa	03	Área aberta, pasto, próximo à PV4

Tabela 11: Novos registros de espécies de aves identificadas durante a quarta campanha de monitoramento em Ponta Ubu, no período de 30 de março a 03 de abril de 2004.

Família e espécie	Nome comum	Nº de indivíduos	Localidade
Falconidae <i>Falco sparverius</i>	Quiri-quiri	02	Área aberta, pasto, próximo à PV4
Alcedinidae <i>Ceryle torquata</i>	Martim-pescador-grande	01	Próximo à Lagoa de Mãe-bá
Trochilidae <i>Glaucis hirsuta</i> <i>Hylocharis cyanus</i>	Beija-flor-de-bico-torto Beija-flor-roxo	01 01	Barragem Norte e próximo à trilha de educação ambiental
Emberizidae <i>Geothlypis aequinoctialis</i>	Gaturamo-do-brejo	01	Próximo a Lagoa de Mãe-bá

4.12. Captura e marcação de aves em Ponta Ubu

A técnica mais antiga e mais utilizada para marcação de aves é o anilhamento, que consiste na colocação de uma anilha ou anel de alumínio no tarso (perna) da ave. Esta anilha apresenta um código de números gravados e é colocada no tarso de aves jovens ou adultas. No Brasil, as anilhas são controladas e fornecidas pelo CEMAVE – Centro de Pesquisas para Conservação das Aves Silvestres (IBAMA 1994).

Os estudos, incluindo o monitoramento, que utilizam o anilhamento devem encontrar apoio, se possível, em todos os países, uma vez que as aves não conhecem fronteiras. Tal atividade, tanto com aves residentes quanto com espécies visitantes de um país, tem no anilhamento seu método mais direto. É de grande importância que todos colaborem – sejam anilhadores ou a população em geral – para que sua aplicação seja eficaz, tornando-se necessário o máximo de divulgação possível. Somente com a colaboração de todos, poderemos obter maior probabilidade na recuperação de anilhas e informações devolvidas ao CEMAVE.

Como resultado da captura e anilhamento da avifauna ao longo das campanhas em Ponta Ubu, obteve-se um total de 30 espécies e 153 indivíduos capturados em redes de neblina. Deste total, 27 espécies e 150 indivíduos foram marcados com anilhas do CEMAVE/IBAMA. Doze indivíduos foram recapturados nas mesmas áreas onde haviam sido anilhados. Na Barragem Norte obteve-se um total de 22 espécies e 78 indivíduos anilhados, sendo 10 recapturados (Tabela 12). As espécies com maior número de indivíduos capturados foram *Turdus amaurochalinus* e *Dacnis cayana*. Na trilha de educação ambiental foram 19 espécies e 72 indivíduos anilhados, sendo duas recapturas (Tabela 13). Neste local as espécies com maior número de indivíduos capturados foram *Dacnis cayana* e *Cyanerpes cyaneus*.

As espécies com maior número de indivíduos anilhados foram: *Dacnis cayana* (n=33), *Turdus amaurochalinus* (n=18), *Cyanerpes cyaneus* (n=15), *Cacicus haemorrhous* (n=9), *Thamnophilus punctatus* (n=9), *Vireo chivi* (n=9), *Thraupis sayaca* (n=8), *Turdus leucomelas* (n=6), *Coereba flaveola* (n=6), *Elaenia flavogaster* (n=5) e *Pitangus sulphuratus* (n=4). As espécies que obtiveram o maior número de recapturas foram: *Coryphospingus pileatus* (n=3) e *Thamnophilus punctatus* (n=2). O saí-azul (*Dacnis cayana*) correspondeu a 22% das espécies capturadas, seguido do sabiá-poca (*Turdus amaurochalinus*) com 12% e da saíra-beija-flor (*Cyanerpes cyaneus*) com 10%.

As famílias de aves com maior número de espécies anilhadas foram: Emberizidae, Tyrannidae, Muscicapidae, Columbidae e Vireonidae. As famílias de aves que obtiveram o maior número de indivíduos anilhados foram: Emberizidae, Muscicapidae, Tyrannidae, Vireonidae e Formicariidae (Figura 8).

Tabela 12: Espécies de aves, número de indivíduos anilhados e recapturados no transecto na área da Barragem Norte.

Espécie	Nome comum	Nº de indivíduos anilhados	Nº de indivíduos recapturados
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Sabiá-poca	11	-
<i>Dacnis cayana</i>	Saí-azul	11	-
<i>Cacicus haemorrhous</i>	Guaxe	09	-
<i>Thamnophilus punctatus</i>	Choca-da-mata	08	02
<i>Vireo chivi</i>	Juruviara	06	01
<i>Coereba flaveola</i>	Caga-sebo	05	01
<i>Thraupis sayaca</i>	Sanhaço-cinza	04	01

<i>Galbula ruficauda</i>	Ariramba-da-mata	03	01
<i>Coryphospingus pileatus</i>	Tico-tico-rei	03	03
<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha-caldo-de-feijão	02	-
<i>Elaenia flavogaster</i>	Guaracava	02	-
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi	02	-
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranqueiro	02	-
<i>Lepidocolaptes squamatus</i>	Arapaçu-escamoso	02	-
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	02	-
<i>Leptotila rufaxila</i>	Juriti-gemeadeira	01	-
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	Bico-chato-amarelo	01	-
<i>Hylophilus thoracicus</i>	Vive-vite-peito-amarelo	01	01
<i>Tangara cayana</i>	Sanhaço-cara-suja	01	-
<i>Euphonia chlorotica</i>	Gaturamo	01	-
<i>Hemithraupis flavicollis</i>	Saíra-galega	01	-
<i>Troglodytes aedon</i>	Garrincha	01	-
<i>Glaucis hirsuta</i> *	Beija-flor-bico-torto	-	-
Total: 23 espécies		79	10

* Espécie não anilhada.

Tabela 13: Espécies de aves capturadas, número de indivíduos anilhados e recapturados no transecto na Trilha de Educação Ambiental.

Espécie	Nome comum	Nº de indivíduos anilhados	Nº de indivíduos recapturados
<i>Dacnis cayana</i>	Saí-azul	22	01
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Saí-beija-flor	15	-
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Sabiá-poca	07	-
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranqueiro	04	-

<i>Thraupis sayaca</i>	Sanhaço-cinza	04	-
<i>Tangara mexicana</i>	Saíra-de-bando	03	-
<i>Vireo chivi</i>	Juruviara	03	-
<i>Elaenia flavogaster</i>	Guaracava	03	-
<i>Myiarchus ferox</i>	Irrê	02	-
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi	02	-
<i>Thamnophilus punctatus</i>	Choca-da-mata	01	-
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Risadinha	01	-
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	Bico-chato-amarelo	01	01
<i>Turdus albicollis</i>	Sabiá-coleira	01	-
<i>Hylophilus thoracicus</i>	Vite-vite	01	-
<i>Coereba flaveola</i>	Caga-sebo	01	-
<i>Thraupis palmarum</i>	Sanhaço-do-coqueiro	01	-
<i>Tangara cayana</i>	Sanhaço-cara-suja	01	-
<i>Euphonia chlorotica</i>	Gaturamo	01	-
<i>Amazilia fimbriata</i> *	Beija-flor-verde	-	-
<i>Chlorestes notatus</i> *	Beija-flor-de-garganta-azul	-	-
Total: 21 espécies		74	02

* Espécie não anilhada.

Três espécies de beija-flores, *Amazilia fimbriata*, *Chlorestes notatus* e *Glaucis hirsuta* não foram marcadas com as anilhas de metal do CEMAVE, devido a ausência de anilhas para estas espécies. Os beija-flores foram pesados, medidos, fotografados e soltos no mesmo local.

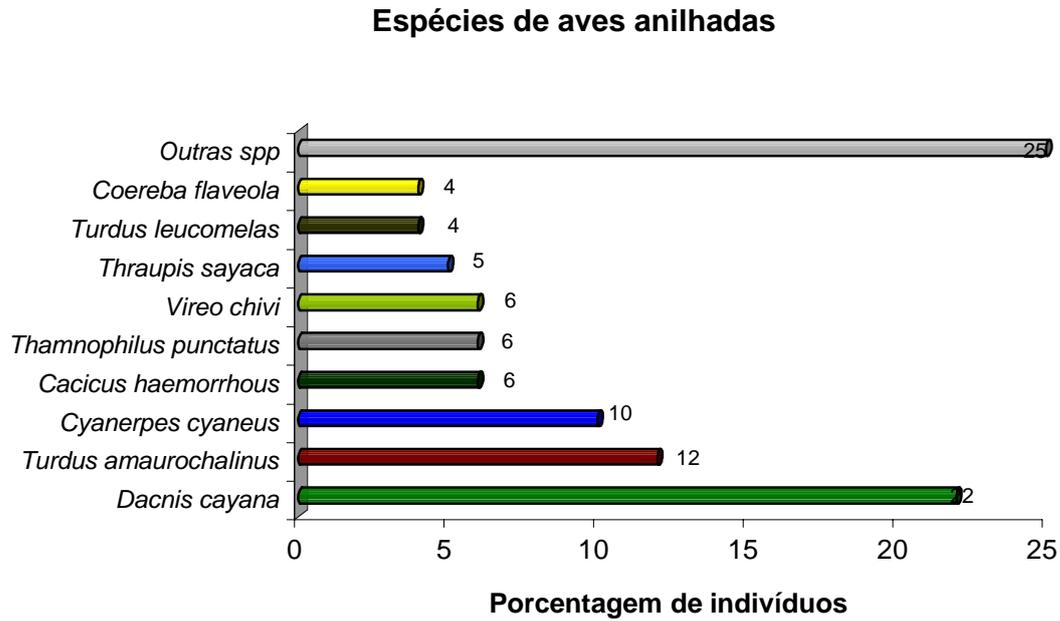


Figura 7: Espécies de aves com maior número de indivíduos anilhados em Ponta Ubu e porcentagem dos indivíduos em relação ao total.

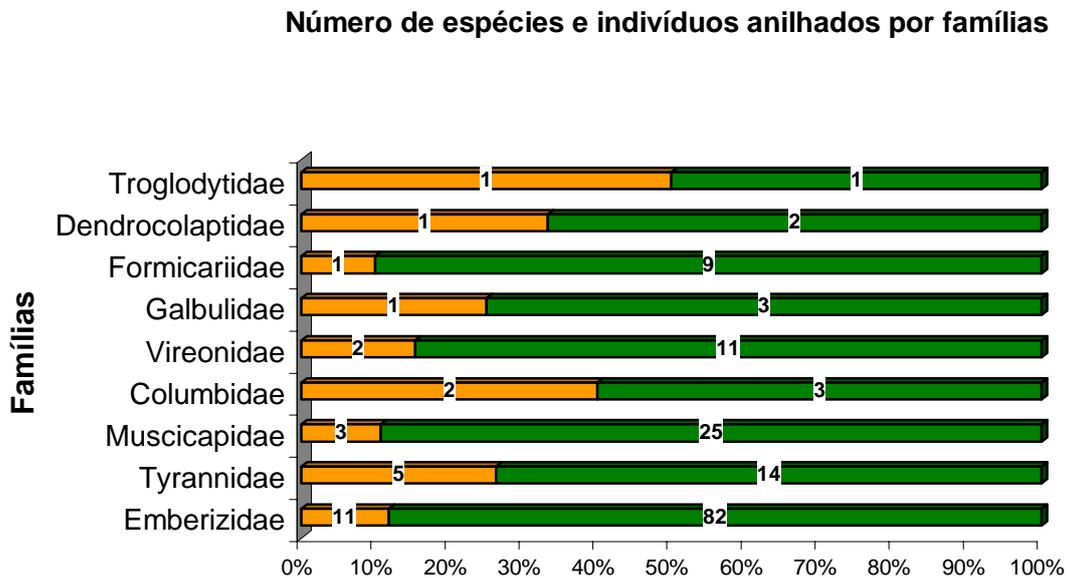


Figura 8: Número de aves anilhadas por famílias em Ponta Ubu. Em laranja = nº de espécies; em verde = nº de indivíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, M.A. 1995. *Lista de Campo das Aves no Brasil*. Belo Horizonte: Acangaú.
- Andrade, M.A. 1997. *Aves Silvestres: Minas Gerais*. Belo Horizonte: CIPA, 176 p.
- Andrade, M.A. 2003. *Árvores Zoocóricas como Núcleos de Atração de Avifauna e Dispersão de Sementes*. Lavras: UFLA (Dissertação de Mestrado).
- Andrade, M.A. & Andrade-Greco, M.V. 1992. *Portraits of Brazilian Birds*. Belo Horizonte: Littera Maciel, 128 p.
- Anjos, L. 1996. *Levantamento quantitativo de comunidades de aves*. Anais V Congresso Brasileiro de Ornitologia, Campinas, Unicamp. p. 145-150
- Antas, P.T.Z. & Almeida, A.C. 2003. *Aves como bioindicadoras de qualidade ambiental: aplicação em áreas de plantio de eucalipto*. Espírito Santo: Aracruz e Funatura.
- Bergallo, H.G.; Rocha, C.F.D.; Alves, M. A. S.; Sluys, M. Van (org.) 2000. *A Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: EdUERJ.
- Bernardes, A.T. et al 1990. *Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Bibby, C.J. et al. 2000. *Bird Census Techniques*. London: Academic Press. 302p.
- BirdLife International. 2000. *Threatened Birds of the World*. Barcelona and Cambridge: Lynx Edicions and BirdLife International, 852p.
- Collar, N.J. et al. 1987. Avifauna da Mata Atlântica. IN: *Anais do Seminário Desenvolvimento Econômico e Impacto Ambiental em Áreas de Trópico Úmido Brasileiro: a experiência da CVRD*. Rio de Janeiro: CVRD. p.73-84
- Collar, N.J. et al. 1992. *Threatened Birds of the Americas: The ICBP/IUCN Red Data Book*. 3ª Edição, Parte 2. Cambridge: ICBP. 1150 p.
- Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Instituto Estadual de Florestas-MG. 2000. *Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- Dunning, J.S. 1982. *South American Land Birds*. Pennsylvania: WWF, 364 p.
- Hayman, P.; Marchant, J. & Prater, T. 1986. *Shorebirds: an identification guide*. Boston: Houghton Mifflin Company. 412p.
- IBAMA. 1994. *Manual de Anilhamento de Aves Silvestres*. Brasília: IBAMA/CEMAVE.
- Lopes, S. A. *Biodiversidade e Conservação da Fauna em Ponta Ubu, Anchieta, ES*. Anchieta: SAMARCO. 115p. (Programa de Educação Ambiental)

- Machado, A.B.M.; Fonseca, G.A.B.; Machado, R.B.; Aguiar, L.M.S; Lins, L.V. 1998. *Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Cambridge: Cambridge University Press. 179 p.
- Mittermeier, R.A.; Myers, N.; Mittermeier, C.G. & Gil, P.R. 1999. *Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. CEMEX, Sierra Madre, Conservation International.
- Moojen, J.; Carvalho, J.C.; Lopes, H.S. 1941. Observações sobre o conteúdo gástrico das aves brasileiras. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 36 (3): 405-444.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Novelli, R. 1997. *Aves Marinhas Costeiras do Brasil*. Porto Alegre: Cinco Continentes. 90p. il.
- Pacheco, J.F. & Bauer, C. 2001. A lista de aves do Espírito Santo de Augusto Ruschi (1953): uma análise crítica. IN: Albuquerque, J.L.B. et al (eds.). *Ornitologia e Conservação: da Ciência às Estratégias*. Tubarão: Unisul. p.261-278
- Peña, M. De La & Rumboll, M. 1998. *Birds of Southern South America and Antarctica*. New Jersey: Princeton University Press. 304p. il.
- Ridgely, R.S. & Tudor, G. 1989. *The Birds of South America: The Oscine Passerines*. Austin: University of Texas Press. vol. I
- Ridgely, R.S. & Tudor, G. 1994. *The Birds of South America*. Austin: University of Texas Press. vol. II
- Ruschi, A. 1953. Lista das aves do Estado do Espírito Santo. *Bol. Mus. Biol. Prof. Mello Leitão*, ser. Zool. 11:1-21
- Ruschi, A. 1967. Lista atual das aves do Estado do Espírito Santo. *Bol. Mus. Biol. Prof. Mello Leitão*, ser. Zool. 28A:1-45
- Schubart, O.; Aguirre, A.C.; Sick, H. 1965. Contribuição para o conhecimento da alimentação das aves brasileiras. *Arquivos de Zoologia*, São Paulo, 12: 95-249.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 980 p.
- Simon, J.E. 2000. Composição da avifauna da Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Teresa, ES. *Bol. Museu de Biol. Mello Leitão* (N.Sér.) 11/12:149-170.
- Souza, D. 1998. *Todas as Aves do Brasil*. Feira de Santana: Ed. Dall.
- Venturini, A.C. et al. 1996. *Aves e Mamíferos na Restinga: Parque Estadual Paulo César Vinha, Setiba, Guarapari, ES*. Vitória: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável. 68p.

ANEXO A

LISTA GERAL DA AVIFAUNA REGISTRADA EM PONTA UBU

Tabela A: Lista geral da avifauna registrada em Ponta Ubu, Samarco, Anchieta, ES.
Legenda: Categoria de fauna: Mi = migratória; Ci = cinegética; Xe = xerimbabo (animal de estimação). Hábito alimentar: F = frugívoro; G = granívoro; I = insetívoro; P = piscívoro; C = Carnívoro; N = nectarívoro; O = onívoro.

Família e espécie	Nome comum	Ambientes					Cate- goria de fauna	Hábito alimentar
		Mata Ciliar	Restinga	Aberto / pasto	Aquático	Marinho		
Tinamidae (1)								
<i>Rhynchotus rufescens</i>	perdiz			x			Ci	O
Podicipedidae (1)								
<i>Tachybaptus dominicus</i>	mergulhão-pequeno				x			P
Phalacrocoracidae (1)								
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	biguá				x		Mi	P
Fregatidae (1)								
<i>Fregata magnificens</i>	tesourão-magnífico, tesoura					x		P
Ardeidae (7)								
<i>Ardea cocoi</i>	Garça-moura				x		Mi	P
<i>Casmerodius albus</i>	garça-branca-grande				x		Mi	P
<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena				x		Mi	P
<i>Bubulcus ibis</i>	garça-vaqueira			x			Mi	I
<i>Butorides striatus</i>	Socozinho, socó-mirim				x			P
<i>Pilherodius pileatus</i>	garça-real				x		Mi	P
<i>Tigrisoma lineatum</i>	socó-boi-ferrugem				x			P
Cathartidae (3)								
<i>Cathartes aura</i>	urubu-caçador			x				C
<i>Cathartes burrovianus</i>	urubu-de-cabeça-amarela urubu-rei			x				C

<i>Coragyps atratus</i>	urubu-comum			x				C
Anatidae (2)								
<i>Dendrocygna viduata</i>	irerê				x		Mi, Ci	O
<i>Amazonetta brasiliensis</i>	marreca-pé-vermelho				x		Mi, Ci	O
Accipitridae (2)								
<i>Leptodon cayanensis</i>	gavião-de-cabeça-cinza, gavião-pomba	x	x				Ci	C
<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó, gavião-nagê	x	x				Ci	C
Pandionidae (1)								
<i>Pandion haliaetus</i>	águia-pescadora				x	x	Mi	P
Falconidae (3)								
<i>Milvago chimachima</i>	gavião-carrapateiro		x	x			Ci	C
<i>Polyborus plancus</i>	carcará		x	x			Ci	C
<i>Falco sparverius</i>	quiri-quiri			x			Ci	C
Rallidae (4)								
<i>Rallus nigricans</i>	saracura-preta				x			O
<i>Aramides cajanea</i>	saracura				x			O
<i>Porzana albicollis</i>	siricória-do-brejo				x			O
<i>Gallinula chloropus</i>	frango-d'água				x			O
Cariamidae (1)								
<i>Cariama cristata</i>	seriema			x			Ci	C
Jacanidae (1)								
<i>Jacana jacana</i>	Jaçanã, piaçoca				x			I
Haematopodidae (1)								
<i>Haematopus palliatus</i>	piru-piru, miauí					x	Mi	C
Charadriidae (2)								
<i>Vanellus chilensis</i>	quero-quero			x	x			I
<i>Charadrius collaris</i>	batuíra-de-coleira					x	Mi	I

Laridae (1)									
<i>Sterna hirundinacea</i>	trinta-réis, ati					x		Mi	P
Columbidae (5)									
<i>Columba picazuro</i>	asa-branca, trucau		x	x				Ci	G
<i>Columbina picui</i>	rolinha-branca		x	x				Ci	G
<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha-caldo-de-feijão			x				Ci	G
<i>Scardafella squammata</i>	fogo-apagou		x	x				Ci	G
<i>Leptotila rufaxilla</i>	juriti	x	x					Ci	G
Psittacidae (1)									
<i>Amazona amazonica</i>	papagaio-do-mangue	x	x					Xe, Ci	F
Cuculidae (4)									
<i>Coccyzus americanus</i>	papa-lagarta		x					Mi	I
<i>Crotophaga ani</i>	anu-preto			x					I
<i>Crotophaga major</i>	anum-coróia, anu-azul	x	x						I
<i>Guira guira</i>	anu-branco			x					I
Tytonidae (1)									
<i>Tyto alba</i>	suindara, coruja-da-torre			x				Ci	C
Strigidae (1)									
<i>Speotyto cunicularia</i>	coruja-buraqueira, coruja-barata			x				Ci	C
Caprimulgidae (2)									
<i>Caprimulgus</i> sp	bacurau	x							I
<i>Hydropsalis brasiliiana</i>	curiango-tesoura	x							I
Trochilidae (8)									
<i>Glaucis hirsuta</i>	beija-flor-de-bico-torto	x	x						N
<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura, paparagi		x	x					N
<i>Chlorestes notatus</i>	beija-flor-de-garganta-		x					Mi	N

	azul							
<i>Chlorostilbon aureoventris</i>	besourinho-de-bico-vermelho		x					N
<i>Thalurania glaucopis</i>	beija-flor-de-fronte-violeta		x					N
<i>Hylocharis cf. cyanus</i>	beija-flor-roxo		x				Mi	N
<i>Amazilia lactea</i>	beija-flor-de-peito-azul	x	x					N
<i>Amazilia fimbriata</i>	beija-flor-garganta-verde	x	x					N
Alcedinidae (1)								
<i>Ceryle torquata</i>	martim-pescador-grande				x			P
Galbulidae (1)								
<i>Galbula ruficauda</i>	ariramba-da-mata	x	x					I
Picidae (3)								
<i>Picumnus cirratus</i>	pica-pau-anão-barrado, pica-pau-mirim	x	x					I
<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo			x				I
<i>Melanerpes candidus</i>	pica-pau-branco			x				I
Formicariidae (3)								
<i>Thamnophilus punctatus</i>	choca-bate-rabo, concom	x	x					I
<i>Thamnophilus cf. ruficapillus</i>	choca-de-boné-ruivo	x						I
<i>Pyriglena leucoptera</i>	papa-taoca	x	x					I
Furnariidae (2)								
<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro			x			Xe	I
<i>Certhiaxis cinnamomea</i>	corruíra-do-brejo				x			I
Dendrocolaptidae (2)								
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	arapaçu-de-garganta-amarela	x	x					I
<i>Lepidocolaptes squamatus</i>	arapaçu-escamoso	x	x					I
Tyrannidae (23)								
<i>Phyllomyias virescens</i>	poaieiro-verde		x					I

<i>Camptostoma obsoletum</i>	risadinha, cacurutado-mirim		x						I
<i>Elaenia flavogaster</i>	guaracava-barriga-amarela	x	x						F
<i>Todirostrum cinereum</i>	ferreirinho-relógio	x	x						I
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	bico-chato-amarelo		x						I
<i>Myiophobus fasciatus</i>	felipe	x							I
<i>Cnemotriccus fuscatus</i> cf.	guaracavuçu		x						I
<i>Xolmis velata</i>	pombinha-das-almas			x					I
<i>Knipolegus lophotes</i>	maria-preta			x					I
<i>Fluvicola nengeta</i>	noivinha			x	x				I
<i>Arundinicola leucocephala</i>	viuvinha				x				I
<i>Satrapa icterophrys</i>	suiriri-pequeno		x					Mi	I
<i>Machaetornis rixosus</i>	suiriri-cavaleiro			x					I
<i>Myiarchus ferox</i>	maria-cavaleira	x	x						I
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	x	x	x				Xe	O
<i>Megarynchus pitangua</i>	bem-te-vi-de-bico-chato	x	x					Xe	I
<i>Myiozetetes similis</i>	bentevizinho-de-coroa-vermelha	x	x					Xe	I
<i>Myiodynastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado	x	x					Xe	I
<i>Empidonomus varius</i>	peitica		x					Mi	I
<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri		x	x				Mi	I
<i>Tyrannus albogularis</i>	suiriri-garganta-branca		x					Mi	I
<i>Pachyramphus viridis</i>	caneleiro-verde	x	x						I
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	caneleiro-preto	x	x						I
Hirundinidae (4)									
<i>Progne chalybea</i>	andorinha-grande			x				Mi	I
<i>Phaeoprogne tapera</i>	andorinha-do-campo			x				Mi	I

<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	andorinha-pequena-de-casa			x				Mi	I
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	andorinha-serradora			x				Mi	I
Troglodytidae (2)									
<i>Thryothorus genibarbis</i>	garrinchão, maria-jô-vô	x	x						I
<i>Troglodytes aedon</i>	garrincha		x	x					I
Muscicapidae (4)									
<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira	x	x					Ci, Xe	F
<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranqueiro, sabiá-da-mata	x	x					Ci, Xe	F
<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca	x	x					Ci, Xe	F
<i>Turdus albicollis</i>	sabiá-coleira		x					Xe	F
Mimidae (2)									
<i>Mimus gilvus</i>	sabiá-da-praia		x				x	Xe	I
<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo			x				Xe	I
Vireonidae (2)									
<i>Vireo chivi</i>	juruviara	x	x					Mi	F
<i>Hylophilus thoracicus</i>	vite-vite-de-peito- amarelo	x	x						I
Emberizidae (27)									
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	gaturamo-do-brejo, mariquita						x	Xe	I
<i>Basileuterus culicivorus</i>	pula-pula	x	x						I
<i>Coereba flaveola</i>	caga-cebo	x	x					Xe	N
<i>Hemithraupis flavicollis</i>	saíra-galega	x	x					Xe	F
<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto	x	x					Xe	F
<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço	x	x	x				Xe	F
<i>Thraupis cyanoptera</i>	sanhaço-de-encontro- azul	x	x					Xe	F
<i>Thraupis palmarum</i>	sanhaço-do-coqueiro		x					Xe	F

<i>Euphonia xanthogaster</i>	gaturamo		x					Xe	F
<i>Euphonia chlorotica</i>	vivi	x	x					Xe	F
<i>Tangara cayana</i>	sanhaço-cara-suja	x	x	x				Xe	F
<i>Tangara mexicana</i>	saíra-de-bando, saíra-pintada		x					Xe	F
<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul	x	x					Xe	F
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	saí-beija-flor	x	x					Xe	F
<i>Conirostrum speciosum</i>	figuinha-da-mata	x	x					Xe	F
<i>Tersina viridis</i>	saí-andorinha		x					Mi	F
<i>Zonotrichia capensis</i>	tico-tico			x				Xe	G
<i>Ammodramus humeralis</i>	tico-tico-do-campo			x					G
<i>Sicalis cf. luteola</i>	canário-do-campo			x				Xe	G
<i>Emberizoides herbicola</i>	canário-do-campo, rendeira-do-brejo			x					G
<i>Volatinia jacarina</i>	tiziu			x				Xe	G
<i>Sporophila nigricollis</i>	coleirinha			x				Xe	G
<i>Sporophila caeruleascens</i>	papa-capim, colero			x				Xe	G
<i>Coryphospingus pileatus</i>	tico-tico-rei, galo-da-serra		x					Xe	G
<i>Cacicus haemorrhous</i>	guaxe	x	x					Xe	F
<i>Leistes superciliaris</i>	polícia-inglesa-do-sul			x				Xe, Mi	G
<i>Molothrus bonariensis</i>	chopim			x					I
Passeridae (1)									
<i>Passer domesticus</i>	pardal			x					G

Total de espécies: 130

ANEXO B

REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE ESPÉCIES DE AVES MONITORADAS EM PONTA UBU, ANCHIETA, ES



Foto 1: Ninhos de guaxe (*Cacicus haemorrhous*) na Barragem Norte.



Foto 2: Ninho de bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) em uma árvore ao lado do viveiro dos irerês, lagoa de Ubu.



Foto 3: Visão parcial do viveiro dos irerês, próximo à Lagoa de Ubu.



Foto 4: Viuvinha (*Arundinicola leucocephala*) macho, fotografado próximo a Lagoa de Ubu.



Foto 5: Garça-vaqueira (*Bubulcus íbis*) forrageando no pasto, na área da fazenda, próximo a PV4.



Foto 6: Garça-vaqueira (*Bubulcus íbis*) no pasto, próximo ao gado, vendo-se ao fundo uma capoeira e parte da usina da Samarco.



Foto 7: Sai-beija-flor (*Cyanerpes cyaneus*) fêmea capturada na restinga, trilha de educação ambiental. Frugívoro.



Foto 8: Sai-beija-flor (*Cyanerpes cyaneus*) macho capturado no entorno da usina, próximo ao refeitório. Frugívoro.



Foto 9: Suiriri (*Tyrannus melancholicus*) fotografado na Barragem Norte.



Foto 10: Caneleiro-preto (*Pachyramphus polychopterus*), fêmea, fotografada na Barragem Norte.



Foto 11: Bico-chato-amarelo (*Tolmomyias flaviventris*), insetívoro, capturado na restinga, trilha de educação ambiental.



Foto 12: Ferreirinho (*Todirostrum cinereum*), insetívoro, capturado na restinga, trilha de educação ambiental.



Foto 13: Figuiha-da-mata (*Conirostrum speciosum*), macho, fotografado na Barragem Norte.



Foto 14: Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) na Barragem Norte.



Foto 15: Saí-azul (*Dacnis cayana*), macho, capturado na trilha de educação ambiental, no entorno da usina. Frugívoro.



Foto 16: Saí-azul (*Dacnis cayana*), fêmea, capturada na trilha de educação ambiental, no entorno da usina. Frugívora.



Foto 17: Ariramba-da-mata (*Galbula ruficauda*), vive na mata e alimenta-se de insetos, Barragem Norte.



Foto 18: Rolinha-caldo-de-feijão (*Columbina talpacoti*), granívora, fotografada no entorno da usina, próximo ao refeitório.



Foto 19: Tico-tico-rei (*Coryphospingus pileatus*), macho, granívoro, fotografado próximo à trilha de educação ambiental.



Foto 20: Cambacica (*Coereba flaveola*), nectarívoro, fotografado e anilhado na trilha de educação ambiental.



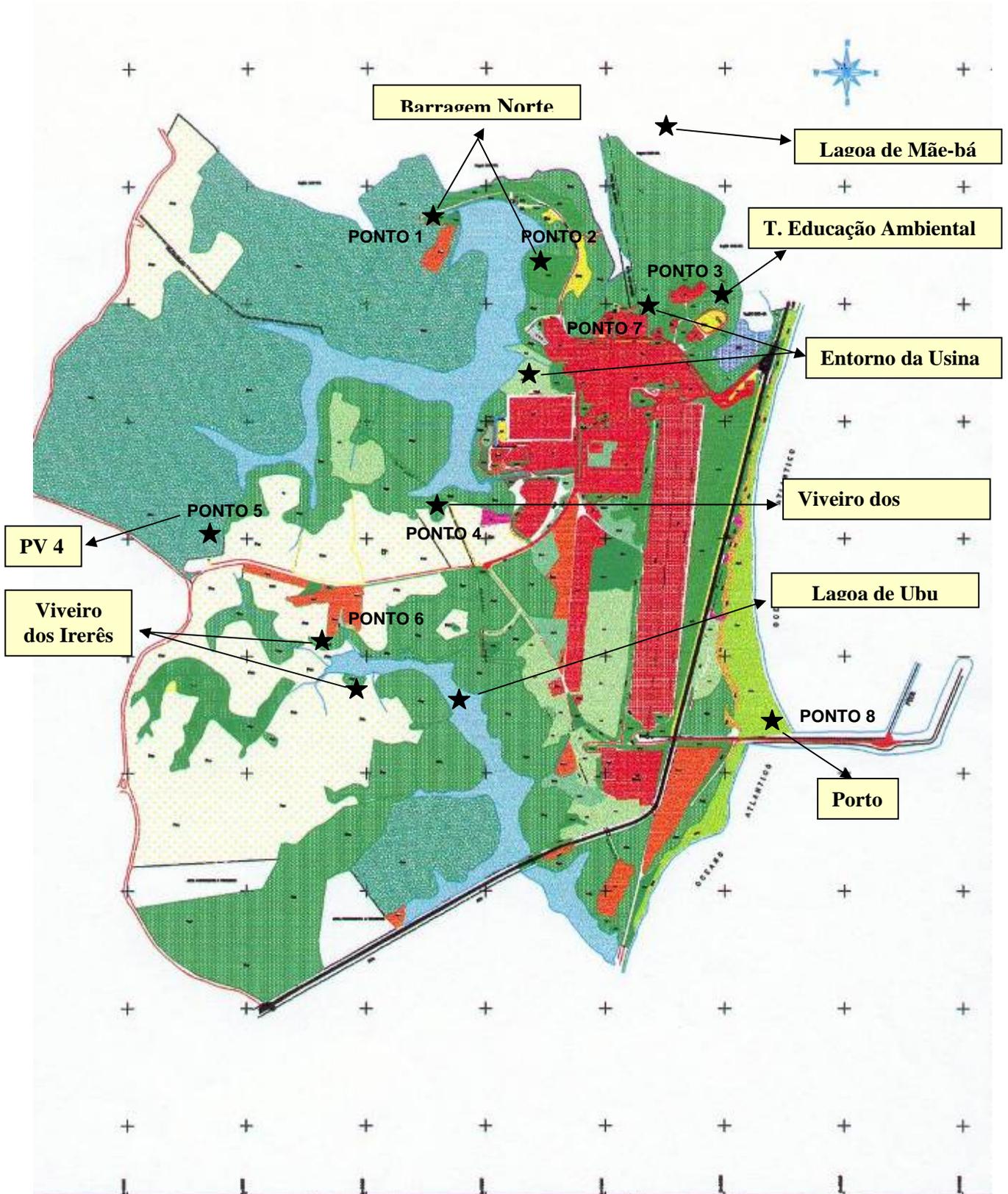
Foto 21: Juruviara (*Vireo chivi*), insetívoro e frugívoro, fotografado na trilha de educação ambiental.



Foto 22: Concom ou choca (*Thamnophilus punctatus*), macho, insetívoro, anilhado na trilha de educação ambiental.

ANEXO C

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS MONITORADOS NA ÁREA DA SAMARCO EM PONTA UBU



Legenda	Área (ha)	Legenda	Área (ha)	SAMARCO MINERAÇÃO S/A			
<ul style="list-style-type: none"> ■ Csa - Captação ■ Csp - Captação ■ Csf - Captação ■ Msa - Morte ■ Psa - Pó ■ Psl - Resíduo sólido sem contato de um ano de idade ■ Psl - Resíduo sólido ■ Psl - Resíduo sólido com possibilidade de lixiviação ■ Psa - Resíduo sólido ■ Psa - Resíduo ■ Psa - Areia ■ Psa - Tiro de escape de ar ■ Psa - Bala ■ Psa - Fábula 	<ul style="list-style-type: none"> 163,84 163,88 31,09 11,16 155,58 8,57 34,37 5,82 1,17 2,47 9,93 9,93 2,73 7,99 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bsa - Barragem ■ Bsa - Bala ■ Bsa - Alameda Industrial ■ Bsa - Tiro de escape ■ Bsa - Lagoa/Reserva ■ Bsa - Estação de tratamento de efluente ■ Bsa - Pó de salmoura ■ Bsa - Tiro de escape ■ Bsa - Indústria ■ Bsa - Indústria Industrial ■ Bsa - Indústria Administrativa ■ Entrada com cofreamento ■ Entrada sem cofreamento ■ Rio 	<ul style="list-style-type: none"> 15,37 9,18 9,58 12,67 55,95 9,20 25,99 9,21 9,14 41,54 1,48 3,29 13,35 	COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE UBÚ			
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA COMUNIDADE AVIFAUNÍSTICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA SAMARCO, EM PONTA UBU.				MUNICÍPIO: ANCHIETA		LOCALIZAÇÃO: UBÚ	
ESCALA: 1/5000		DATA: DEZ/1998		DESENHO: JACKSON 962-1254	FRANCHA: 1/5		

ANEXO 05
MAMÍFEROS

Relatório Anual

COMUNIDADE DE MAMÍFEROS EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO DA SAMARCO MINERAÇÃO S/A: AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO.

Responsável Técnico:

Marcelo Passamani

Biólogo pela UFES, Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida

Silvestre pela UFMG e Doutorando em Ecologia pela UFRJ

CRBio: 15186-02, e-mail: pasamani@terra.com.br

Auxiliar:

Jenilson Dalmaschio

Biólogo pela ESESFA

Vitória - ES

Março 2003

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO.....	3
2 - TERMOS TÉCNICOS UTILIZADOS.....	4
3 – MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 – ÁREAS DE ESTUDOS E ARMADILHAGEM.....	5
3.2 – METODOLOGIA DE COLETA.....	7
3.3 – ANÁLISE DOS DADOS.....	8
3.4 – COLOCAÇÃO DE RÁDIOS-TRANSMISSORES.....	10
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4.1 – ESPÉCIES DE MAMÍFEROS CONFIRMADAS PARA AS ÁREAS DA SAMARCO MINERAÇÃO S/A.....	11
4.2 – PEQUENOS MAMÍFEROS CAPTURADOS.....	15
4.2.1- SUCESSO DE CAPTURA	15
4.2.2 – FREQUÊNCIA DAS ESPÉCIES.....	16
4.2.3 – ABUNDÂNCIA DAS ESPÉCIES.....	18
4.2.7 – ANÁLISE DA COMUNIDADE.....	19
4.2.9 – ACOMPANHAMENTO POR RÁDIO-TELEMETRIA.....	20
5 – AGRADECIMENTOS.....	22
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

1 – INTRODUÇÃO

A grande riqueza biológica e a rapidez da destruição, têm colocado as florestas tropicais no centro das atenções conservacionistas. Cobrindo, apenas, 7% da superfície terrestre, podem abrigar mais da metade das espécies biológicas (Myers, 1997), a maioria das quais completamente desconhecidas para a ciência. Há estimativas de que mais de 200.000 km² de florestas tropicais são destruídos por ano (Myers, 1997), o que representa uma inestimável perda de diversidade biológica.

Dentre as florestas tropicais, a Mata Atlântica é uma das mais ameaçadas do mundo (Mittermeier *et al.*, 1982). É um bioma que guarda grande diversidade biológica e um alto grau de endemismos, sendo considerada por alguns autores como mais complexa e diversificada que muitas florestas da Amazônia (Brown & Brown, 1992).

A fauna de mamíferos brasileiros contém 524 espécies e ocupa o primeiro lugar dentre os países do mundo, sendo que 250 espécies ocorrem na Mata Atlântica, com 65 endemismos (Fonseca *et al.*, 1996). Os roedores e marsupiais são grupos bem representativos, sendo que das 209 espécies que ocorrem no Brasil há pelo menos 23 espécies de marsupiais e 79 de roedores na Mata Atlântica, dos quais 39% e 46%, respectivamente, são espécies endêmicas (Fonseca *et al.*, 1996).

Apesar da Mata Atlântica possuir uma fauna diversa e com muitas espécies endêmicas (Mittermeier *et al.*, 1982; Fonseca & Kierulff, 1989; Stallings, 1989), a mastofauna é ainda pouco conhecida, sendo poucas as localidades onde já foram feitos inventários exaustivos deste grupo e, menos ainda, onde suas populações foram estudadas por períodos prolongados.

O presente relatório tem como objetivo apresentar os resultados relativos ao estudo da comunidade de mamíferos realizado no período de janeiro a dezembro de 2002. Será apresentado os dados relativos as coletas dos animais em armadilhas, a capturabilidade e história natural das espécies, assim como um inventário das espécies de mamíferos nas áreas de vegetação da Samarco Mineração S/A.

2 - TERMOS TÉCNICOS UTILIZADOS

Riqueza de espécies: é definido aqui como o número de espécies encontrado em um determinado habitat. Representa o número de espécies amostradas e depende da metodologia utilizada, do tempo do inventário e do esforço de captura. É um dos parâmetros utilizados para a medida da diversidade.

Diversidade de espécies: Refere-se ao número de diferentes formas biológicas ocorrendo no mesmo habitat. Normalmente a unidade de medida da diversidade é a espécie. Para a medida de diversidade são utilizados vários índices.

Índice de diversidade: Os índices de diversidade são números que traduzem valores atribuídos a um conjunto de espécies que coexistem em uma determinada área. Para o cálculo deste índices são considerados dois parâmetros básicos de uma comunidade de espécies: a riqueza (N) que é o número total de espécies presentes, e a abundância relativa (%), que é a contribuição relativa de cada espécie para o total de indivíduos observados. Os índices de diversidade devem ser utilizados apenas para efeito de comparação entre duas ou mais comunidades de espécies, quando o esforço de captura e os métodos utilizados forem idênticos. Neste estudo foi utilizado o índice de Shannon-Weaver (Magurran, 1988) por ser este um dos mais amplamente utilizados em estudos ecológicos e por possibilitar testar diferenças estatísticas entre índices calculados para diferentes comunidades.

Equitabilidade: É um dos componentes dos índices de diversidade relacionado a abundância de espécies. Trata da forma como as espécies são distribuídas ou seja o quão abundantes são. Uma alta equitabilidade significa que as espécies ocorrem igualmente ou se distribuem, em termos de abundância, igualmente. Essa alta equitabilidade está diretamente relacionada com um alto índice de diversidade.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1- ÁREAS DE ESTUDO E ARMADILHAGEM

Neste ano de 2002 as coletas foram realizadas no período de janeiro a dezembro em quatro campanhas distintas, em intervalos de dois ou três meses. Em cada campanha foram feitos esforços de captura e amostragens em áreas diferentes, sendo somente as áreas A avaliada em todas as campanhas (Tabela 1).

Tabela 1 – Período de amostragem e áreas amostradas nas seis campanhas realizadas em 2001.

	Campanhas			
	13 ^a	14 ^a	15 ^a	16 ^a
<i>Período de amostragem</i>	08 a 11/03/01	26 a 30/04/01	04 a 08/07/01	29/08 a 01/09/01
<i>Áreas amostradas</i>	A	A	A	A e Baldes

A área definida como área A, localiza-se próximo da barragem norte em uma vegetação de capoeira em estágio avançado de recuperação. Apresenta um sub-bosque pouco denso e de fácil acesso. Possui árvores de grande porte que chegam a

alcançar mais de 10 metros, e é a área de amostragem em melhor estado de conservação. Por estas características esta área foi selecionada para monitoramento.

Nesta área foram feitos três transectos de 100 m cada equidistantes 50 m. o que totaliza 1,0 ha. Os pontos de captura foram estabelecidos ao longo dos transectos a cada 20 m um do outro, e em cada ponto foram colocadas duas armadilhas: uma disposta no solo e outra no estrato médio e fixada em galhos de árvores (entre 1 e 2 m). Em cada ponto foram colocadas uma armadilha média de arame galvanizado (tipo grade) e uma do tipo Sherman, disposta alternadamente nos diferentes estratos da mata, o que perfaz um total de 36 armadilhas.

Grande parte das áreas da Samarco Mineração S/A. foram percorridas para verificar a presença de algum indício (por exemplo fezes, pegadas, vocalização ou visualização) que pudesse acusar a presença de espécies. O interior da vegetação foi percorrido de dia e a noite para detectar a presença de alguma espécie. Também foram percorridas de carro as estradas internas da empresa.

3.2 - METODOLOGIA DE COLETA

O método utilizado para a coleta de pequenos mamíferos foi captura-marcação-recaptura, e as armadilhas foram iscadas com banana. Os animais capturados foram identificados, marcados com brincos numerados e os seguintes dados foram coletados: peso corporal, comprimento da cauda, comprimento cabeça-corpo, comprimento da pata traseira, sexo e condição reprodutiva (fêmeas lactantes e presença de filhotes no marsúpio). Após manipulação os animais foram liberados no mesmo local de coleta.

O número total de capturas compreende a soma das primeiras capturas com as subsequentes recapturas e o sucesso de captura foi obtido multiplicando o número total de capturas por 100, e dividido o resultado pelo esforço de captura (número de armadilhas/noites).

3.3 - ANÁLISE DOS DADOS

Vários índices foram empregados para avaliar a estrutura de comunidade nas áreas amostradas, seguindo Fonseca (1989) e Eisenberg (1980). Estes índices refletem as diferenças nos atributos da comunidade e fornecem simples mensurações da importância ecológica dos organismos quanto ao fluxo de energia e padrões de interações entre eles (Eisenberg, 1980). Foram eles:

- *Índice de dominância (c)*: Este índice demonstra o quanto uma área é dominada por uma ou algumas poucas espécies. É dada pela fórmula

$c = (n_i/N)^2$, onde n_i = valor de importância de cada espécie (no. de indivíduos).

N = número total dos valores de importância.

- *Riqueza de espécies (d)*: é denominado aqui como o número de espécies encontrado em um determinado habitat. Representa o número de espécies amostradas e depende da metodologia utilizada, do tempo do inventário e do esforço de captura. É um dos parâmetros utilizados para a medida da diversidade. É dada pela fórmula

$d = S \text{ por } 1000 \text{ indivíduos}$ onde S = no. de espécies

-Diversidade de espécies: Refere-se ao número de diferentes formas biológicas ocorrendo no mesmo habitat. Normalmente a unidade de medida da diversidade é a espécie. Para a medida de diversidade são utilizados vários índices. Os índices de diversidade são números que traduzem valores atribuídos a um conjunto de espécies que coexistem em uma determinada área. Para o cálculo deste índices são considerados dois parâmetros básicos de uma comunidade de espécies: a riqueza (N) que é o número total de espécies presentes, e a abundância relativa (%), que é a contribuição relativa de cada espécie para o total de indivíduos observados. Os índices de diversidade devem ser utilizados apenas para efeito de comparação entre duas ou mais comunidades de espécies, quando o esforço de captura e os métodos utilizados forem idênticos. Neste estudo foi utilizado o índice de Shannon-Weaver (H') (Magurran, 1988) por ser este um dos mais amplamente utilizados em estudos ecológicos e por possibilitar testar diferenças estatísticas entre índices calculados para diferentes comunidades. É dada pela fórmula

$$H' = \sum (n_i/N) \log (n_i/N) \quad \text{onde } n_i = \text{valor de importância para cada espécie}$$

$$N = \text{Total de valores de importância}$$

- Equitabilidade (e): É um dos componentes dos índices de diversidade relacionado a abundância de espécies. Trata da forma como as espécies são distribuídas ou seja o quão abundantes são. Uma alta equitabilidade significa que as espécies ocorrem igualmente ou se distribuem, em termos de abundância, igualmente. Essa alta equitabilidade está diretamente relacionada com um alto índice de diversidade. Este índice demonstra como as espécies estão dispostas na área. É dada pela fórmula

$$e = H' / \log S \quad \text{onde } H' = \text{índice de Shannon}$$

$$S = \text{no. de espécies}$$

3.4 - COLOCAÇÃO DE RÁDIOS TRANSMISSORES

O exemplar de Ouriço-cacheiro (*Sphiggurus villosus*) capturado em 2001 e acoplado o rádio transmissor (frequência 037) foi recapturado neste ano para troca do rádio. A tentativa de monitoramento foi realizada na 13ª campanha, entretanto não foi possível obter o sinal do animal. É provável que a baixa carga da bateria tenha se esgotado, o que impossibilitou a localização do animal. Várias investidas ao local foram realizadas, sem sucesso.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – ESPÉCIES DE MAMÍFEROS COM REGISTRO CONFIRMADO PARA AS ÁREAS DA SAMARCO MINERAÇÃO S/A.

A partir dos dados de captura, visualizações e registros indiretos realizados nas áreas amostradas foi confirmada a presença de dezenove espécies de mamíferos, pertencente as ordens Didelphimorphia, Xenarthra, Carnivora e Rodentia (Tabela 2). Destas, três são espécies endêmicas da Mata Atlântica, o que corresponde a 16,7% das espécies registradas. Estas espécies estão destacadas em negrito na Tabela 2.

Deste total, seis espécies foram capturadas, duas visualizadas e seis confirmadas por intermédio de registros indiretos como pegadas, fezes e marcas de roedura em frutos (Tabela 2).

Tabela 2 - Espécies de mamíferos de ocorrência confirmada nas áreas de influência da Samarco Mineração S/A., e o tipo de registro.

Ordem	Família	Nome científico	Nome vulgar	Tipo de registro
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis aurita</i>	Gambá	Captura
		<i>Marmosa murina</i>	Catita	Captura
		<i>Philander frenata</i>	Cuica-de-quatro-olhos	Captura
		<i>Micoureus demerarae</i>	Catita	Captura
		<i>Metachirus nudicaudatus</i>	Jupati	Captura
		<i>Monodelphis americana</i>	Cuíca-de-três-listras	Captura
		<i>Gracilinanus microtarsus</i>	Catita	Captura
Xenarthra	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Tatú-galinha	Visualização
		<i>Euphractus sexcinctus</i>	Tatú-peba	Visualização
	Myrmecophagida	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá-de-colete	Visualização
	e			
Carnivora	Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i>	Lontra	Fezes, pegadas
	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i>	Mão-pelada	Pegadas
	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i>	Cachorro-do-mato	Visualização, pegadas
	Felidae	<i>Herpailurus yaguarondi</i>	Jaguarundi	Pegadas
Rodentia	Agoutidae	<i>Agouti paca</i>	Paca	Visualização, pegadas
	Muridae	<i>Nectomys squamipes</i>	Rato d'água	Captura
	Caviidae	<i>Cavia sp.</i>	Preá	Pegadas
	Sciuridae	<i>Sciurus aestuans</i>	Caticoco	Visualização.
	Erethizontidae	<i>Sphiggurus insidiosus</i> *	Ouriço-cacheiro	Visualização

* Este gênero necessita de revisão taxonômica, portanto pode pertencer a outra espécie.

A composição da comunidade foi dominada por espécies de marsupiais (7). Já os roedores tiveram representados por 5 espécies, carnívoros por 4 e os Xenarthras por 3 espécie (Tabela 2). Deve se destacar a confirmação da presença de *Lontra longicaudis* e *Herpailurus yaguarondi*, listadas como ameaçadas de extinção (Fonseca *et al.*, 1994).

A combinação da utilização de técnicas de captura, registro visual, identificação de evidências indiretas como pegadas, fezes e vocalizações têm sido efetiva para assegurar a diversidade de mamíferos não voadores, e boa parte delas têm sido utilizada em outros estudos em regiões tropicais (Eisenberg *et al.* 1979; Emmons, 1984; Fonseca & Kierulff, 1989; George *et al.* 1988; Glanz, 1982; Pine, 1973; Rabinowitz & Nottingham, 1989; Stallings, 1989, Passamani *et al.*, 2000).

Este valor representa cerca de 12% da fauna da Mata Atlântica, o que evidencia a importância das áreas de vegetação da Empresa como mantenedora da diversidade de espécies de mamíferos. Se a ordem Chiroptera for contemplada nestas amostragens certamente estes índices se elevarão.

O número de espécies de mamíferos registradas demonstra que a área apresenta uma boa riqueza de espécies. Se comparado o número preliminar de espécies de mamíferos da Samarco Mineração S/A. com outra área inventariada no Espírito Santo, e que está na região de maior riqueza de espécies de mamíferos da Mata Atlântica (vide Passamani *et al.*, 2000), podemos constatar a presença de quase 30% das espécies presentes no município de Santa Teresa, apresentando cerca de 75% dos marsupiais, que foram os grupos mais expressivos.

A curva cumulativa de espécies ou curva de coletor (Figura 1) começou a apresentar uma certa estabilização, mostrando que o número de espécies pode estar bem amostrada. Entretanto é importante que novas áreas e ambientes sejam amostrados, bem como aumentado o esforço de captura. Isto justifica a continuidade dos estudos para avaliar com mais segurança a comunidade de mamíferos. É importante que se contemple a amostragem de espécies da ordem Chiroptera.

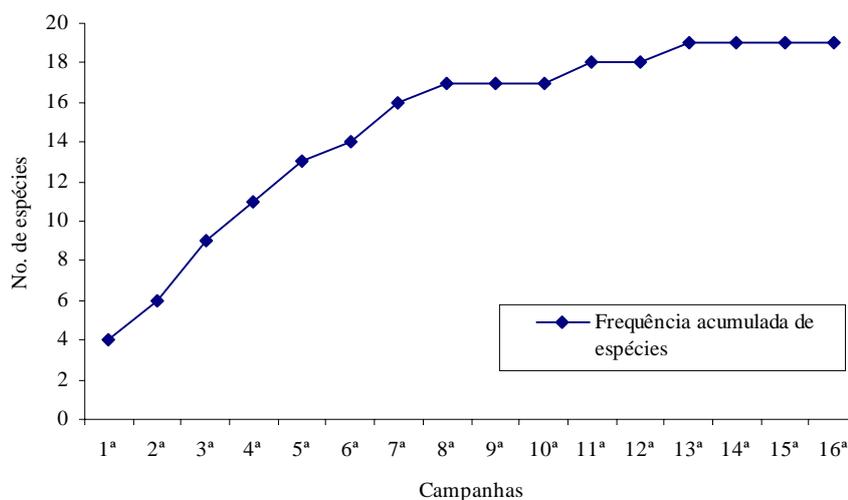


Figura 1 – Curva cumulativa de espécies (curva do coletor) amostradas nas áreas de influência da Samarco Mineração S.A nas dezesseis campanhas.

4.2 - PEQUENOS MAMÍFEROS CAPTURADOS

4.2.1 – ABUNDÂNCIA DAS ESPÉCIES

Com relação às capturas, foi realizado um esforço em todas as áreas de 717 armadilhas/noites e capturado um total de 75 indivíduos, o que perfaz um sucesso de captura de 10.5%. A espécie mais abundante foi *M. murina* quando 22 indivíduos foram coletados, o que equivale a 70.1% das espécies. *D. aurita* foi capturado 4 vezes, correspondendo a 12.9% das capturas e *P. frenata* e *M. nudicaudatus* foram capturado 2 vezes cada (6.45%). *Micoureus demerarae* foi capturado somente uma vez cada, equivalendo a 3.23% (Figura 3).

Tabela 3 – Número de capturas por espécies nas áreas da Samarco Mineração S/A. usando armadilhas.

Espécie	Total	%
<i>Marmosa murina</i>	22	70.1
<i>Didelphis aurita</i>	4	12.9
<i>Micoureus demerarae</i>	1	3.23
<i>Philander frenata</i>	2	6.45
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	2	6.45
Esforço de captura (no. arm.)	432	
Sucesso de captura (%)	7.18	

Todas as espécies capturadas neste estudo pertencem a ordem Didelphimorphia. Os resultados relativos a captura de pequenos mamíferos no Brasil variam muito com relação a proporção de ordens capturadas. O predomínio de marsupiais concorda com os estudos de Fonseca & Kierrulf (1989), Stallings (1989) e Passamani (1995; 2000) em Floresta Atlântica, entretanto em nenhum outro estudo feito as espécies da ordem Rodentia estiveram em tão baixo número. Apesar de Hunsaker (1977) dizer que marsupiais requerem grande esforço para capturá-los, neste estudo estes foram extremamente abundantes. Uma explicação para a alta taxa de captura de marsupiais pode ser o tipo de floresta amostrada, uma vez que Charles-Dominique (1983) sugere que marsupiais podem ter altas densidade em locais com abundante recurso alimentar, particularmente insetos. A ausência de pequenos roedores pode ter uma relação direta com a escassez de frutos e sementes na área, uma vez que boa parte das espécies de pequenos roedores apresenta dieta frugívora/granívora (Fonseca et al., 1996). De fato, frutos e sementes não são facilmente encontrados no interior da mata (com. pess.)

4.2.4 - ANÁLISE DA COMUNIDADE

Nas campanhas realizadas neste ano de 2002 foram capturados um total de 5 espécies de pequenos mamíferos e uma diversidade de espécies de 0.972, segundo índice de Shannon-Weaver. A uniformidade de distribuição de espécies (Equitabilidade) foi de 0.604 (Tabela 4).

Tabela 4 – Caracterização da comunidade para todas as campanhas (geral).

Parâmetros	Geral
Riqueza de espécies (N)	5
Diversidade de Shannon-Weaver (H')	0.972
Equitabilidade (E)	0.604

Com relação aos parâmetros comunitários analisados por campanha, podemos verificar que o maior resultado referente ao índice de diversidade de Shannon ocorreu na 15ª campanha ($H' = 0.939$) e o menor na 16ª campanha ($H' = 0.349$) (Tabela 5). Este valor reduzido na 10ª campanha pode estar relacionado ao pequeno número de espécies e grande número de exemplares capturados de *M. murina* (oito *M. murina* contra 1 de *D. aurita*).

Tabela 5 – Parâmetros de estrutura de comunidade de pequenos mamíferos coletados por campanha na área A.

Parâmetros comunitários	Campanhas			
	13ª	14ª	15ª	16ª
Riqueza de espécies	2	3	4	2
Diversidade Shannon (H')	0.500	0.736	0.939	0.349
Equitabilidade	0.721	0.670	0.675	0.504

Com relação às capturas com os baldes realizadas na última campanha deste ano, foi realizado um esforço de captura de 99 baldes/noites e capturado somente dois animais, o que perfaz um sucesso de captura de 2.02% (Tabela 6). As espécies capturadas foram um exemplar de *N. squamipes* e um jovem de *D. aurita* (Tabela 7).

Tabela 6 – Número de animais capturados e esforço e sucesso de captura dos pequenos mamíferos nas áreas amostradas com armadilhas e baldes.

Áreas amostradas	Baldes
No. de capturas	2
*Esforço de captura	99
Sucesso de captura (%)	2,02

(* = armadilhas ou baldes/noites)

Tabela 7 – Espécies capturadas nas áreas com baldes e porcentagem de captura

Espécie	Baldes	%
<i>Didelphis aurita</i>	1	50
<i>Nectomys squamipes</i>	1	50

5- AGRADECIMENTOS

Agradeço a Samarco Mineração S/A pelo apoio financeiro indispensável à execução do projeto, e especialmente a bióloga Sandrelly Amigo, que de inúmeras maneiras contribuiu de maneira fundamental para a execução dos trabalhos. Ao Museu de Biologia Prof. Mello Leitão pelo apoio logístico e ao IBAMA pela licença para coleta dos animais. A todas as pessoas que nos ajudaram nos trabalhos de campo, especialmente Luiz e José Luiz, e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling Methods. *Behavior* 49:227-267.
- Atramentowicz, M. 1982. Influence du milieu sur l'activité locomotrice et la reproduction de *Caluromys philander* (L.). *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 36: 373-395.
- Atramentowicz, M. 1986. Dynamique de population chez trois marsupiaux didelphidés de Guyane. *Biotropica* 18(2): 136-149.
- Brown, Jr., K.S. & Brown, G.G. 1992. Habitat alteration and species loss in Brazilian forests. In: T.C. Whitmore & J.A. Sayer (eds.). *Tropical deforestation and species extinction*. The IUCN Forest Conservation Programme, London, Chapman & Hall.
- Cerqueira, R. 1984. Reproduction the *Didelphis albiventris* dans le nord-est du Bresil (Polyprotodontia, Didelphidae). *Mammalia* 48(1): 95-104.
- Charles-Dominique, P. 1983. Ecology and social adaptations of didelphid marsupials: Comparison with eutherians of similar ecology. In J.F. Eisenberg & D. Kleiman (eds.) *Advances in the study of mammalian behaviour*. Special Publication, The American Society of Mammalogists, Shippensburg, Penn. p. 395-422.
- Charles-Dominique, P.; Atramentowicz, M.; Charles-Dominique, M.; Gérard, H.; Hladik, A.; Hladik, C.M. & Prévost, M.F. 1981. Les mamíferes arboricoles nocturnes d'une foret guyanaise : inter-relations plantes-animaux. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*. 35: 341-435.
- Eisenberg, J.F.; O'connel, M. & August, P.V. 1979. Density, productivity, and distribution of small mammals in two Venezuelan habitats. In: J.F. Eisenberg (ed.). *Vertebrate ecology in the northern neotropics*. Smithsonian Institution Press, Washington. p. 187-207.

- Emmons, L.H. 1984. Geographic variation in densities and diversities of non-flying mammals in Amazonia. *Biotropica* 16: 210-222.
- Fleck, D.W & Harder, J.D. 1995. Ecology of marsupials in two Amazonian rain forests in northeastern Peru. *J. Mamm.* 76(3): 809-818.
- Fleming, T.H. & Sosa, V.J. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *J. Mammal.* 75:845-851.
- Fonseca, G.A.B. & Kierulff, M.C.M. 1989. Biology and natural history of Brazilian Atlantic Forest small mammals. *Bull. Flor. State Mus. Biol. Sci.* 34(3):99-152
- Fonseca, G.A.B. 1985. The vanishing brazilian atlantic forest. *Biol. Cons.* 34:17-34.
- Fonseca, G.A.B.; A.B. Rylands; C.M.R. Costa; R.B. Machado & Y.L.R. Leite.
1994. *Livro Vermelho dos Mamíferos Brasileiros Ameaçados de Extinção*.
Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, 459 p.
- Fonseca, G.A.B.; G. Hermann; Y.L.R. Leite; R.A. Mittermeier; A.B. Rylands & J.L. Patton. 1996. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. *Occasional Papers in Conservation Biology* 4:1-38.
- Foster, 1982. The seasonal rhythm of fruitfall on Barro Colorado Islands. In: E.G. Leigh; A.S. Rand & D.M. Windsor (eds.). *The ecology of a Tropical Forest: Seasonal Rhythms and Long-term Changes*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- George, T.K.; Marques, S.A.; De Vivo, M.; Branch, L.C.; Gomes, N. & Rodrigues, R. 1988. Levantamento de mamíferos do Parna - Tapajós. *Brasil Florestal* 63: 33-41.
- Glanz, W.E. 1982. The terrestrial mammal fauna of Barro Colorado: Censuses and long-term changes. In E.G. Leigh; A.S. rand and D.M. Windsor (eds.) *The ecology of a tropical forest*. Smithsonian Institution Press, Washington, p. 455-468.
- Gliwicz, J. 1988. Seasonal dispersal in non-cyclic population of *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis*. *Acta Theriol.* 33:263-272.

- Grelle, C.E.V. 1996. *Análise tridimensional de uma comunidade de pequenos mamíferos*. Tese de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Grelle, C.E.V. 1999. Potencial dispersal of *Cecropia hololeuca* by the common opossum (*Didelphis aurita*) in Atlantic Forest, Southeastern Brazil. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 54:327-332.
- Hunsaker, D. 1977. Ecology of of new world marsupials. In: Don Hunsaker (ed). *The biology of marsupials*. Academic Press, New York.
- Janzen, D. H. 1973. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, times of day and insularity. *Ecology* 54: 687-708.
- Janzen, D. H.; Schoener, T. W. 1968. Differences in insect abundance and diversity between wetter and drier sites during a tropical dry season. *Ecology* 49, 96-110.
- José, H. & Andrade, H.K. 1996. Food and feeding habits of the neotropical river otter *Lontra longicaudis* (Carnivora, Mustelidae). *Mammalia* 61(2):193-203.
- Julien-Lafrière, D. & Atramentowicz, M. 1990. Feeding and reproduction of three didelphid marsupials in two Neotropicals forests (French Guiana). *Biotropica* 22(4): 404-415.
- Julliot, C. 1994. Frugivory and seed dispersal by red howler monkey: evolutionary aspect. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 49:331-341.
- Krebs, C.J. 1966. Demographic changes in fluctuating population of *Microtus californicus*. *Ecol. Monogr.* 35:239-273.
- Leite, Y.L.R.; Stallings, J.R. & Costa, L.P. 1994. Partição de recursos entre espécies simpátricas de marsupiais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro. *Rev. Bras. Biol.* 54(3): 525-536.
- Mares, M.A.; Ernest, K.A. & Gettinger, D. 1986. Small mammals community structure and composition in the cerrado province of central Brazil. *J. Trop. Ecol.* 2:289-300.

- Mittermeier, R.A., Coimbra-Filho, A.F.; Constable, I.D.; Rylands, A.B. e Valle, C.M. 1982. Conservation of primates in the Atlantic Forests of Brazil. *Int. Zoo. Yearbook.* 22:2-17.
- Myers, N. 1997. Florestas Tropicais e suas espécies – sumindo, sumindo...? *In:* E.O. Wilson (ed.). *Biodiversidade*. Ed. Nova Fronteira S.A., Rio de Janeiro, p. 36-45.
- O’Connel, M. 1979. Ecology of didelphid marsupials from northern Venezuela. *In:* J.F. Eisenberg (ed.). *Vertebrate ecology in the northern Neotropics*. Smithsonian Institutions Press, Washington, p. 73-87.
- O’Connel. M.A. 1989. Population dynamics of Neotropical small mammals in seasonal habitats. *J. Mamm.* 70: 532-548.
- Paglia, A.P; DeMarco, Jr.P.; Costa, F.M.; Pereira, R.F. & Lessa, G. 1995. Heterogeneidade estrutural e diversidade de pequenos mamíferos em um fragmento de mata secundária de Minas Gerais, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 12:67-79.
- Passamani, M. & Camargo S.L. 1995. Diet of the river otter *Lutra longicaudis* in Furnas reservoir, south-eastern Brazil. *IUCN Otter Specialist Group Bulletin* 12:32-34.
- Passamani, M. 1995. Vertical stratification of small mammals in Atlantic Hill forest. *Mammalia* 59(2): 276-279.
- Passamani, M. *no prelo*. Ecologia de marsupiais em uma área de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão*.
- Passamani, M., Mendes, S.L. & Chiarello, A.G. *no prelo*. Non-volant Mammals of Santa Lúcia Biological Station and Adjacent Areas of Santa Teresa, Espírito Santo, Brazil, *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão*
- Pine, R.H. 1973. Mammals (exclusive of bats) of Belém, Pará, Brazil. *Acta Amazonica* 3: 47-79.

- Rabinowitz, A, & Nottingham, B.G.J. 1989. Mammals species richness and relative abundance of small mammals in a subtropical wet forest of Central America. *Mammalia* 53: 217-226.
- Rizzini, C. T. 1979. Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos sociológicos e florísticos, vol. 2. Ed. Hucitec Ltda & Ed. da Universidade de São Paulo.
- Robinson, J.G. & Redford, K.H. 1986. Body size, diet and population density of Neotropical forest mammals. *Am. Nat.*128(5): 665-680.
- Siegel, S., 1956, *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. MacGraw-Hill.
- Stallings, J. 1989. Small mammals inventories in an Eastern Brazilian Park. *Bull. Flor. State Mus. Biol. Sci.* 34(4):153-200
- Stallings, J.R. 1988. *Small mammals communities in na eastern Brazilian Park*. Tese de Doutorado, Universidade da Florida, Gainesville, Florida
- Stallings, J.R.; Pinto, L.P.S.; Aguiar, L. & Sábato, E.L. 1990. A importância dos distúrbios intermediários na manutenção da diversidade da fauna em uma floresta tropical. In: R.P. Martins & F.S. Lopes (eds.). Atas do Encontro de Ecologia Evolutiva, São Paulo, Academia de Ciências de São Paulo.
- Voltolini, J.C. 1997. *Estratificação vertical de marsupiais e roedores na Floresta Atlântica do Sul do Brasil*. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Wolda, 1993. Trends in abundance of tropical forest insects. *Oecologia* 89: 47-52.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Zuleta, G.A.; Kravetz, F.A.; Busch, M. & percich, R.E. 1988. Dinamica populacional del ratón del pastizal pampeano (*Akodon azarae*) em ecosistemas agrarios de Argentina. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 61:231-244.

ANEXO 06
HIDROGEOLOGIA

5.4 Aspectos Hidrológicos

A análise de cartas planialtimétricas do IBGE, escala 1:50000, e da carta geral do empreendimento fornecida pela SAMARCO, datada de 1975, permite a caracterização de três áreas de drenagem distintas na área de estudo. São elas: (i) Bacia da Lagoa de Ubu; (ii) Bacia do Lago da Barragem Norte (braço da Lagoa Maimbá); e, (iii) Área do Pátio de Minério. Os limites dessas áreas são apresentados no Desenho **D1-039-5123-5120-0004-02-J**.

A Bacia da Lagoa de Ubu drena as águas da porção sul do empreendimento e possui uma área de 332,27 hectares. Mapas topográficos mais antigos mostram que o braço da Lagoa situado entre a rodovia do sol e o oceano, possuía uma conexão natural com a porção situada dentro da área industrial da SAMARCO. Durante a mudança do traçado da Rodovia do Sol, foi construído um aterro rodoviário separando os dois braços. Para permitir a conexão natural existente, foram instaladas manilhas de concreto sob a Rodovia do Sol.

A Bacia da Lagoa Maimbá drena águas para o lago homônimo. No âmbito deste estudo considerou-se para fins de avaliação, apenas a porção da bacia com 362,27 hectares, que capta água e efluentes lançados no reservatório da Barragem Norte. Este reservatório formou-se após a construção da barragem em braço da Lagoa Maimbá, situado na área industrial da SAMARCO.

O reservatório da Barragem Norte representa um sistema de prevenção de acidentes ambientais, possuindo a capacidade de absorver eventuais distorções na qualidade final dos efluentes líquidos industriais, evitando assim, o lançamento direto e a contaminação da Lagoa Maimbá. O sistema de tratamento dos efluentes líquidos industriais é composto por espessador, clarificador e uma bacia de decantação, denominada de Bacia de Polpa, e por um reservatório, denominado Barragem Norte.

A Bacia de Polpa, localizada a montante do reservatório da Barragem Norte, recebe todos os efluentes provenientes das áreas de produção. O restante dos efluentes, entre eles, os efluentes provenientes das centrais de ar condicionado, das bombas de vácuo, dos sistemas de resfriamento do circuito elétrico dos ventiladores, da estação de tratamento de esgotos sanitários e das caixas separadoras de água e óleo da oficina de veículo são enviados diretamente para Barragem Norte. Esta barragem além de ser a principal fonte de abastecimento de água de uso industrial da unidade, foi implantada com o objetivo de promover a maturação das correntes líquidas, previamente ao seu descarte no corpo receptor final, que é a Lagoa Maimbá.

O reservatório da Barragem Norte então, é um sistema de prevenção de acidentes ambientais, possuindo a capacidade de absorver eventuais distorções na qualidade final dos efluentes líquidos industriais, evitando assim, a contaminação da Lagoa Maimbá.

A Área do Pátio de Minério drenava águas diretamente para o oceano, antes da instalação da SAMARCO. Atualmente, todas os escoamentos superficiais e os efluentes líquidos gerados são lançados no lago da Barragem Norte. Entretanto, esta área continua sendo um divisor de águas do fluxo sub-superficial e subterrâneo, entre os sistemas hidrogeológicos de Ubu e Maimbá.

Durante as visitas de inspeção de campo, verificou-se que a maioria dos talvegues (drenagens) estava seca. Segundo informações de técnicos da SAMARCO, nos períodos de chuva, ocorrem escoamentos na maioria deles.

5.4.1 Monitoramento do Nível de Água das Lagoas

O monitoramento do nível de água das lagoas é realizado através da leitura diária de duas régua limnimétricas instaladas nas suas margens (Tabela 5.2).

TABELA 5.2

RÉGUAS LIMNIMÉTRICAS - SAMARCO MINERAÇÃO, UBU-ES

Régua	Localização	Período de Leitura	Coordenadas (UTM) (m)		Prof. (m)	Cota do Terreno (m)
			N	E		
Maimbá	Braço próximo a Barragem Norte	A partir de 2002	7.702.678	335.154	-	0,69 (Marca de 50 cm)
Ubu	Ao lado do PA-02	A partir de 2003	7.700.776	334.484	-	2,48 (Topo da régua)

Fonte: Acervo Técnico SAMARCO (2003).

O registro do nível da Lagoa Maimbá vem sendo realizado diariamente desde maio de 2002. Os níveis mais baixos foram observados no mês de abril (0,55 metros em abril de 2002 e 0,583 metros em abril de 2003). Já os níveis mais elevados foram observados em janeiro de 2002 (0,96 metros) e novembro de 2003 (1,11 metros). A variação entre o máximo e o mínimo observado no período monitorado foi de 56 centímetros.

O período de observação do nível da Lagoa de Ubu é do início julho de 2003 até o final de outubro de 2003. Os dados apresentados na Figura 5.4 mostram uma variação do nível de água na lagoa de aproximadamente 12 centímetros, durante o período observado. A análise do gráfico sugere que o nível de água na lagoa responde rapidamente aos eventos de chuvas. Não há disponibilidade de dados de pluviometria para o período. Entretanto, nos meses de julho e outubro foram registradas ocorrências de chuvas nos dias da leitura da régua limnimétrica.

Através desta informação, observa-se que o nível de água na lagoa subiu aproximadamente 7 cm devido às chuvas (não quantificadas) de 14 a 16 de julho. Após este período, o nível de água da lagoa desceu aproximadamente 12 cm de uma maneira quase constante até 24 de agosto, provavelmente por efeito da evaporação e por possíveis perdas de água secundárias. Após 24 de agosto, o nível de água ascendeu até o final da primeira semana de setembro, provavelmente por efeito de um curto período de chuvas (não há informação de chuvas disponíveis para este período). Finalmente, a partir de 9 de setembro o nível de água desceu de maneira constante até os dias 14 e 15 de outubro, quando, após um período com chuvas, o nível de água da lagoa voltou a subir.

Esta análise sugere que o sistema hidráulico da Lagoa de Ubu é sensível a variações dos parâmetros hidrológicos existentes. Além do escoamento sub-superficial constante, afluindo pela borda da lagoa, com a ocorrência de chuvas, a lagoa recebe um aporte adicional de água devido tanto à contribuição direta da chuva como pelo escoamento superficial proveniente da área de drenagem da bacia. Os dados apresentados na Figura 5.4 sugerem que estes fluxos adicionais são rápidos, resultando na elevação do nível de água da lagoa em um período curto de tempo. De maneira oposta, a falta de chuvas também afeta a lagoa, rebaixando o nível de água constantemente por meio da evaporação. É de se esperar que o efeito de um período mais prolongado sem chuvas irá resultar em rebaixamentos mais significativos do nível de água da lagoa. Entretanto, devido à falta de uma série histórica mais extensa não foi possível concluir sobre o suposto comportamento descendente do nível de água da Lagoa de Ubu em uma escala de tempo maior.

As leituras observadas e fornecidas pela SAMARCO são apresentadas no ANEXO IV.

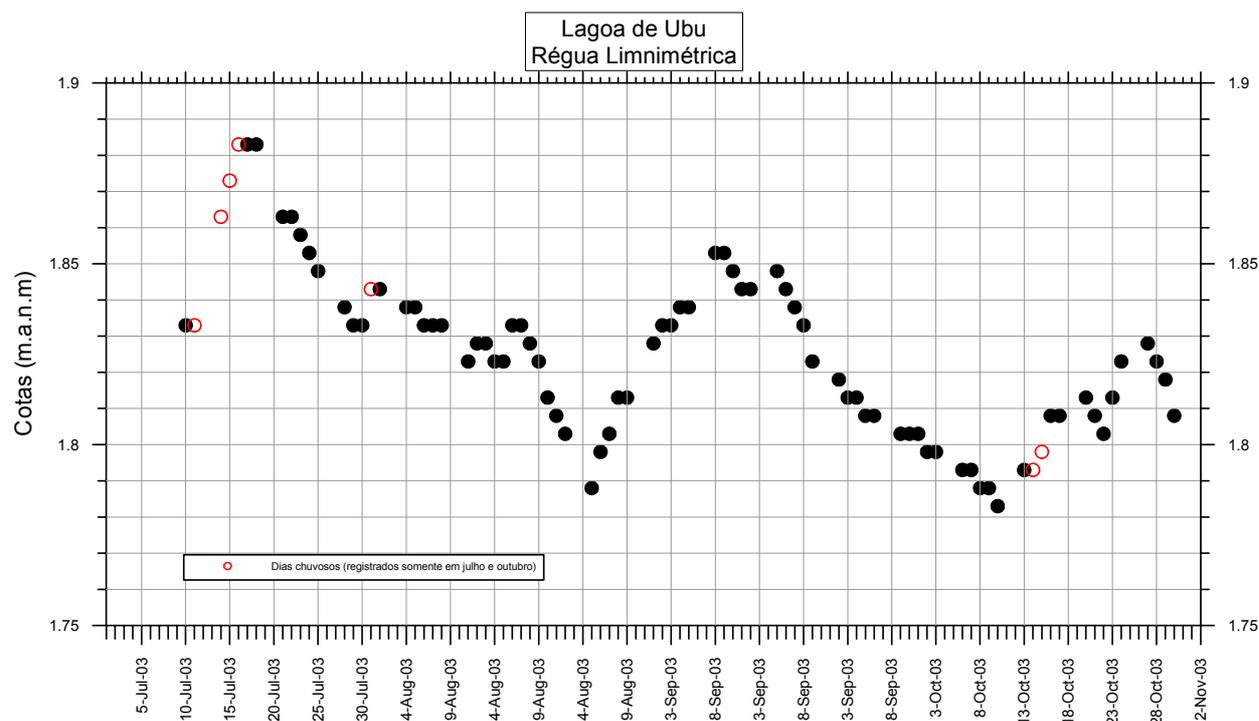


FIGURA 5.4 – Monitoramento da régua limnimétrica da Lagoa de Ubu.

5.5 Aspectos Hidrogeológicos

5.5.1 Hidrogeologia Regional

Em razão dos poucos conhecimentos hidrogeológicos existentes sobre a região em pauta, as considerações sobre suas características e potencialidades hídricas subterrâneas são baseadas principalmente na similaridade com outras áreas de condições e aspectos geológicos semelhantes.

Os condicionantes geológicos estruturais, e morfológicos, junto com os fatores climáticos, são os fatores indiretos que determinam as características hidrogeológicas de uma área. A evolução dos conhecimentos indica que pequena parcela da área regional é constituída por terrenos cristalinos que se apresentam tectonizados, com fraturamento e diaclasamento intenso. O restante encontra-se no domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos, que ocupam a faixa litorânea, correspondendo em sua maior parte por sedimentos do Grupo Barreiras e, secundariamente, aos sedimentos das planícies fluviais e marinhas.

Com base no contexto geológico e considerando-se as informações extrapoladas de estudos sobre áreas com características semelhantes, foi possível definir um zoneamento da potencialidade aquífera da área, inferindo os aspectos hidrogeológicos prováveis dos mananciais subterrâneos.

A Zona dos Depósitos Sedimentares, que abrange a maior parte da área em pauta, engloba os terrenos referentes ao empreendimento e apresenta características e propriedades distintas que variam com o tipo do depósito sedimentar. As áreas com boas perspectivas de exploração apresentam camadas aquíferas constituídas predominantemente por sedimentos arenosos. Estão geralmente associadas às planícies fluviais e às áreas dos sedimentos Barreiras. O potencial do

aquífero é função da espessura dessas formações e da limitação na qualidade das águas por influência da cunha salina e proximidade dos manguezais.

A **Zona das Rochas Cristalinas** representa as áreas que são heterogêneas quanto às suas características hidrodinâmicas, condicionando a captação e o armazenamento das águas nas zonas de fraturas/diáclases dos maciços cristalinos. Existe a possibilidade de boas vazões em poços profundos, adequados e convenientemente localizados. A qualidade das águas normalmente não apresenta restrições.

5.5.2 Hidrogeologia Local

O conhecimento da hidrogeologia local foi determinado pelos levantamentos geológicos de campo, pelas informações de perfis geológicos dos poços tubulares e poços de monitoramento instalados, bem como por ensaios hidrogeológicos realizados para os estudos de impacto ambiental de ampliação das instalações industriais (SAMARCO, 1995) e ensaios realizados no âmbito deste relatório.

A área de estudo está situada em uma planície costeira cuja superfície, em forma de platô, atinge altitudes máximas de aproximadamente 25 metros. Essa superfície é bastante recortada por vales que se aprofundam até cotas inferiores a 3 metros, modelando um relevo de gradiente muito variado (plano nos altos e fortemente inclinado nas encostas).

Na sua totalidade, a área é constituída por sedimentos inconsolidados, de idade terciária-quaternária pertencentes ao Grupo Barreiras, que se caracterizam por sua composição argilo-arenosa a arenosa, eventualmente calcífera, que se intercalam em camadas sub-horizontais.

As áreas com melhores perspectivas de exploração dos recursos hídricos subterrâneos apresentam camadas aquíferas constituídas predominantemente por sedimentos arenosos.

Seções topográficas/geológicas foram elaboradas com o objetivo de conhecer a geologia local e compreender as características mineralógicas, as espessuras e os cenários de gradientes hidráulicos dos aquíferos, mediante a correlação entre os piezômetros e os poços perfurados na área.

A partir da carta planialtimétrica da área industrial (SAMARCO, 1975), foram definidas quatro seções representativas da área de interesse. Em todas as seções foram consideradas informações de todos os poços localizados a uma distância máxima de 100 metros da seção. Em uma única situação (Seção A), esta projeção chegou a 130 metros. Os desenhos **D5-039-5123-5120-0008-01-J** e **D5-039-5123-5120-0009-01-J** apresentam as seções geológicas elaboradas e interpretadas a partir dos dados disponíveis dos poços e piezômetros.

Para definição dos níveis estratigráficos, as unidades descritas nos furos de sondagem como areia, areia-argilosa, areia-siltosa e areia silto-argilosa, foram agrupadas numa única unidade denominada de “sedimentos arenosos”, representando assim horizontes onde a fração predominante é constituída por areia. Da mesma forma, as unidades argila, argila-arenosa, argila siltosa e argila silto-arenosa foram englobadas como “sedimentos argilosos”. Além das unidades “sedimentos arenosos” e “sedimentos argilosos”, considerou-se também uma terceira unidade “solo”, composta por solo residual argiloso, com matérias orgânicas, presentes localmente nos níveis superficiais, e uma quarta unidade denominada “granitóides”, formando o substrato rochoso do pacote sedimentar.

A seção geológica A, com direção N54W-S54E, inicia-se no divisor de água subterrânea das lagoas Maimbá e Ubu, passa pelos piezômetros e poços PZ-01, PZ-08, PZ-09, PZ-05, PA-01, por um trecho da Lagoa de Ubu, e pelas projeções do PA-02, PA-04 e PA-05, finalizando no oceano Atlântico. A seção foi definida com intuito de conhecer as unidades estratigráficas da margem esquerda da Lagoa de Ubu, ao longo da direção inferida de fluxo subterrâneo. A correlação das camadas mostra uma alternância em camadas de sedimentos arenosos e argilosos.

A Seção Geológica B, com direção N42E-S42W, atravessa obliquamente a Lagoa de Ubu, passando pelos poços PA-01, HZ-01, PA-03 e PZ-02. Através desta seção foi possível a definição da geologia da margem esquerda da Lagoa Ubu, próxima as suas cabeceiras, onde se concentram os poços de abastecimento PA-01, PA-02 e PA-03, bem como, o conhecimento do divisor de águas das Bacias das lagoas de Ubu e Maimbá. Nesta área predomina também uma alternância e uma interdigitação entre sedimentos arenosos e argilosos.

A Seção Geológica C, com direção N26W-S26E, inicia no poço PA-04, passa pelo PA-03, pelo divisor das Bacias de Maimbá e Ubu e termina no lago Norte. A seção foi estabelecida para definição das interferências entre os aquíferos das bacias das lagoas Ubu e Maimbá, bem como da geologia da margem esquerda da Lagoa Ubu, próxima ao divisor da bacia do Pátio de Minério. A seção mostra que enquanto na Bacia Maimbá existe uma predominância de sedimentos argilosos, na Bacia Ubu existe uma alternância entre as duas unidades de sedimentos arenosos e sedimentos argilosos.

A Seção Geológica D, com direção N34E-S34W, inicia-se na área do aterro industrial e galpão de reciclagem, próximo ao PZ-04, atravessa o divisor Maimbá-Pátio de Minério, o PZ-02, o divisor Pátio de Minério-Ubu, o PA-03, o TJ-02, PA-02 e finaliza na Lagoa Ubu. Esta seção procurou esclarecer a possível interferência entre os aquíferos das bacias das lagoas Ubu e Maimbá e do Pátio de Minério.

5.5.3 Utilização das Águas Subterrâneas (Poços de Abastecimento)

O abastecimento de água para as instalações administrativas é feito por poços tubulares localizados dentro da área da empresa. Atualmente existem três poços em operação (PA-01, PA-02 e PA-03) e dois poços prontos para entrar em operação (PA-04 e PA-05). As principais informações estão contidas na Tabela 5.3.

Estes poços tubulares foram perfurados até uma profundidade de aproximadamente 100 metros. Os poços PA-01 e PA-02, localizados próximos da Lagoa de Ubu são os que apresentam as maiores vazões (ao redor de 32 m³/h, segundo medição no dia 23/09/2003), obtidas por meio dos testes de vazão realizados pela GOLDER.

Antes da instalação destes poços, foram instalados nove poços que atualmente estão desativados. São eles os poços HJ-03, GS-01, HP-01, HZ-01, TJ-01, TFJ-02, TJ-03, TJ-04 e TJ-05. A Tabela 5.4 apresenta os aspectos históricos e construtivos destes poços inativos. A profundidade destes poços também é de aproximadamente 100 metros. As vazões, informadas pela SAMARCO, apresentam valores inferiores a 20 m³/h. Vários poços apresentaram problemas construtivos que afetaram as taxas de descarga.

Os poços ativos e os inativos com informações de localização são apresentados no Desenho **D1-039-5123-0006-02-J**, ANEXO I.

A Tabela 5.5 apresenta as informações coletadas durante os trabalhos de campo dos poços tubulares profundos da CESAN e de particulares. Não há informação disponível sobre as características construtivas dos referidos poços. Com base na profundidade de perfuração e nas vazões de descarga, dos poços da Associação de Moradores da Praia dos Castelhanos, localizada a aproximadamente 5 km ao sul da área de estudo, pode-se inferir que a profundidade máxima dos poços tubulares perfurados na região varia entre 80 e 110 metros. A vazão média dos poços cadastrados é da ordem de 20 m³/h. Portanto, os dois poços (PA 01 e PA 02) instalados na área de estudo, próximos a Lagoa de Ubu, tem vazões acima da média.

5.5.4 Poços de Monitoramento (Piezômetros)

A partir de 1993, a SAMARCO desenvolveu um amplo programa de monitoramento que objetiva não só avaliar a qualidade dos efluentes, como também estabelecer a dinâmica da influência do empreendimento sobre os ecossistemas locais. Tal programa consiste do monitoramento qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos, influenciados pelo lançamento de efluentes líquidos. Dentro deste programa, foram instalados piezômetros para o monitoramento do nível de água subterrânea e respectivos parâmetros de qualidade da água. A partir de 2002 e 2003, também foram instaladas réguas limnimétricas para monitorar a variação do nível das lagoas de Maimbá e Ubu, respectivamente.

O plano de monitoramento abrange a área das suas bacias hidrográficas circunvizinhas, diretamente atingidas pelos efluentes líquidos da área industrial. Este monitoramento é feito através de uma rede de 16 poços de monitoramento, cadastrados como piezômetros (PZ's). O Desenho **D1-039-5123-5120-0006-02-J** apresenta a localização dos piezômetros na área em estudo. A Tabela 5.6 apresenta as informações relativas aos piezômetros e aos poços tubulares inativos utilizados no monitoramento. Para alguns piezômetros, são apresentados os dados de permeabilidade obtidos dos estudos ambientais da Usina de Pelotização (SAMARCO, 1995).

Visto que os piezômetros foram instalados com o objetivo específico do monitoramento ambiental, a sua distribuição espacial foi originalmente concentrada nas áreas potencialmente atingidas, de forma indireta, pelos efluentes industriais. Conseqüentemente, a rede instalada de piezômetros não permite uma caracterização plena, geograficamente bem distribuída, do nível freático em toda a área da SAMARCO. Além disso, a ausência de informações sobre os perfis construtivos e a profundidade de instalação dos filtros, também impede correlações mais precisas.

TABELA 5.3

POÇOS DE ABASTECIMENTO DE AGUAS SUBTERRÂNEAS EM ATIVIDADE - SAMARCO MINERAÇÃO, UBU-ES

Número		Localização	Coord. (UTM)		Início da Operação	Prof. do furo (m)	Diâmetro (pol.)	Vazão (m ³ /h)		Cota da boca do poço (m)	Profundidade		Cota do NE (m)	Filtros (prof. m)	Bomba	
Atual	Antigo		N	E				Teste	Campo		NE (m)	ND (m)			Prof. (m)	Tipo
PA 01	HP 02	Cabeceiras da Lagoa de Ubu	7.700.827	334.363	Jun/90	102,0	6,0	31,0	29,0	4,21	2,75	35,09	1,46	30-34, 62-68, 71-98	54,0	sr
PA 02	GP 01	Cabeceiras da Lagoa de Ubu	7.770.794	334.477	Set/01	104,0	6,0	24,0	36,4	4,66	10,00	32,00	-5,34	24-28, 48-52, 56-64, 68-76, 80-88, 96-104	54,0	Ebara 512-10
PA 03	GS 03	Estrada de acesso ao Porto	7.701.064	334.693	Ago/00	111,0	6,0	9,9	15,9	12,92	9,00	59,82	3,92	40-44, 60-64, 76-84, 96-104	sr	sr
PA 04	GP 02	Área da Shell	7.700.336	335.088	Nov/03 *	108,0	6,0	20,0	Nd	11,90	24,00	36,08	-12,10	36-40, 48-52, 68-72, 80-92, 96-104	sr	Ebara 511-11, 12 HP
PA 05		Porto de Ubu, área da Brasil Suply	7.700.298	335.701	Nov/03 *	98,0	6,0	19,0	Nd	8,00	26,00	65,00	-18,00	17-20, 29-32, 37-40, 45-48, 53-56, 61-64, 69-72, 77-84, 89-92	sr	Ebara 512-06, 10 HP

Fonte: Acervo Técnico SAMARCO (2003). sr= sem registro; nd=não determinado; NE=nível estático do poço; ND=nível dinâmico do poço

* Previsão de início de operação

Observações:

- NE e ND determinados antes do início de operação dos poços
- Vazão de Teste dos poços determinada antes do início da operação. Vazão de campo dos poços determinadas em 23/09/2003, durante os testes de vazão máxima
- O poço PA 04 está em fase final de implantação da proteção de alvenaria e da rede elétrica
- O poço PA 05 está em início de operação

TABELA 5.4

POÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA INATIVOS - SAMARCO MINERAÇÃO, UBU-ES

Poços	Data Abertura	Potência Bomba (H.P.)	Vazão de Teste (m ³ /h)	Qualidade da Água	Prof (m)	Observações
TJ 01	Dez/75	nd	Nd	Inservível	nd	Nunca operou
TJ 02	Dez/75	10	11,0	Boa	133,7	Desativado em Agosto/82, após rompimento de filtro e entrada de areia.
TJ 03	Dez/75	nd	Nd	Inservível	nd	Nunca Operou
TJ 04	Dez/75	7,5	18,0	Excelente	108,3	Foi o melhor poço. Vazão de 18,0 m ³ /h. Operou 12 anos contínuos. Em Março/88, rompeu o filtro e desmoronou.
TJ 05	Dez/75		7,0	Inservível	110,8	Nunca operou, baixa vazão.
HP 01	Dez/84	7,5	8,0	Boa	100,0	Apresentou o surgimento de partículas sólidas, tendo danificado a bomba em 18/01/03. Está fora de operação desde esta data. Filtro rompido.
GS 01	Out/87	nd	18,0	-	104,0	
GS 02	Jul/91	nd		nd	100,0	
HZ 01	Ago/87	7,5	4,9	Boa	102,0	Primeiro poço da SAMARCO revestido com tubos de PVC. Iniciou operação em Janeiro/88 e nesse mesmo mês, apresentou areia misturada com água e baixou a vazão para 3,5 m ³ /h.
HJ 03	Jan/96	nd	14,9	nd	100,0	

Fonte: Acervo Técnico SAMARCO (2003). nd = não determinado

TABELA 5.5

POÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ATIVIDADE NO ENTORNO DA ÁREA INDUSTRIAL, UBU-ES

Poço	Proprietário	Localização	Coord. (UTM)		Início da Operação	Cota* (m)	Profund. (m)	Vazão (m ³ /h)	NE (m)	ND (m)	Observações
			N	E							
1	CESAN	Estação de bombas CESAN, Ubu, Anchieta-ES	7.698.851	333.778	-	-	-	-	-	-	-
2	CESAN	Estação de bombas CESAN, Ubu, Anchieta-ES	7.698.851	333.778	-	-	-	-	-	-	-
3	CESAN	Rodovia do Sol, Entrada para Praia da Guanabara, Anchieta-ES	7.696.802	330.774	-	-	-	-	-	-	-
4	CESAN	Fazenda do Sr. Milton	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Associação dos Moradores, Praia dos Castelhanos	Praia dos Castelhanos, Anchieta-ES	7.695.895	330.745	1990	38,00	80,0	18,0	20,0	-	Bomba instalada a 48 m de profundidade
6	Associação dos Moradores, Praia dos Castelhanos	Praia dos Castelhanos, Anchieta-ES	7.695.789	330.773	1992	42,00	92,0	20,0	20,0	-	-
7	Associação dos Moradores, Praia dos Castelhanos	Praia dos Castelhanos, Anchieta-ES	7.695.607	330.888	1994	41,00	96,0	23,0	20,0	-	-
8	Associação dos Moradores, Praia dos Castelhanos	Praia dos Castelhanos, Anchieta-ES	7.695.716	330.993	1996	36,00	116,0	18,0	20,0	-	-
9	José Lúcio Soares	Nascente, Fazenda do Lúcio	7.699.859	333.136	-	21,00	12,00	-	-	-	Bomba Wey, 60 HP

Fonte: Golder (2003), levantamento de campo

*cota da boca do furo; NE = nível estático do poço; ND = nível dinâmico do poço; - sem dados disponíveis.

TABELA 5.6

PIEZÔMETROS E POÇOS TUBULARES DE MONITORAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA - SAMARCO MINERAÇÃO, UBU-ES

Poço de Monitoramento	Localização	Coordenadas (UTM)		Prof. (m)	Cota da Boca do Furo* (m)	Prof. do NA (m)	Cota do NA ** (m) relação ao nível do mar
		N	E				
PZ 01	Fazenda SAMARCO, a montante do depósito de resíduos industriais	7.701.103	333.856	29,00	28,83	22,98	5,86
PZ 02	Estrada / Depósito de Aterro Industrial e Galpão de reciclagem	7.701.280	334.888	27,00	23,76	19,24	4,52
PZ 03	Depósito de Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem (jusante)	7.701.465	334.760	15,00	10,89	5,68	5,22
PZ 04	Bacia de Polpa (montante)	7.701.615	335.064	24,00	20,32	15,44	4,89
PZ 05	Fazenda SAMARCO, a jusante do depósito de resíduos industriais	7.700.928	334.162	23,00	17,37	14,62	2,75
PZ 06	Soco-riil do Brasil, a montante da usina de pelotização	7.701.241	335.269	26,00	23,06	19,02	4,04
PZ 07	Heliporto, a jusante da Bacia de polpa	7.701.974	334.899	26,00	22,63	17,99	4,64
PZ 08	Fazenda SAMARCO, a jusante do depósito de resíduos industriais	7.700.913	334.132	11,00	5,99	3,25	2,75
PZ 09	Fazenda SAMARCO, a jusante do depósito de resíduos industriais	7.700.920	334.078	22,20	17,57	14,70	2,88
PZ 10	Estr. Barrag. Norte - valas de infiltração	7.702.390	335.006	26,00	18,18	15,61	2,57
PZ 11	Estr. Barrag. Norte - valas de infiltração	7.702.494	334.908	24,30	15,94	13,38	2,56
PZ 12	Estr. Barrag. Norte - valas de infiltração	7.702.445	334.888	22,00	15,04	12,34	2,70
PZ 13	Estr. Barrag. Norte - valas de infiltração	7.702.394	334.897	22,50	15,60	12,83	2,77
PZ 14	Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem (jusante)	7.701.480	334.825	31,00	24,12	18,89	5,24
PZ 15	Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem (jusante)	7.701.465	334.712	31,00	15,25	10,22	5,04
PZ 16	Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem (jusante)	7.701.474	334.623	30,00	21,17	16,04	5,13
HJ 03	Estrada para PA-01	7.700.845	334.611	100,00	16,91	16,73	0,12
TJ 02	Estrada para PA-01	7.700.956	334.676	133,70	21,90	20,17	1,73

Fonte: Acervo Técnico SAMARCO (2003). Sr = sem registro; nd = não determinado

* Medida a partir da boca do furo, dados coletados em 30/Set/2003

** Dados extraídos de SAMARCO (1995)

Os piezômetros foram instalados em cinco áreas distintas, consideradas como os domínios do estudo, conforme apresentado na Tabela 5.7, quais sejam: (i) Antigo Bota-Fora (Grupo I); (ii) Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem (Grupo II); (iii) Bacia de Polpa (Grupo III); (iv) Valas de Infiltração (Grupo IV); e (v) Pátio de Minério (Grupo V).

TABELA 5.7

**DISTRIBUIÇÃO DOS PIEZÔMETROS POR GRUPOS DE LOCALIZAÇÃO
E BACIA HIDROGRÁFICA**

Grupo	Localização dos Domínios de Estudo	Bacia Hidrográfica	Piezômetros
I	Antigo Bota-Fora	Lagoa de Ubu	PZ 01, PZ 05, PZ 08, PZ 09
II	Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem	Lagoa Maimbá	PZ 03, PZ 14, PZ 15, PZ 16
III	Bacia de Polpa	Lagoa Maimbá	PZ 04, PZ 07,
IV	Valas de Infiltração	Lagoa Maimbá	PZ 10, PZ 11, PZ 12, PZ 13
V	Pátio de Minério	Pátio de Minério	PZ 02, PZ 06,

O local destinado ao antigo Bota-Fora situa-se numa das bordas de um dos platôs que drenam para a Lagoa de Ubu. Neste platô, que apresenta topo aplainado (cota 25,0 metros), foi instalado um aterro cuja base fica assentada sobre a cota 18,0 m (SAMARCO, 1995). Esta área não está sujeita a inundações, configurando condições adequadas à implantação e controle do aterro. Para o monitoramento, o piezômetro PZ 01 foi instalado a montante do aterro, e os piezômetros PZ 05, PZ 08 e PZ 09 a jusante. A profundidade do nível de água (N.A.) varia entre aproximadamente 10 a 13 metros da superfície.

A área escolhida para o Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem, onde estão os piezômetros do Grupo II, localiza-se no alto de um platô, com a cota de 25,0 m, e distante 200 m do lago da Barragem Norte. A superfície é plana a pouco inclinada com declividades de 1% a 2%. Este local está fora das áreas sujeitas a inundação, apresentando uma camada não-saturada com espessuras variando de 13,7 a 16,5 metros. Inicialmente, foi instalado o piezômetro PZ 03 a jusante. Numa segunda etapa foram instalados os piezômetros PZ 14 imediatamente a jusante do Aterro, e os PZ 15 e PZ 16, também a jusante, próximos a Barragem Norte.

Na área da Bacia de Polpa foram instalados os piezômetros do Grupo III. A bacia ocupa uma área de cerca de três hectares e localiza-se ao norte do Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem, no mesmo platô de cota 25,0 m. A bacia recebe a água de interface do mineroduto, e efluentes provenientes das áreas de produção e dos sistemas de despoeiramento via úmida instalados ao longo do processo produtivo.

Para o monitoramento ambiental das Valas de Infiltração, foram instalados os piezômetros do Grupo IV. As Valas situam-se a norte da Bacia de Polpa, próximo do eixo da Barragem Norte e recebem efluentes bombeados da estação de tratamento de esgotos.

Na Bacia do Pátio de Minérios estão instalados os piezômetros do Grupo V (PZ 02 e PZ 06).

5.5.5 Variação sazonal do nível de água subterrânea

O estudo da variação sazonal do nível de água subterrânea para área da Lagoa de Ubu e imediações foi realizado a partir da análise dos resultados do monitoramento hidrogeológico dos piezômetros, sumarizados nos gráficos de variação temporal apresentados pelas Figuras 5.5 a 5.10.

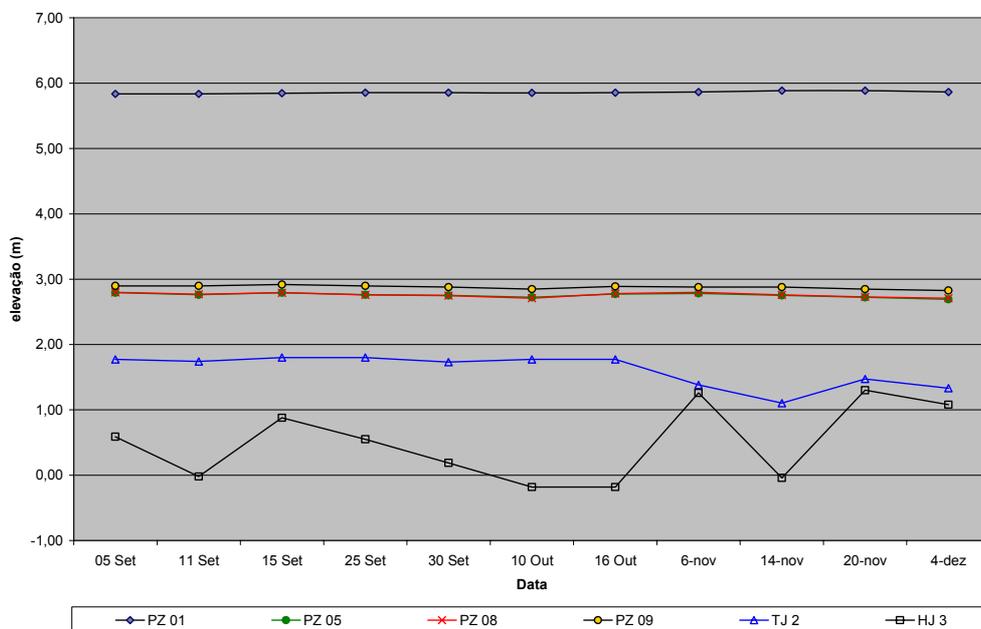


FIGURA 5.5 – Variação do Nível de Água Subterrânea em Poços e Piezômetros na Área do Antigo Bota-Fora – Área de Drenagem da Lagoa de Ubu.

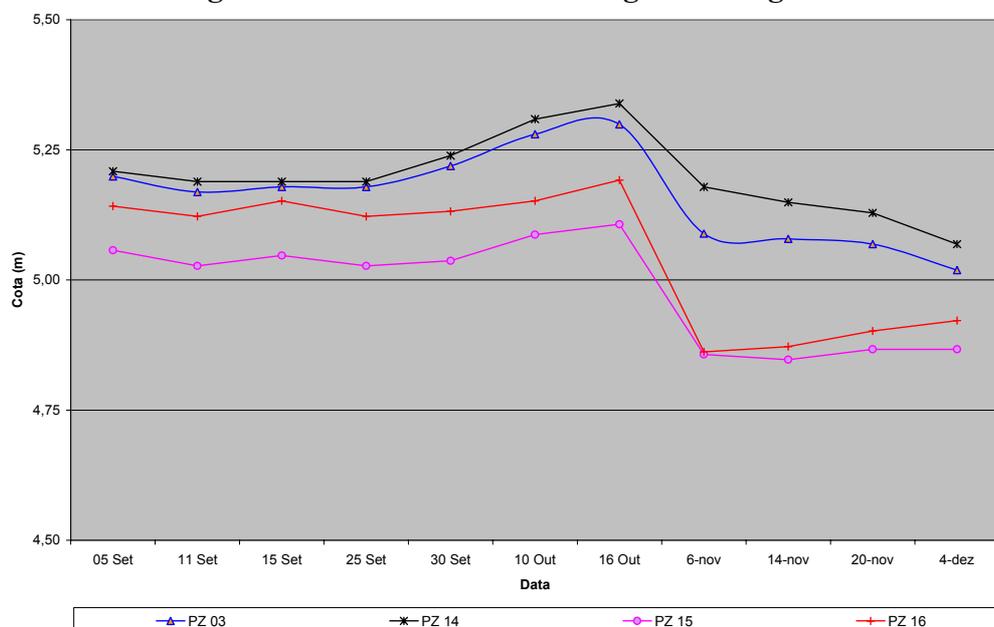


FIGURA 5.6 – Variação do Nível de Água Subterrânea em Poços e Piezômetros na Área do Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem – Área de Drenagem da Lagoa Maimbá.

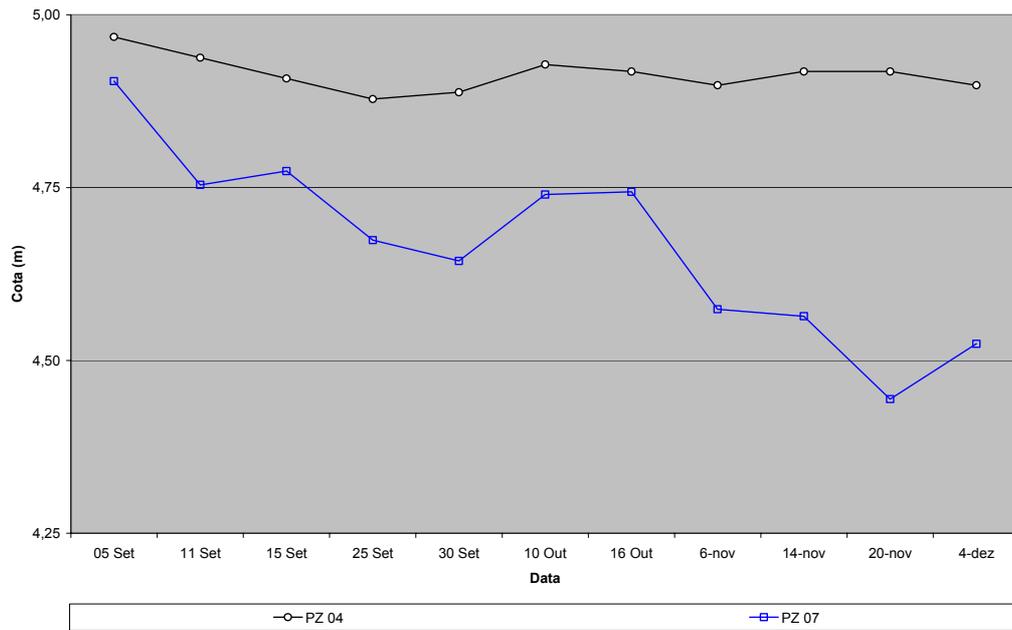


FIGURA 5.7 – Variação do Nível de Água Subterrânea em Poços e Piezômetros na Área da Bacia de Polpa – Área de Drenagem da Lagoa Maimbá.

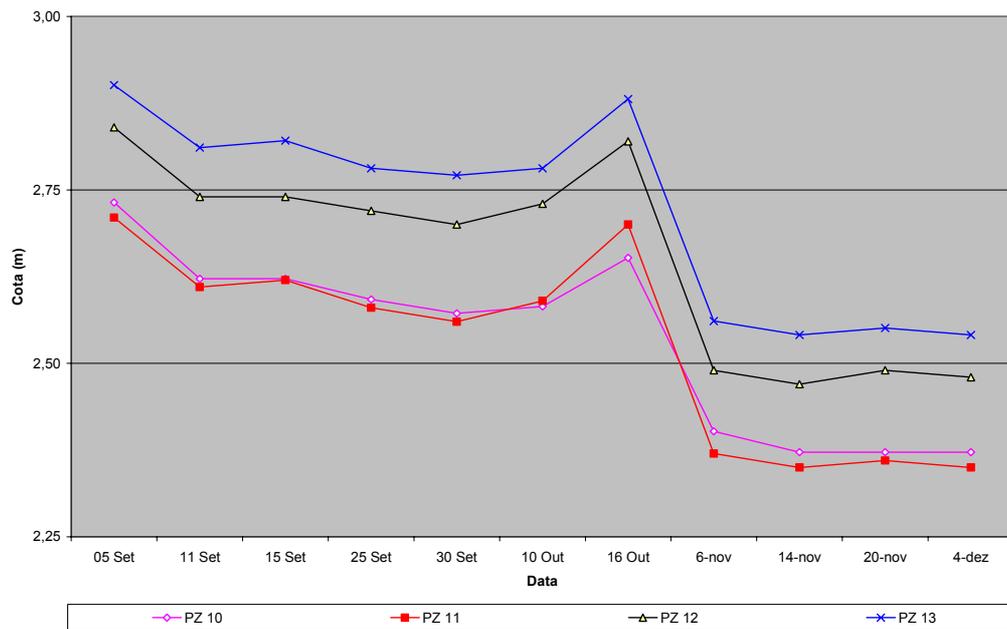


FIGURA 5.8 – Variação do Nível de Água Subterrânea em Poços e Piezômetros na Área das Valas de Infiltração – Área de Drenagem da Lagoa Maimbá.

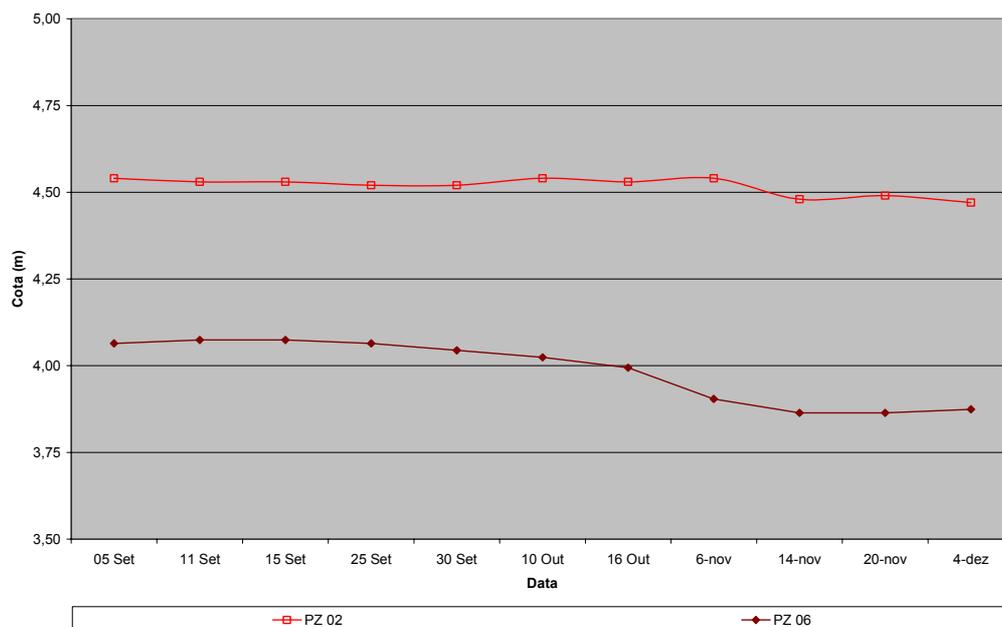


FIGURA 5.9 – Variação do Nível de Água Subterrânea em Poços e Piezômetros na Área do Pátio de Minério.

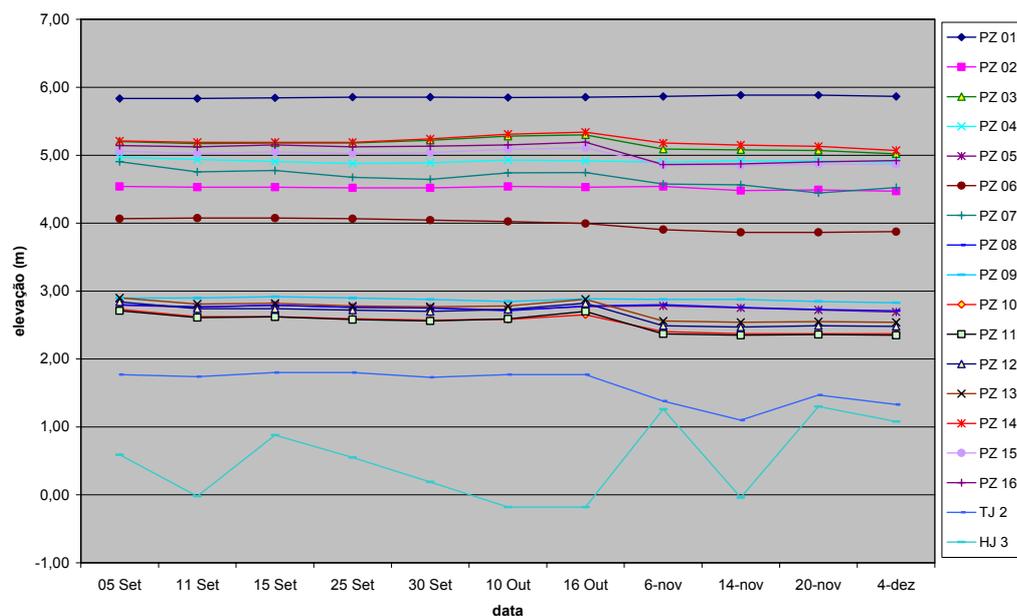


FIGURA 5.10 – Variação do Nível de Água Subterrânea em todos os Poços e Piezômetros.

Os dados compreendem o intervalo de 2 de setembro a 4 de dezembro de 2003 (três meses), não permitindo inferências mais amplas. De uma maneira geral, não foram observadas grandes variações no período. Observou-se apenas um ligeiro rebaixamento do nível de água subterrânea nos diferentes piezômetros e poços de monitoramento entre os dias 16 de outubro e 06 de novembro. Exceções foram os poços TJ 02 e o HJ 03, que mostraram variações de 0,70 e 1,48 metros, respectivamente.

A análise da variação das cotas do nível freático nos piezômetros monitorados na área da Bacia da Lagoa de Ubu, mostra que as cotas do nível freático situam-se entre 0,18 metros abaixo do nível do mar no poço HJ 03 e 5,89 metros no PZ 01. Neste conjunto de poços, somente o HJ 03 mostrou variações semanais em seu nível, oscilando entre as cotas 1,08 metros e - 0,18 metros. Como pode ser visto na **D1-039-5123-5120-0006-02-J**, a área sul e sudeste da Bacia de Ubu não possuem piezômetros instalados, não permitindo saber o nível da água nestes setores.

Na área da Bacia Maimbá, a cota do nível de água dos piezômetros varia entre: (i) 4,85 e 5,34 metros no Aterro Industrial e Galpão de Reciclagem; (ii) 4,44 e 4,97 metros na Bacia de Polpa; e, (iii) 2,35 e 2,90 metros nas Valas de Infiltração.

Na Bacia do Pátio de Minério a cota do NA está entre 4,02 e 4,54 metros.

Os dados de monitoramento dos piezômetros acima foram utilizados para a elaboração do mapa hidrogeológico, representado pelo Desenho **D1-039-5123-5120-0006-02-J**. Neste mapa foram representadas as áreas de recarga local, associadas aos topos de morro, e as áreas de descarga local localizadas próximas as drenagens (nível de base local). Não foi possível, com a distribuição destes piezômetros na área, elaborar o contorno das superfícies equipotenciais.

6. ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS

6.1 Estimativa da recarga para o sistema aquífero

A partir da análise dos parâmetros climáticos (seção 5.1) foi estimado o volume de entrada de água no sistema físico delimitado pelo modelo hidrogeológico conceitual através do método do balanço hídrico. Este método considera os principais elementos físicos hidrológicos presentes na bacia hidrográfica em estudo e, através do princípio de balanço de massas, estima o volume de água (expresso em lamina de água sobre a área) que infiltra profundamente no solo e está disponível para recarregar o sistema aquífero. O volume de água potencialmente disponível para recarga é aquela fração da chuva resultante após a estimativa do volume de água que escoou superficialmente para fora da bacia, o volume que é retirado pelas plantas pela transpiração e pela evaporação direta do solo e, após a estimativa do volume armazenado no próprio solo.

As informações utilizadas para o balanço hídrico foram os dados climáticos citados na seção 5.1.2. De acordo com os dados da estação meteorológica da SAMARCO, a precipitação pluviométrica média anual corresponde a um valor de 987 mm/ano. Observando a distribuição diária das chuvas, nota-se que as mesmas são relativamente bem distribuídas durante todo o ano, como por exemplo, no ano hidrológico (outubro a setembro) de 1997-1998 apresentado na Figura 6.1. A evapotranspiração de referência foi determinada a partir das Normas Climáticas de evaporação total disponibilizadas pelo INMET para a estação de Vitória, ES. A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método dos coeficientes de cultivo a partir da evapotranspiração de referência discretizada para a escala diária (Allen et al., 1998). O armazenamento de água no solo foi baseado nos valores típicos de capacidade de campo e ponto de murcha para um solo arenoso. O escoamento superficial foi determinado através da relação entre índice pluviométrico diário e umidade do solo.

A Figura 6.1 apresenta o balanço hídrico para o ano hidrológico de 1997-1998. O total pluviométrico neste período é de 841 mm (abaixo da média anual de 987 mm). A recarga potencial estimada para o aquífero foi igual a 84 mm (10% da precipitação total no período).

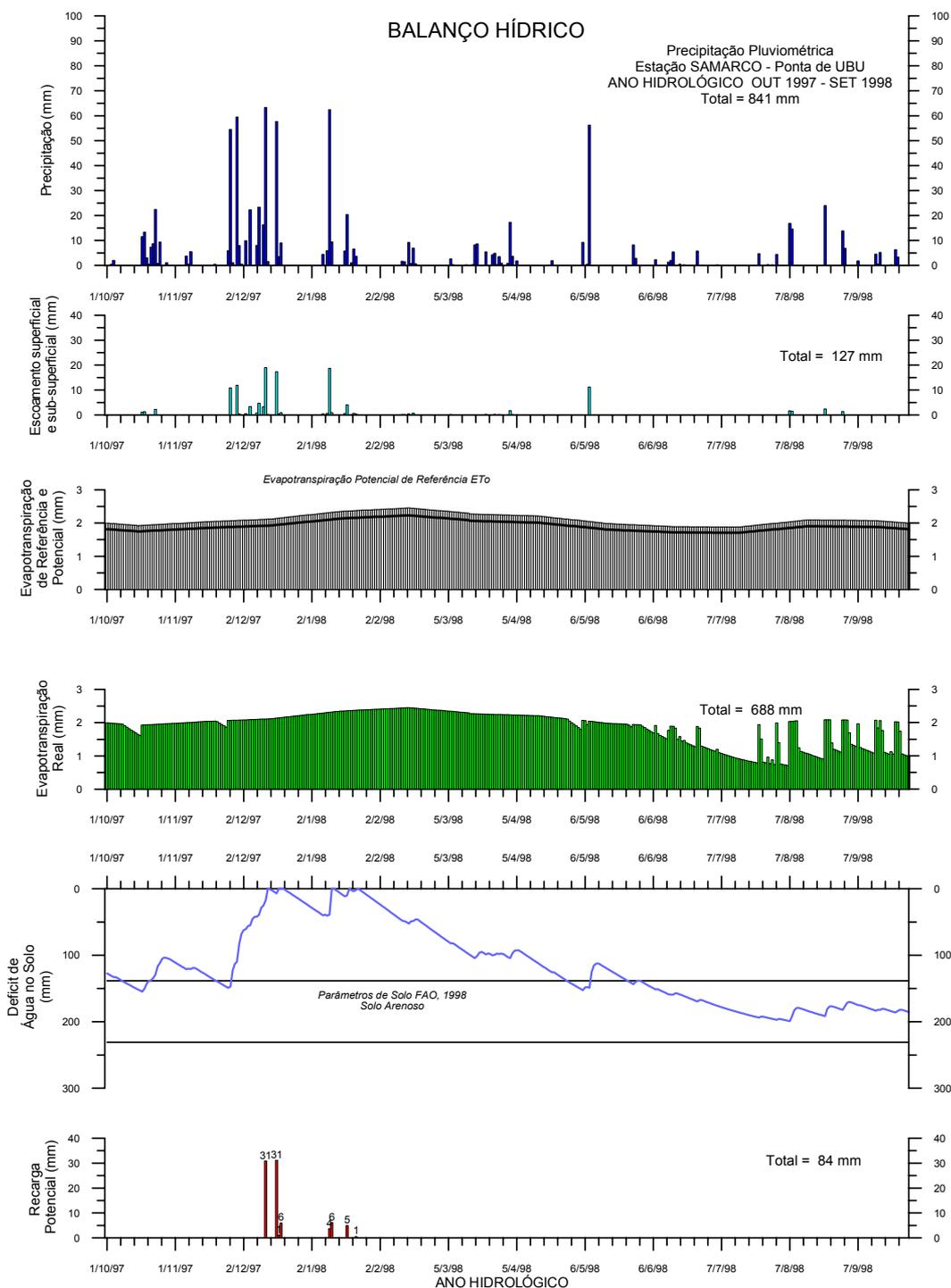


FIGURA 6.1 - Balanço Hídrico para o ano hidrológico 1997-1998. Valores em mm.

Os valores de recarga estimados para os seis anos hidrológicos considerados, e a relação com o respectivo índice pluviométrico anual, são apresentados na Figura 6.2. O ANEXO V apresenta os gráficos com os resultados de todos os períodos analisados.

Pela análise da Figura 6.2, observa-se que a recarga varia entre 4% a aproximadamente 20% da precipitação total no período de um ano, em anos com o total anual de chuva acima da média. Esta variação é explicada pela distribuição temporal das chuvas diárias. Em período de maior concentração de chuvas, ou com a ocorrência de eventos anômalos, a capacidade de armazenamento do solo é excedido e a água infiltra profundamente para camadas inferiores, até recarregar o aquífero. A recarga média do período observado é igual a 95 mm/ano, aproximadamente 100 mm/ano, ou, em termos de relação com a chuva anual, igual a 9% da precipitação anual. Este valor seria coerente com valores típicos de recarga utilizados na literatura técnica, para solos areno-argilosos.

Os valores estimados acima foram utilizados como base para a etapa de parametrização do modelo hidrogeológico computacional e ajustados aos dados de nível de água do aquífero, observados nos piezômetros.

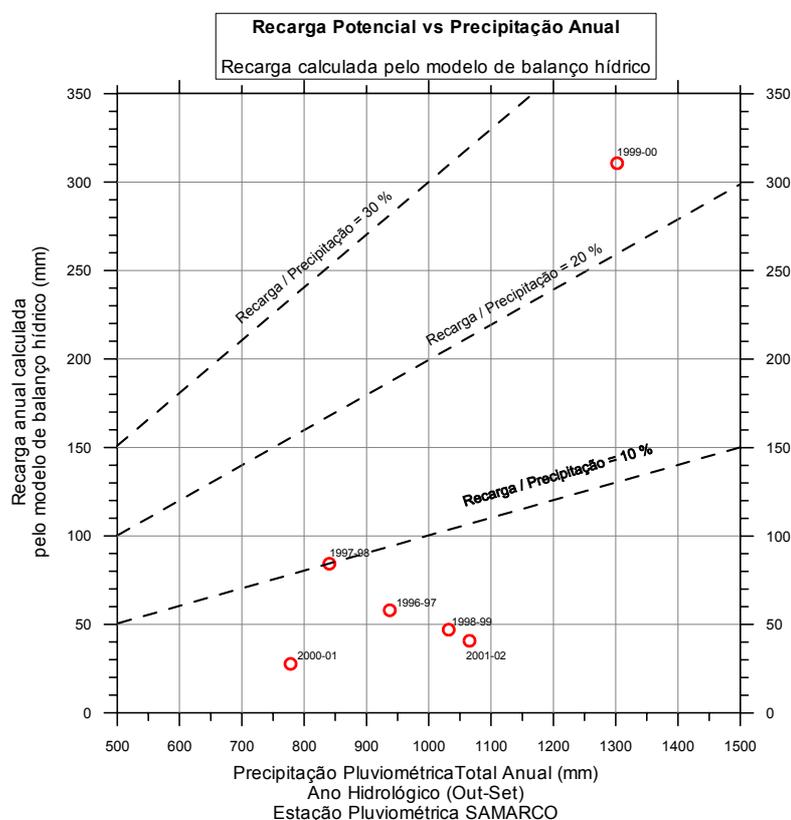


FIGURA 6.2 – Recarga e respectiva precipitação no período determinada através do método do balanço hídrico.

6.2 Determinação dos Parâmetros Hidrogeológicos

A determinação dos parâmetros hidráulicos, necessários para a caracterização do fluxo de água subterrânea, foi realizada através de dois ensaios de campo, quais sejam: (1) o teste de permeabilidade, realizado nos piezômetros; e, (2) o teste de bombeamento e de aquífero, realizado nos poços tubulares. Os dois testes são descritos a seguir.

6.2.1 Ensaio de Permeabilidade – Testes de Injeção (“Slug Test”)

O Teste de Injeção (“*Slug Test*”) foi concebido para que se pudesse estimar a condutividade hidráulica através de um método simplificado (Hvorslev, 1951). A finalidade deste ensaio é a determinação da condutividade hidráulica ou permeabilidade (K) dos diversos litotipos de ocorrência na área estudada, indispensável para a elaboração do modelo conceitual numérico.

O teste consiste na inserção (*Slug In*) de um corpo sólido no piezômetro (um cilindro metálico, por exemplo), o que faz que o nível de água seja elevado imediatamente. A partir deste momento, mede-se o rebaixamento do nível de água, a intervalos curtos de tempo, até o retorno do nível de água ao nível estático original.

O *Slug Test* pode ser também realizado de maneira oposta, isto é, inserindo o corpo sólido, esperando o nível de água atingir o nível estático, para só então retirar o corpo sólido rapidamente (*Slug Out*). Este procedimento é semelhante à retirada imediata de um volume de água do piezômetro. Imediatamente após a retirada, mede-se o nível de água em intervalos de tempo curtos até que este atinja sua posição estática.

Os ensaios do *Slug Test* foram realizados nos dias 30 e 31 de Outubro de 2003, em 13 dos 16 poços de monitoramento. O PZ 16, que estava com a tampa travada, não pode ser investigado. O PZ 10, não sofreu nenhuma variação de seu nível e o poço foi considerado como tendo seu filtro obstruído. Por último, o PZ 13 mostrou recuperação extremamente rápida, impossibilitando a realização de medidas.

Os resultados podem ser visualizados na Tabela 6.1. Os valores de permeabilidade foram obtidos através do *software Aquifer Test* (Waterloo Hydrogeologic, 2001). Como comparação, são apresentados também os dados de levantamentos anteriores da SAMARCO (1995).

Após o teste, nos casos em que a recuperação do NA foi inferior a 30 minutos, o ensaio foi repetido. Em caso de recuperação lenta, até o limite de 3 horas, o ensaio foi encerrado somente após a recuperação de 80% do nível inicial. Os dados obtidos foram registrados em planilhas contendo a identificação do piezômetro; a data; a hora do início e final do teste; a medida do NA estático inicial e os valores do tempo (H/M/S) e sua leitura correspondente.

O ANEXO II.6 apresenta as leituras obtidas nesses testes.

Antes do início de cada teste, os níveis de águas de todos os piezômetros foram medidos. A barra sólida foi amarrada com a devida segurança, evitando sua queda dentro do furo. Também foram tomados os cuidados necessários em relação às medidas de Segurança de Trabalho, como a correta utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI).

Cabe ressaltar que, em virtude da ausência de dados sobre o perfil construtivo dos poços de monitoramento, assumiu-se que os poços possuem um filtro de 3 metros de comprimento na sua base, diâmetro do tubo de 2 polegadas, e diâmetro de perfuração de 6 polegadas.

Em cada teste, caso a recuperação do nível de água tenha sido mais rápida do que 30 minutos, o ensaio foi repetido. Em caso de recuperação lenta, até o limite de 3 horas, o ensaio foi encerrado após a recuperação de 80% do nível inicial.

TABELA 6.1

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DETERMINADA PELOS TESTES DE INJEÇÃO (“ SLUG TEST”) - SAMARCO MINERAÇÃO, UBU-ES

Poço de Monitoramento	Profund. (m)	Geologia do Intervalo do Filtro	Condutividade Hidráulica (K) (cm/s)		
			Dados SAMARCO (1995)	Resultados do Primeiro Ensaio	Resultados da Repetição do Ensaio
PZ 01	29,00	Sedimento areno-siltoso	$4,0 \times 10^{-5}$	$9,0 \times 10^{-4}$	$9,9 \times 10^{-4}$
PZ 02	27,00	Sedimento argiloso, argilo-silto-arenoso	$1,0 \times 10^{-4}$	$6,7 \times 10^{-4}$	-
PZ 03	15,00	Sedimento silto-argiloso	$5,0 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$
PZ 04	24,00	Sedimento areno-argiloso	$6,0 \times 10^{-2}$	$6,9 \times 10^{-4}$	$7,4 \times 10^{-4}$
PZ 05	23,00	Sedimento arenoso de granulometria fina a média	$1,0 \times 10^{-2}$	$> 10^{-2}$	$> 10^{-2}$
PZ 06	26,00	Sedimento silto-argiloso	$6,0 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-4}$
PZ 07	26,00	Sedimento argilo-arenoso	$2,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$
PZ 08	11,00	Sedimento arenoso de granulometria fina a média	$5,0 \times 10^{-3}$	$4,7 \times 10^{-3}$	$8,0 \times 10^{-3}$
PZ 09	22,20	Sedimento argiloso, argilo-siltoso	$4,0 \times 10^{-5}$	$6,8 \times 10^{-5}$	$8,1 \times 10^{-5}$
PZ 10	26,00	sr	sr	Filtro obstruído	Filtro obstruído
PZ 11	24,30	sr	sr	$> 10^{-2}$	$> 10^{-2}$
PZ 12	22,00	sr	sr	$> 10^{-2}$	$> 10^{-2}$
PZ 13	22,50	sr	sr	nd	nd
PZ 14	31,00	sr	sr	$4,8 \times 10^{-3}$	$5,9 \times 10^{-3}$
PZ 15	31,00	sr	sr	$4,9 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-4}$
PZ 16	30,00	sr	sr	nd	nd

Fonte: Acervo Técnico SAMARCO (2003). sr= sem registro, nd = não determinado, tampa obstruída

6.3 Ensaios de Bombeamento e Recuperação

6.3.1 Testes de Vazão Máxima

Os testes de vazão máxima foram realizados nos poços de abastecimento operantes na área da SAMARCO até a data em questão. Na ocasião da realização dos testes, estavam em operação os poços denominados PA-01, PA-02 e PA-03.

Os resultados dos testes de vazão máxima (Tabela 6.2) foram obtidos com o registro da válvula da bomba totalmente aberto, utilizando mangueiras com conexões e diâmetro compatíveis com os encanamentos e potência das bombas. Os equipamentos utilizados foram cronômetro, um tambor com capacidade máxima de 200 litros, e o apoio de dois auxiliares de campo para controle da mangueira, enchimento e esvaziamento do tambor. O tempo para encher o tambor foi cronometrado até o seu transbordamento. Cada teste foi repetido três vezes, com intervalos, de 10 a 15 minutos, para certificação de ausência de oscilação na vazão, o que poderia comprometer na avaliação dos resultados finais. As vazões máximas foram obtidas tomando-se a média aritmética das vazões calculadas em cada etapa.

TABELA 6.2

TESTES DE VAZÃO MÁXIMA, SAMARCO MINERAÇÃO, UBU-ES

Dia	Poço	Profundidade Total (m)	Vazão (m³/h)
23/09/2003	PA-01	102,0	29,0
23/09/2003	PA-02	104,0	36,4
23/09/2003	PA-03	111,0	15,9

6.3.1.1 Teste de Bombeamento 1 (Duração de 3 dias)

Este teste buscou identificar a influência do bombeamento dos poços de abastecimento no rebaixamento do lençol freático.

Os três poços de abastecimento PA-01, PA-02 e PA-03 foram ligados simultaneamente e permaneceram ligados durante todo o teste. Devido a impossibilidade de medição da vazão dos poços durante o teste, a vazão máxima medida para cada poço foi considerada constante. A água proveniente dos três poços foi canalizada e lançada no reservatório. A água de excesso durante o teste foi lançada na bacia de polpa do minério. O Cronograma das atividades pode ser observado na Tabela 6.3.

O teste envolveu três medidores de nível de água e quatro técnicos da GOLDER que se revezaram para a realização das medições necessárias em todos os poços de abastecimento monitorados e piezômetros. A programação das medições de cada técnico foi feita anteriormente em escritório, simulando o tempo de deslocamento e contemplando o máximo de coletas em cada poço. Com exceção do PZ-16, único que não foi possível monitorar devido ao travamento da tampa protetora do tubo, todos foram monitorados entre os dias 24 a 26 de outubro de 2003.

Durante o bombeamento dos poços operantes, dois poços (TJ-02 e HJ-03) não operantes foram usados para monitoramento, juntamente com os piezômetros. Inicialmente, as medições se concentraram nos poços PA 01, PA 02 e PZ 05 e PZ 09 localizados no Antigo Bota-Fora. Com evolução do teste e a observação da não variação do NA dos piezômetros, as medições passaram a ser realizadas nos poços TJ 02 e HJ 03, os únicos que mostravam rebaixamento significativo.

Os gráficos com as medições realizadas durante os testes são apresentados no ANEXO II.2. As frequências das medidas efetuadas podem ser visualizadas na tabela no Plano de Trabalho, apresentado no ANEXO III.

Com o desligamento das bombas dos poços, foram feitas medidas de recuperação do nível dinâmico (ND) dos poços operantes PA-01, PA-02 e PA-03 e do poço de observação TJ-02, conforme apresentado no ANEXO II.3.

TABELA 6.3

**CRONOGRAMA DO TESTE DE BOMBEAMENTO 1 (3 DIAS) - SAMARCO
MINERAÇÃO, UBU-ES**

Dia	Hora	Atividade
24/10/2003	8:00	Desligamento das bombas dos poços PA-01, PA-02 e PA-03.
	10:30-13:00	Medição do N.A. dos piezômetros 10,11,12,13,7,4,3,14,15,16,6,2,1,5,8,9 e dos poços PA-01 a PA-03.
	17:30	Início do teste de bombeamento. Ativação das bombas dos poços PA-01, PA-02 e PA-03. Medição do nível dinâmico dos poços e dos piezômetros. EQUIPE 1 – Monitoramento dos poços PA-01, PA-02 EQUIPE 2 - Monitoramento dos poços PA-03, HJ 03, TJ 02, e piezômetros 7,4,6 e 2 EQUIPE 3 – Monitoramento dos piezômetros 1,5,8,9,3,14,15,16,10,11,12,13
27/10/2003	12:00	Término do teste de bombeamento. Início do teste de recuperação. Desligamento das bombas dos poços PA-01, PA-02 e PA-03.
28/10/2003	17:00	Término do teste de recuperação.

6.3.1.2 Teste de Bombeamento 2 (Duração de 1 dia)

Foi realizado um teste de bombeamento individual do poço PA-02, mantidas as bombas dos poços PA-01 e PA-03 desligadas. O Cronograma das atividades deste ensaio está relacionado na Tabela 6.4.

As medições no poço PA 02 ocorreram somente até às 15 horas, quando ocorreu o enrolamento da fita de medição no interior do poço. O restante da programação foi cumprida conforme o cronograma estabelecido. Os dados completos estão contidos no ANEXO II.4.

Após o desligamento da bomba do poço PA-02, mediu-se o nível dinâmico ND de recuperação em intervalos determinados. Também foram feitas medidas de confirmação (2º teste de recuperação) no poço operante PA-03 e nos poços de monitoramento HJ-03 e TJ-02.

O ANEXO II.5 contém as medidas efetuadas nesse ensaio.

TABELA 6.4**CRONOGRAMA DO TESTE DE BOMBEAMENTO 2 (1 DIA) - SAMARCO
MINERAÇÃO, UBU-ES**

Dia	Hora	Atividade
28/10 (Ter)	13.00	Início do teste. Ativação da bomba do poço PA-02. Medição do N.A. dos poços PA-01 a PA-03 e TJ 02, HJ 03. EQUIPE 1- Monitoramento do poço PA-01 EQUIPE 2 – Monitoramento do poço PA 02 EQUIPE 3 – Monitoramento dos poços PA 03, TJ 02 e HJ 03
29/10 (Qua)	13.00	Término do teste de bombeamento. Desligamento da bomba PA-02. Início do teste de Recuperação
29/10 (Qua)	17.00	Término do teste de Recuperação. Ativação das bombas dos poços PA-01, PA-02, PA-03.

6.3.2 Interpretação dos Ensaios de Campo

Os dados do teste de injeção (“*slug*”) e dos testes de bombeamento foram analisados utilizando o pacote computacional para soluções analíticas *Aquifer Test* versão 3.01 (Waterloo Hydrogeologic).

Slug test

Os resultados apresentados na Tabela 6.1 mostram uma variação da condutividade hidráulica para os materiais argilosos da ordem de 10^{-5} a 10^{-3} cm/s, e para os materiais mais arenosos variando entre 10^{-3} e 10^{-1} cm/s.

Nota-se que, como estes piezômetros foram instalados com profundidades relativamente baixas (ate cerca de 30,0 metros), objetivando atender essencialmente o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, os resultados obtidos com o teste de injeção valem somente para as camadas superiores do sistema hidrogeológico local.

Ensaios de Bombeamento

As Tabelas 6.5 e 6.6 apresentam os resultados do rebaixamento ocasionado em cada ponto de monitoramento dos ensaios de bombeamento, de longa e curta duração, respectivamente.

TABELA 6.5
RESULTADOS DO TESTE DE BOMBEAMENTO DE LONGA DURAÇÃO
(3 DIAS)

Bacia	Poços	Profundidade (m)	Distância em Relação ao Poço de Bombeamento (m)			Rebaixamento (m)
			PA-01	PA-02	PA-03	
Lagoa de Ubu	PA-01	102,00	-	111,89	384,68	14,78
	PA-02	104,00	111,89	-	311,07	11,90
	PA-03	111,00	384,68	311,07	-	- *
	PZ-01	29,00	651,58	757,90	899,38	0,08
	PZ-05	23,00	355,02	313,31	511,46	0,03
	PZ-08	11,00	255,34	366,56	583,16	0,03
	PZ-09	22,20	714,74	466,14	670,60	0,02
	HJ-03	100,00	274,45	164,05	224,42	3,26
	TJ-02	133,70	298,05	212,44	103,79	1,09
Lagoa Maimbá	PZ-03	15,00	737,23	697,74	411,41	0,03
	PZ-04	24,00	1.075,58	1.020,02	712,00	0,06
	PZ-07	26,00	1.248,41	1.219,44	936,44	- 0,76
	PZ-10	26,00	1.708,68	1.681,27	1.396,36	0,03
	PZ-11	24,30	1.759,08	1.741,80	1.470,57	0,02
	PZ-12	22,00	1.689,21	1.670,06	1.399,90	0,03
	PZ-13	22,50	1.644,43	1.625,93	1.353,81	0,03
	PZ-14	31,00	792,27	749,52	456,70	0,12
	PZ-15	31,00	708,40	675,68	401,94	0,04
Pátio de Minério	PZ-02	27,00	600,53	526,04	216,59	0,03
	PZ-06	26,00	1.002,62	904,52	639,02	0,02

* Bomba não operou em regime constante

TABELA 6.6**RESULTADOS DO TESTE DE BOMBEAMENTO DE CURTA DURAÇÃO
REALIZADO NO POÇO PA- 02 (1 DIA)**

Poços	Profundidade (m)	Distância em Relação ao Poço PA-02 (m)	Rebaixamento (m)
PA-01	102,00	111,89	2,80
PA-02	104,00	-	16,50
PA-03	111,00	311,07	0,04
HJ-03	100,00	164,05	1,90
TJ-02	133,70	212,44	0,12

Para a análise dos dados levantados em campo, observou-se em primeiro lugar o comportamento do aquífero investigado pelos poços PA-01, PA-02 e PA-03. Os resultados dos testes de bombeamento mostram que:

- Os rebaixamentos dos níveis de água, considerados significativos, ocorreram nos poços HJ-03 (3,26 m) e TJ-02 (1,09 m), localizados a menos de 200 metros de distancia dos poços bombeados. Todos os demais poços de monitoramento estão situados a distancias superiores a 200 metros dos poços bombeados. Nestes poços observou-se uma pequena alteração, porem sistemática, representando um rebaixamento de alguns poucos centímetros (de 2 a 12 cm). Estas variações registradas nas leituras são provavelmente devidas ao procedimento de leitura ou a variações localizadas do nível de água. As variações observadas nos piezômetros PZ-14 e PZ-01 (0,08 e 0,12 metros respectivamente) podem ser resultado da relativa proximidade destes piezômetros aos poços de bombeamento.
- Exceção ao exposto acima é o comportamento ascendente observado no PZ-07, o que sugere a ocorrência de fatores locais, como a influência de recarga localizada proveniente da acumulação local em pequenos córregos ou a poças de água associadas a chuvas ocorridas durante o teste.
- Assim, os resultados dos testes realizados sugerem que o bombeamento nos três poços (PA-01, PA-02 e PA-03), durante o período de aproximadamente 3 dias, não afetou significativamente o comportamento do nível de água subterrânea nas áreas mais distantes (maiores de 200 metros) e superficiais, onde estão instalados os piezômetros utilizados para o monitoramento.

Para o cálculo dos parâmetros hidrogeológicos (condutividade hidráulica K e transmissividade T), adotou-se que o sistema hidrogeológico local ocorre quase que integralmente de maneira livre, não confinado, com o aquífero associado à intercalação de camadas arenosas, silto-arenosas e areno-argilosas, correspondendo a um aquífero granular típico com fluxo laminar, conforme exemplificado pelo **Desenho D1-039-5123-5120-0006-02-J**.

As seguintes hipóteses foram assumidas para a análise matemática dos resultados dos testes de bombeamento:

- o aquífero possui uma extensão areal infinita;
- o aquífero é homogêneo, isotrópico e com espessura uniforme próximo a área de influência dos poços de bombeamento;
- previamente ao bombeamento, a superfície piezométrica e/ou freática, próxima à área de influência dos poços de bombeamento, é aproximadamente horizontal;
- o aquífero é bombeado com uma vazão constante;
- o poço de bombeamento é penetrante em todo o aquífero; e,
- o fluxo para os filtros dos poços é horizontal.

Os valores médios estimados foram da ordem de 60 a 100 m²/dia (baixa a média) para a transmissividade (T), e de $6,24 \times 10^{-4}$ a $1,04 \times 10^{-3}$ cm/s para a condutividade hidráulica (K).

6.4 Caracterização Hidroquímica

A caracterização hidroquímica das águas da região da Lagoa de Ubu foi elaborada através da coleta de água superficial e subterrânea realizada na Lagoa de Ubu, em poços localizados próximo a essa Lagoa e, em poços localizados próximo à Barragem Norte. Esses pontos foram escolhidos devido ao fato de terem sido considerados como os mais representativos de cinco domínios do sítio estudado (ver Tabela 5.7 com a divisão dos domínios de estudo). Os resultados das análises de todos os parâmetros de qualidade de água medidos nos poços de monitoramento e na Lagoa de Ubu estão apresentados na Tabela 6.7.

TABELA 6.7

PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA ANALISADOS NA REGIÃO DA LAGOA DE UBU

Ponto de Amostragem	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	H(CO) ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ³⁻ (mg/L)	NO ²⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Ca(CO) ₃ (mg/L)	Cond. Elétric μS/cm	Dureza Total (CaCO ₃ mg/L)	pH	SiO ₂ (mg/L)	Sólidos Dissol (mg/L)	Sólidos Suspen (mg/L)	Temperatura (° C)	Turbidez (U.N.T)
PA 01	6,20	3,50	1,20	0,10	5,20	8,00	8,60	0,10	0,06	< 0,1	4,30	53,60	3,40	5,25	16,40	42,30	17,00	25,10	3,50
PA 02	17,30	3,00	1,00	0,18	5,00	10,00	28,20	0,10	0,03	< 0,1	4,10	95,00	3,20	5,34	15,90	85,00	17,00	25,20	5,50
PZ 01	9,00	1,00	0,80	0,27	2,40	10,00	9,70	0,00	0,02	< 0,1	2,00	78,80	2,90	4,38	10,00	49,00	1,00	26,80	1,40
PZ 02	13,90	1,40	2,50	0,31	5,00	13,00	17,30	0,00	0,03	< 0,1	4,10	95,00	7,30	4,94	9,30	67,60	103,00	26,70	61,00
PZ 03	23,00	0,70	0,40	0,30	0,10	18,00	26,70	0,00	0,01	< 0,1	< 0,1	117,60	2,20	4,56	1,00	104,00	< 0,1	25,30	0,30
PZ 04	28,00	1,40	0,80	0,29	4,90	18,00	38,40	0,00	0,02	< 0,1	4,00	135,10	3,20	4,89	1,90	106,00	9,00	25,90	1,50
PZ 07	57,20	1,00	0,10	0,08	4,90	114,00	18,30	0,00	0,05	< 0,1	4,00	252,00	0,50	5,06	6,20	193,00	20,00	27,60	4,50
PZ 08	14,50	3,50	14,90	0,61	41,40	34,00	10,90	0,00	0,04	< 0,1	34,00	115,80	39,80	5,05	4,80	99,00	1,00	24,70	1,60
PZ 13	126,10	5,50	5,40	0,13	200,00	123,00	9,90	0,05	0,02	0,30	164,00	496,00	14,00	7,04	4,00	367,00	10,00	27,50	8,80
Lagoa Ubu	27,00	4,50	5,80	0,66	0,00	26,00	44,50	0,10	0,02	< 0,1	< 0,1	191,10	43,30	5,16	1,70	130,40	1,00	23,60	0,58

Os resultados dos ânions (sulfato, cloretos e bicarbonatos) e cátions (cálcio, magnésio, sódio e potássio) majoritários **foram transformados para mili equivalente por litro** e, em seguida, calculada a percentagem relativa de cada um em relação aos demais. Assim a percentagem de cada parâmetro escolhido foi plotada em diagramas de Piper, apresentados na Figura 6.3.

O objetivo principal desse diagrama é o de distinguir as fácies hidroquímicas presentes nos diferentes poços amostrados (Freeze e Cherry, 1979). Caso fossem caracterizadas as diferentes fácies, como sendo de composição hidroquímicas distintas, essa informação seria um suporte técnico para a hipótese da presença de diferentes fontes de água entre os poços PA 01 e PA 02 e a Lagoa de Ubu. Contudo, os resultados obtidos não são conclusivos no sentido de haver uma diferenciação das fácies hidroquímicas locais, pois a grande maioria dos poços, com exceção dos piezômetros PZ 08 e PZ 13, apresentou uma água de composição rica em cloretos ($Cl > 50\%$), em relação aos demais ânions (SO_4 e HCO_3^-). Isto pode ser observado pela predominância de cloretos em relação aos demais ânions (SO_4^{2-} e HCO_3^-) utilizados no diagrama de Piper para classificação da água (Freezy e Cherry, 1979), apresentado na Figura 6.3.

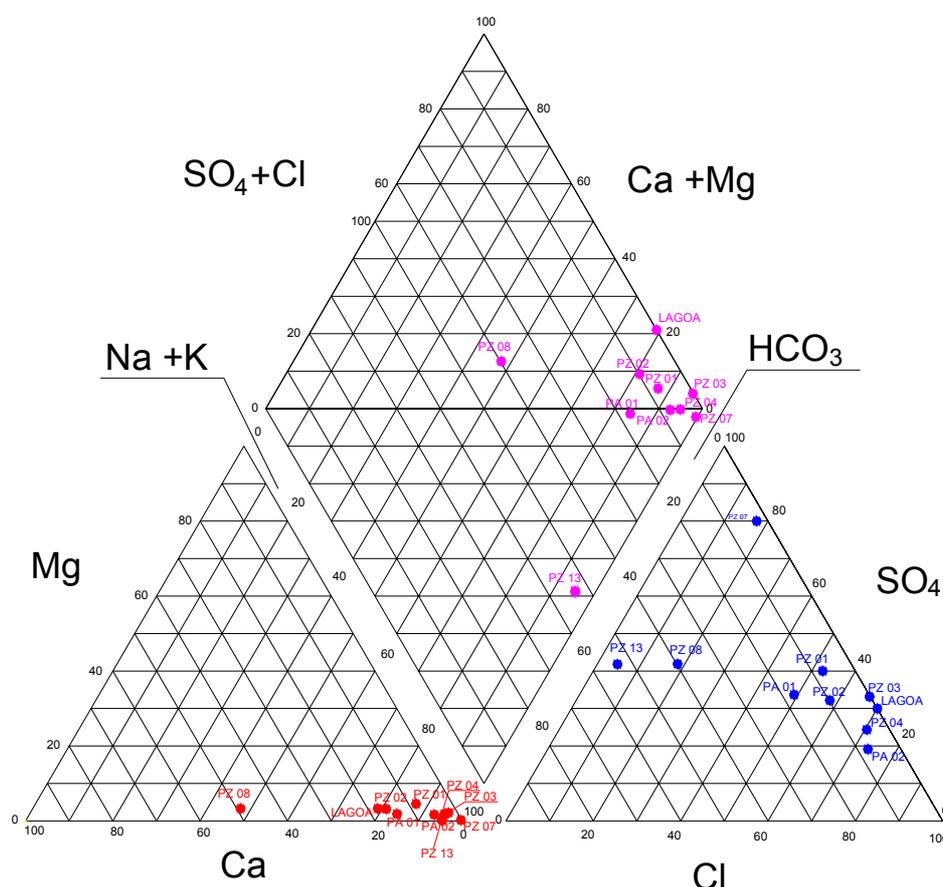


FIGURA 6.3 - Classificação pelo diagrama de Piper da composição das águas da Lagoa de Ubu e de poços de monitoramento amostrados naquele sítio (valores em percentagem relativa de ânions e cátions em mili equivalente por litro).

O diagrama de Piper mostra que a composição das águas dos piezômetros PZ 08 e PZ 13 apresentam menos cloretos que os demais poços amostrados. Em relação ao PZ 08, este fato pode ser interpretado devido aos seguintes fatores. Primeiro, devido a altura da cota deste poço em relação aos demais. O poço PZ 08 apresenta uma cota mais inferior em relação aos demais poços e uma zona vadosa menos espessa, resultando no recebimento de uma carga maior de águas de chuva. Este fato acarretaria na diluição das concentrações de cátions e ânions do poço PZ 08, em relação aos poços instalados em sua vizinhança, conforme mostrado na Figura 6.4. Esta diluição é mais acentuada devido a composição do nível estratigráfico que este se encontra. Este nível é mais arenoso e, conseqüentemente, apresenta uma permeabilidade maior que o nível inferior, mais argiloso, onde se encontram os poços PZ 09 e PZ 01.

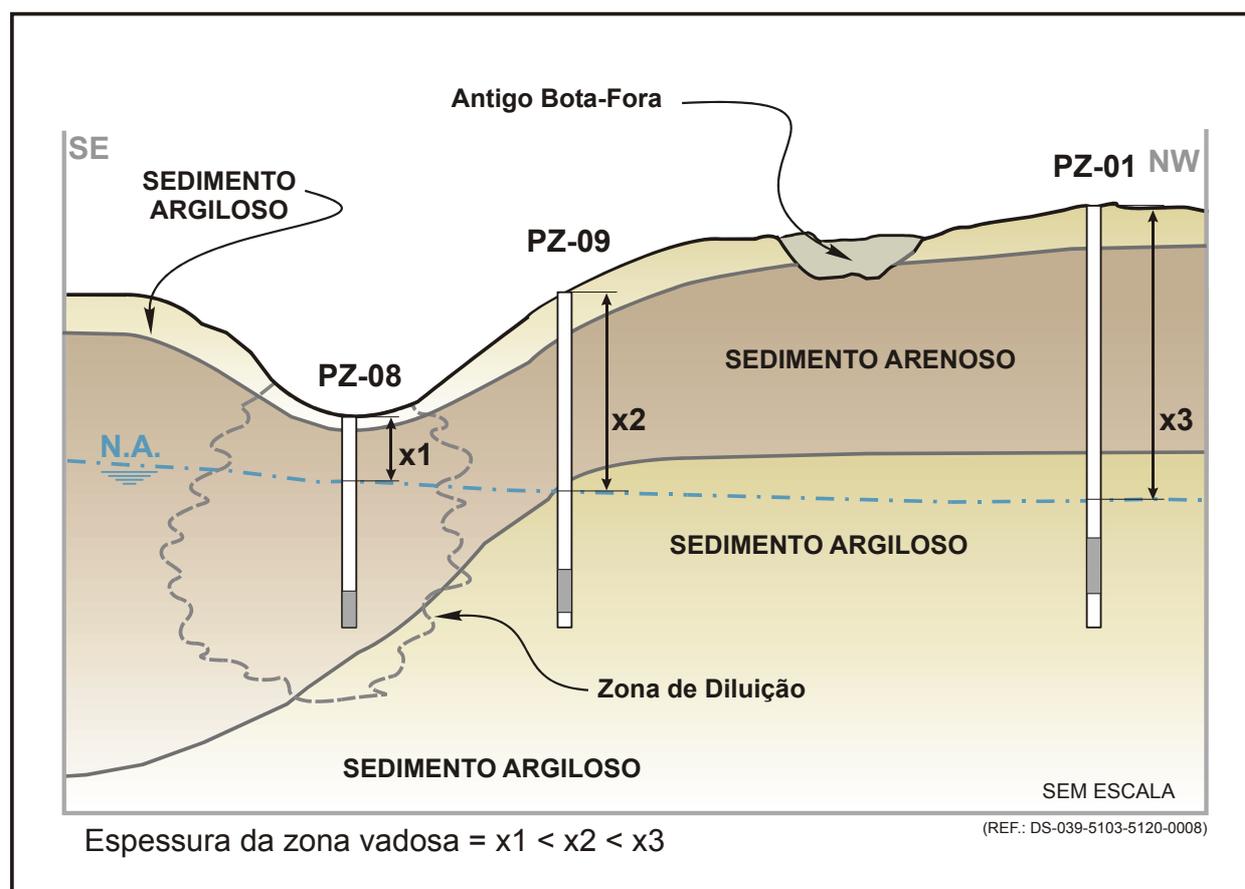


FIGURA 6.4 – Perfil topográfico para representação da localização dos poços PZ 08, PZ 09 e PZ 01 com suas respectivas espessuras de zona vadosa.

O piezômetro PZ 13, assim como o poço PZ 08, apresentou uma percentagem relativamente baixa de cloreto em mili equivalente por litro em relação aos outros poços. Contudo este poço já apresentou, distintamente do poço PZ 08, uma percentagem relativa mili equivalente por litro de cátions semelhante a dos outros poços. A maior dificuldade na avaliação dos dados hidroquímicos do poço PZ 13 é devido à ausência da descrição da estratigrafia deste furo. Este fato dificulta a análise do resultado. Entretanto, a partir da localização deste poço, próximo a valas de infiltração, localizadas ao norte da Bacia de Polpa (Tabela 5.7), e das concentrações de sódio e de bicarbonato (Tabela 6.13), pode-se inferir uma possível contribuição antropogênica

na composição química da água desse poço. É recomendável uma futura investigação neste local com o objetivo de confirmar esta hipótese.

A salinidade das águas amostradas nos poços monitorados foi avaliada, segundo o método prático apresentado pelo STANDARD METHODS (Greenberg et al., 1998) representado pela seguinte fórmula:

$$S = 1,80655 \times Cl^- \quad (1)$$

Onde,

S = salinidade em fração por mil (‰),
1,80655 = fator de conversão da concentração de cloreto em salinidade,
Cl⁻ = concentração de cloreto em fração por mil (‰).

Os resultados dos poços monitorados, em termos do método prático, apresentaram valores de Salinidade baixa, com valores oscilando entre 0,02 ‰ a 0,10 ‰. Segundo a Resolução nº 20 do CONAMA (1986), os valores de salinidade iguais ou maiores que 30,0 ‰, classifica as águas como sendo salinas. Segundo esta mesma norma, as águas com salinidade igual ou inferior a 0,50 ‰ são classificadas como águas doces. Desta forma segundo a classificação do CONAMA as águas amostradas nos poços piezométricos, conforme Tabela 6.13, são classificadas como de água doce. Essa composição de água dos poços é semelhante àquela encontrada na Lagoa de Ubu.

A classificação da composição das águas amostradas próximas à Lagoa de Ubu sugere uma semelhança da composição química dos diferentes níveis estratigráficos daquela região. Entretanto, este fato não permite concluir afirmativamente que existe uma conexão das águas da Lagoa de Ubu com o aquífero subjacente.

6.4.1 Análise de Isótopos Estáveis

As análises de isótopos estáveis do tipo oxigênio (¹⁸O) e deutério (²H) podem ser utilizadas como determinadoras da identificação das fontes de águas subterrâneas e como indicadores de processos de evaporação de águas superficiais em escalas regionais e continentais (Freeze e Cherry, 1979). Através da determinação das razões de ¹⁸O/¹⁶O e ²H/¹H e com uso de padrão arbitrário conhecido por *Standard Mean Ocean Water* (SMOW) é possível determinar o processo de fracionamento isotópico que ocorre durante a evaporação da água do mar e condensação desta mesma água a **dezenas ou centenas de quilômetros** dentro do continente. Este constante processo de evaporação e condensação causa o aumento das razões isotópicas mencionadas acima, na água remanescente nos oceanos, enquanto que a fração evaporada e subsequentemente precipitada tem um decréscimo dessa mesma razão isotópica.

Desta forma, teoricamente, poderia se esperar diferentes assinaturas isotópicas das razões de oxigênio e de deutério em águas coletadas no mar, na Lagoa e em água subterrânea. Contudo, no caso da Lagoa de Ubu, os três tipos de água a serem coletados **estão muito próximos**, desta forma não permitindo que em um curto espaço físico a água evaporada do mar se precipite com isótopos fracionados. Assim não se pode afirmar que o fracionamento isotópico seria o método mais recomendável para se determinar a diferença da origem dos corpos de água localizados neste sistema. Portanto, essa ferramenta não se aplica face à escala reduzida da área de estudo.

6.5 Modelo Hidrogeológico Conceitual

O modelo hidrogeológico conceitual incorpora as características de conformação física dos aquíferos e os respectivos mecanismos influentes no comportamento do sistema. Sua interpretação requer, para a confiabilidade do modelo apresentado, a coleta de dados específicos de campo, que possam apontar os atributos inerentes ao meio investigado e sua importância para a circulação dos fluxos subterrâneos.

O estabelecimento das condições de contorno de determinada área a ser investigada e modelada decorre fundamentalmente dos condicionamentos físicos e topográficos que podem servir de limites às bacias de contribuição dos aportes meteóricos, coincidindo em geral, aos alinhamentos de cristas e serras que sustentam a paisagem local. Também, dependendo da situação que se deseja modelar, os altiplanos das áreas de recarga servem como divisores naturais, por se tratarem, geralmente, de barreiras hidráulicas dos sistemas hidrogeológicos.

O modelo conceitual aqui apresentado foi elaborado com base na análise e interpretação dos dados coletados no campo, dados regionais e dados de estudos anteriores. A análise integrada dos estudos hidrológicos, climatológicos, geológicos, hidroquímicos e hidrogeológicos, permitiu a concepção do modelo hidrogeológico aqui apresentado.

6.5.1 Definição da unidade de estudo

Conforme estabelecido anteriormente, foram caracterizadas três bacias hidrográficas para a área de estudo, quais sejam: Bacia da Lagoa de Ubu; Bacia da Lagoa Maimbá; e, a Bacia do Pátio de Minérios. Estas bacias são caracterizadas pelas suas respectivas lagoas e drenagens, elementos que determinam o nível de base local, para cada unidade.

Os dados de monitoramento existentes, combinados com a investigação dos fluxos de água subterrânea, sugerem que os limites das bacias subterrâneas locais são correspondentes aos limites topográficos das respectivas das bacias hidrográficas. Os dados também sugerem que as bacias hidrogeológicas em questão têm um regime hidrodinâmico independente uma das outras.

Admitindo-se que os sistemas aquíferos relativos às bacias hidrográficas locais sejam naturalmente independentes, o desenvolvimento do modelo hidrogeológico conceitual e computacional foi conduzido considerando a área da Bacia da Lagoa de Ubu como a unidade de interesse de estudo. Entretanto, os limites divisores das bacias subterrâneas locais não são permanentes e dependem das eventuais alterações hidrodinâmicas introduzidas no sistema, podendo, até mesmo, acarretar em um novo re-arranjo futuro dos delimitadores das águas subterrâneas locais.

Em um escala local, o ambiente da Lagoa de Ubu pode ser descrito da seguinte maneira. Evidências isoladas, obtidas a partir da análise das seções geológicas (desenhos **D5-039-5123-5120-0008-01-J** e **D5-039-5123-5120-0009-01-J**) e da descrição litológica do poço PA 02, localizado na proximidade da lagoa (ver seção 5.4.2), sugerem a existência de uma camada argilosa que constituiria o leito de sedimentação sob a lagoa. Esta camada argilosa estaria promovendo um isolamento hidráulico parcial das águas da lagoa com o aquífero, permitindo assim a manutenção do espelho d'água e viabilizando a existência da própria lagoa. A Figura 6.5 apresenta o modelo hidrogeológico esquemático com o arcabouço em escala intermediária e local.

**MODELO HIDROGEOLÓGICO ESQUEMÁTICO
ÁREA DA LAGOA DE UBU**

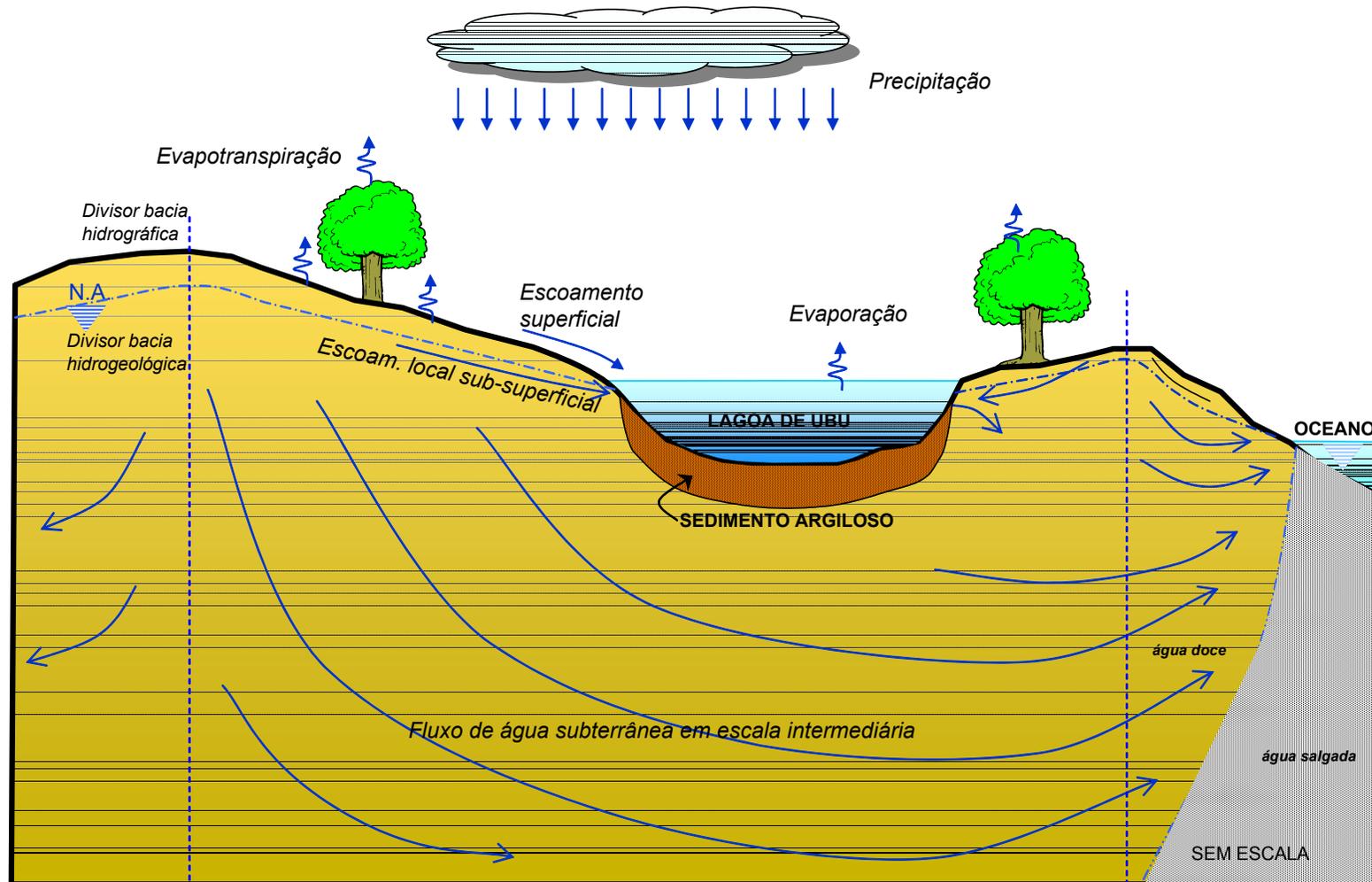


FIGURA 6.5 – Representação esquemática do Modelo Hidrogeológico Conceitual.

6.5.2 Condições de Escoamento das Águas Subterrâneas

A Bacia hidrográfica de Ubu possui como divisor hidrográfico: (i) a norte e a leste as cristas dos morros das nascentes das drenagens da margem esquerda que abastecem a Lagoa de Ubu; (ii) a sudeste, o oceano Atlântico; (iii) a sudoeste, os morros das cabeceiras das drenagens da margem direita da Lagoa de Ubu, entre a Rodovia do Sol e o oceano; e (iv) a oeste a crista do morro onde está instalada a comunidade do Recanto do Sol.

Os níveis topográficos na área do projeto variam de cotas mais baixas que o nível do mar, até cotas de aproximadamente 25 metros, no topo dos morros divisores da bacia.

Admite-se que a recarga se processa, principalmente, pela infiltração direta das águas pluviais na superfície do terreno e que o fluxo regional se dirige ao mar, repositório final das águas subterrâneas da região. Devido às variações faciológicas-texturais, esperam-se permeabilidades variáveis, conforme a predominância relativa entre as frações arenosas e argilosas nos horizontes litológicos.

O regime de fluxo das águas subterrâneas está relacionado com o sistema e regime hídrico superficial que compõem a Lagoa de Ubu. Assim, as águas subterrâneas fluem dentro de um meio poroso heterogêneo, apresentando as seguintes características relativas aos sentidos de fluxo:

- os platôs, que constituem em superfícies aplainadas e situadas ao redor da cota 25,0 metros, funcionam como divisores de água na área;
- os fluxos de água subterrânea na escala local, dirigem-se, em cotas mais elevadas, para a Lagoa de Ubu, através do fluxo de água pelas bordas da lagoa; e,
- os fluxos de água subterrânea, em uma escala intermediária, dirigem-se, em cotas mais profundas, diretamente para o mar.

6.5.3 Condições de Contorno Preliminares

O modelo abrange uma área de dimensões em planta de 2.500 m por 1.500 m, com limite inferior na cota -100 metros e limites superiores nas cotas mais altas do divisor de águas nas cristas dos morros, em torno da cota 30 m. As condições de contorno adotadas no modelo hidrogeológico local conceitual estão indicadas na Tabela 6.8.

TABELA 6.8**CONDIÇÕES DE CONTORNO ADOTADAS NO MODELO HIDROGEOLÓGICO DA LAGOA DE UBU**

Ordem	Contorno	Condição
1	Superior	Infiltração média de 109 mm/ano, uniformemente distribuída em todo o domínio de interesse.
2	Inferior	Meio absolutamente impermeável representado por substrato rochoso gnáissico, sotoposto ao limite inferior do modelo hidrogeológico, situado à cota de -100 m.
4	Norte	Contorno hidrológico, de fluxo nulo, representado pelo limite norte dos morros divisores das bacias hidrográficas da Lagoa de Ubu e Lagoa Maimbá.
7	Nordeste	Contorno hidrológico, de fluxo nulo, representado pelo limite nordeste dos morros divisores das bacias hidrográficas da Lagoa de Ubu e do Pátio de Minérios.
3	Superior Sudeste	Contorno hidrológico de carga hidráulica constante, representado pela Lagoa de Ubu.
5	Sudoeste	Contorno hidrológico, de fluxo nulo, representado pelo limite sudoeste dos morros das cabeceiras das drenagens da margem direita da Lagoa de Ubu, entre a Rodovia do Sol e o oceano.
6	Oeste	Contorno hidrológico, de fluxo nulo, representado pelo limite oeste dos morros da comunidade Recanto do Sol.

6.5.4 Unidades Hidroestratigráficas

Para a caracterização do sistema hidrogeológico foram definidas unidades hidroestratigráficas representativas dos aquíferos da região, por meio das unidades geológicas, identificadas em reconhecimentos de campo e pelos dados geológicos dos poços tubulares e poços de monitoramento instalados.

O sistema hidrogeológico na área do empreendimento é formado fisicamente, a partir do topo, por uma camada delgada de solo, com até 3 metros de espessura, seguida por camadas alternantes arenosas e argilosas do Grupo Barreiras. Esses litotipos estão dispostos em camadas sub-horizontais, descontínuas e interdigitadas, apresentando variações faciológicas laterais e verticais, apresentando dimensões extremamente variadas e difícil correlação entre sondagens próximas. A espessura das camadas varia de 1,0 a mais de 50,0 metros. Sotoposta a esta sequência, encontra-se um substrato rochoso, constituído por rochas gnáissicas/granitóides da Suíte Intrusiva do Espírito Santo, a uma profundidade de aproximadamente de 105,0 metros.

6.6 Modelo Hidrogeológico Computacional

O modelo hidrogeológico computacional foi desenvolvido e implementado baseado nas condições de contorno e unidades hidroestratigráficas definidas no modelo físico conceitual, utilizando-se o aplicativo *Visual Modflow*, Versão 2.8, Waterloo Hydrogeologic (2001).

O objetivo do modelo computacional é servir como uma ferramenta de análise da possível interferência do atual aproveitamento da água subterrânea no ambiente hidrológico da Lagoa de Ubu. Entretanto, o atual conhecimento do sistema hidrodinâmico, baseado nas informações e dados disponíveis, não permitiu acomodar o modelo de uma maneira plena. Portanto, este modelo deve ser entendido como de caráter preliminar, sendo ainda necessário, para a sua

complementação, um acréscimo de dados de monitoramento ambiental, representativos de um período de, pelo menos, um ciclo hidrológico completo.

6.6.1 Conceitos

A modelagem hidrogeológica numérica computacional é a ferramenta atualmente mais utilizada para se estudar a gestão de aquíferos subterrâneos. Estes sistemas permitem avaliar a capacidade produtiva de aquíferos e de executar o planejamento de localização dos poços produtores, pois permite, a partir da retro-análise dos dados existentes, realizar a calibração de um modelo sobre o qual se podem lançar as expectativas futuras de gestão do sistema. Além disso, mostra a consequência do empreendimento sobre os níveis de água e determina a geometria ótima das baterias de poços, ou outras estruturas de captação de água subterrânea, assim como o regime de exploração.

Para executar a modelagem computacional do comportamento de um sistema aquífero, torna-se necessário, primeiro, definir o aplicativo computacional a ser utilizado e, segundo, sistematizar os dados existentes. O aplicativo computacional a ser empregado neste estudo é baseado no modelo MODFLOW, desenvolvido por Mc Donald & Harbaugh (1988) para o USGS - United States Geological Survey, o qual simula, tridimensionalmente, o fluxo de água subterrânea. Este modelo foi adaptado no aplicativo computacional Visual-Modflow, da Waterloo Hydrogeologic Software, o qual vem sendo usado pelas principais instituições e projetistas atuantes na área de modelamento hidrogeológico, tanto no Brasil, quanto no exterior. O mesmo possibilita a simulação do comportamento hidrodinâmico tridimensional do sistema hidrogeológico, admitindo unidades hidroestratigráficas distintas, de acordo com a configuração real de campo.

O aplicativo permite também acomodar os componentes hidrológicos e as condições de contorno do sistema, tais como rios, córregos, drenos, poços ou taxas de recarga, possibilitando assim, representar de maneira adequada os elementos reais incorporados no respectivo modelo hidrológico físico conceitual.

A organização e estruturação do modelo de simulação de fluxo subterrâneo, no âmbito do modelo hidrogeológico conceitual, considerou os aspectos inerentes ao referido ambiente, no que se refere à sua conformação estrutural. Dessa forma, a criteriosa seleção de informações sobre a geometria da área investigada contribui para que o modelo computacional represente com fidelidade o modelo conceitual proposto inicialmente.

A discretização espacial da área de interesse deve ocorrer em função da disponibilidade de dados acerca da geometria aquífera que se pretende modelar, sendo mais refinada em números médios de linhas, colunas e camadas, de acordo com a necessidade da malha de cálculo proposta para o bloco tridimensional a ser montado.

O modelo hidrogeológico computacional foi composto de acordo com a seguinte seqüência metodológica:

- configuração do modelo computacional, tendo como base o modelo hidrogeológico conceitual;
- identificação dos parâmetros de entrada;
- calibração do modelo; e,
- avaliações relativas a cenários de comportamento hidrodinâmico do sistema.

A partir da modelagem hidrogeológica, serão apresentados os seguintes produtos:

- planta de potenciometria e de linhas de fluxo de água subterrânea em condições originais, antes do início de operação dos poços;
- mapas de localização de poços tubulares e poços de monitoramento, representando algumas possíveis configurações de baterias, com quantidade e disposição distintas de poços;
- plantas de potenciometria e de linhas de fluxo de água subterrânea em condições futuras, durante a operação dos poços, para algumas configurações distintas de baterias de poços; e
- planta contendo as áreas de recarga e descarga dos aquíferos e as possíveis zonas de interferência do bombeamento dos poços.

6.6.2 Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho compreendeu a montagem de um modelo numérico computacional, em regime permanente, com base nos dados geológicos e no modelo hidrogeológico conceitual proposto. Inicialmente, utilizaram-se como dados de entrada os resultados dos ensaios para determinação dos parâmetros hidráulicos (teste de injeção e teste de bombeamento) e os dados preliminares do balanço hídrico. A seguir, foi realizada a calibração do modelo empregando os dados de operação dos poços tubulares e o monitoramento dos piezômetros referentes aos dados observados em 20 de Novembro de 2003, data do último monitoramento disponível antes do início da modelagem, sendo transição entre o período seco e o chuvoso.

Com o modelo calibrado procedeu-se às diversas simulações de bombeamento dos poços em operação com o objetivo de avaliar os futuros eventuais impactos da exploração do aquífero na Lagoa de Ubu.

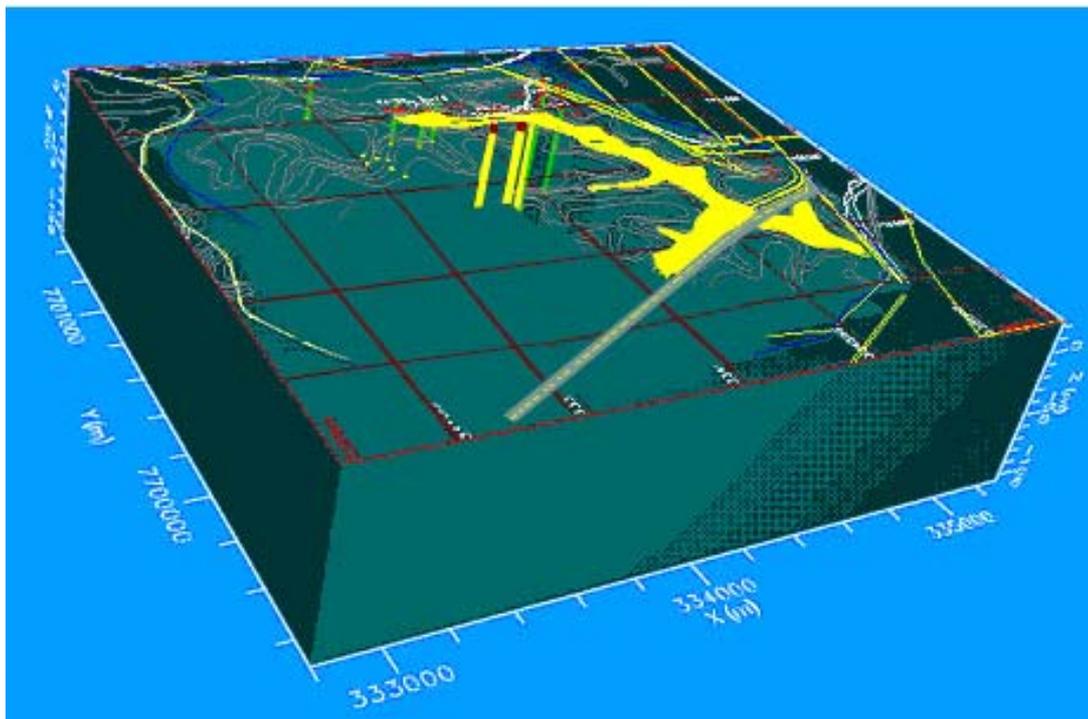


FIGURA 6.6 - Modelo Numérico Tri-Dimensional.

6.6.3 Malha de Cálculo

O domínio de interesse do modelo hidrológico proposto abrange uma área retangular de 2.500 metros de extensão (eixo X) e 2.200 metros de largura (eixo Y). O eixo X foi dividido em 33 colunas, com dimensões variando de 50 a 100 metros. O eixo Y foi dividido em 31 linhas de 50 a 1500 metros de largura (Figura 6.7).

Na direção vertical (eixo Z), o modelo possui 130 metros de espessura, iniciando na cota 25 até -105 metros, divididos em 13 camadas horizontais.

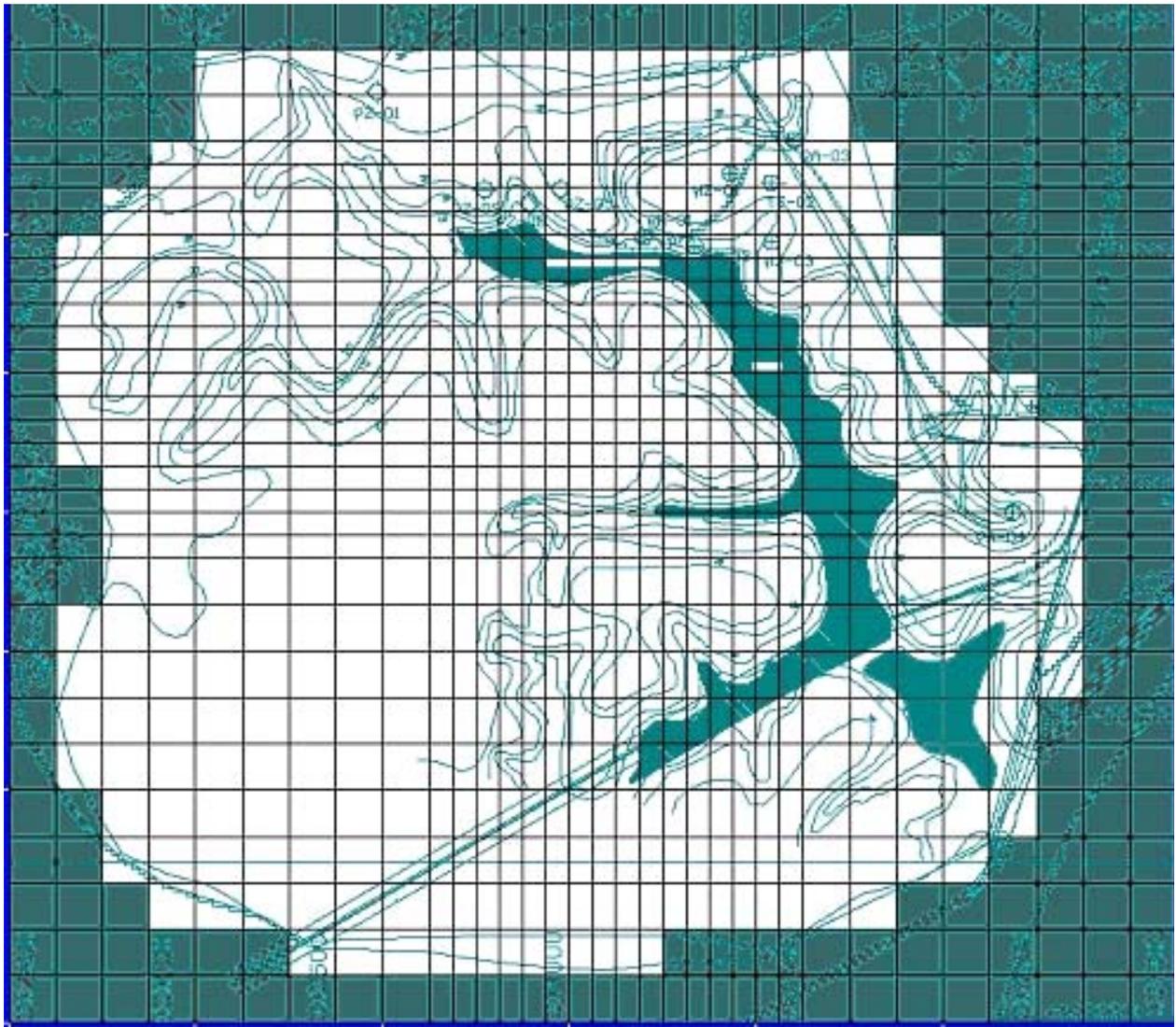


FIGURA 6.7 - Malha de Cálculo do Modelo Hidrogeológico

6.6.4 Propriedades Hidrogeológicas - Parâmetros de Entrada

Os valores de condutividade hidráulica adotados foram obtidos dos ensaios de permeabilidade (*slug test*) e teste de bombeamento. Estes valores foram utilizados para representar os tipos litológicos no modelo computacional. Estes valores estão dentro da faixa de variação apresentada na seção 6 (Tabela 6.1) e são os que forneceram os melhores resultados durante a calibração do modelo.

TABELA 6.9

PROPRIEDADES HIDROGEOLÓGICAS UTILIZADAS NO MODELO

Propriedade	Litologia	Kx cm/s	Ky cm/s	Kz cm/s	Cor
1	Sedimentos Arenosos	0,1	0,1	0,1	Azul
2	Sedimentos Argilo Arenoso	0,001	0,001	0,001	Verde
3	Sedimentos Argilosos	0,0001	0,0001	0,0001	Azul claro

A condutividade hidráulica (K) foi definida para cada direção tri-dimensional (K_x , K_y , K_z). Como as camadas são de uma forma geral horizontalizadas, não foi considerado a anisotropia em relação aos eixos.

A Figura 6.8 mostra a distribuição dos valores de permeabilidade, em relação às unidades hidroestratigráficas.

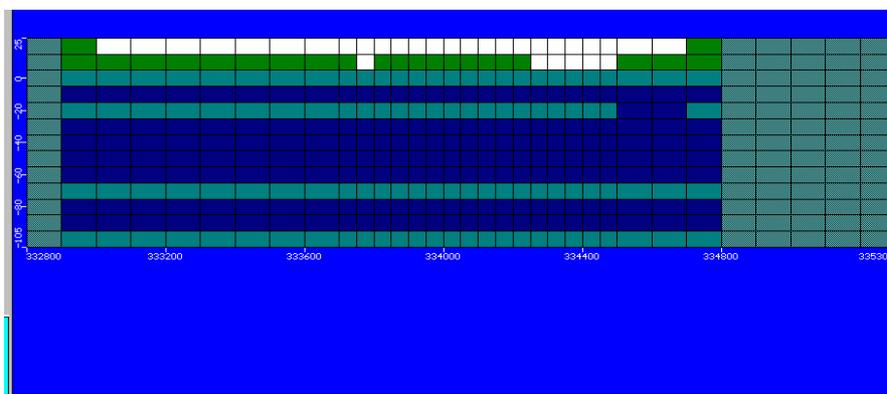


FIGURA 6.8 - Acomodação dos Valores de Permeabilidades, de acordo com as Unidades Hidroestratigráfica

A recarga de 109 mm/ano, identificada no processo de calibração do modelo está dentro da faixa de valores estimados para infiltração bacia hidrográfica em questão (seção 6.1).

6.6.5 Condições de Contorno (*Boundaries*)

No modelo a Lagoa de Ubu foi representada por potencial constante (“*Constant Head*”) e as drenagens como drenos associados às respectivas cotas.

6.6.6 Modo de Resolução

O modo de resolução aplicado foi o *WHS Solver*, com valores *default* do Visual Modflow. O modelo foi processado apenas em regime permanente ou estacionário.

6.6.7 Regime de Operação e Vazões dos Poços

Os poços de bombeamento utilizados no regime permanente são mostrados na Tabela 6.10, com seus respectivos valores de bombeamento.

TABELA 6.10

POÇOS DE BOMBEAMENTO UTILIZADOS E RESPECTIVAS VAZÕES

Poço	Vazão de Bombeamento (m ³ /h) Vazões máximas
PA 01	29,00
PA 02	36,42
PA 03	19,92

6.6.8 Calibração do Modelo Numérico em Regime Permanente

A calibração do modelo hidrogeológico computacional consistiu em ajustar os parâmetros de entrada do modelo de modo a minimizar a diferença entre os valores estimados de níveis de água subterrânea e os valores medidos nos poços de monitoramento, poços de abastecimento, nível de água das lagoas e nascentes dos córregos.

O modelo foi calibrado para as condições de fluxo em que o projeto se encontra atualmente, ou seja, com as taxas de bombeamento atual. Os valores utilizados para a calibração são relativos ao período de 20 de novembro de 2003. A escolha deste período teve como critério o último monitoramento do período seco (estação não chuvosa). A Tabela 6.11 apresenta os piezômetros e poços antigos que foram utilizados na calibração do modelo, com os dados medidos em campo e os calculados pelo modelo.

TABELA 6.11

**PIEZÔMETROS E INDICADORES DE NÍVEL DE ÁGUA USADOS
NA CALIBRAÇÃO DO MODELO**

Poços de Observação	Cota do N.A Observado(m) 20/11/2003	Cota do N.A Calculado(m)	Diferença Observado/calculado
PZ-01	5,89	2,74	3,15
PZ-05	2,72	2,68	0,04
PZ-08	2,73	2,68	0,05
PZ-09	2,85	2,69	0,16
HJ-03	1,30	0,19	1,11
TJ-02	1,47	2,62	-1,15

A Figura 6.9 apresenta os resultados da calibração do modelo em um gráfico de valores observados em campo *versus* valores calculados pelo modelo. Os valores apresentados na Tabela 6.11 e Figura 6.9 são resultados de várias simulações, onde se procurou, em caráter preliminar, ajustar os parâmetros do modelo de forma mais adequada. Uma análise visual do gráfico mostra que o ajuste dos valores gerados pelo modelo, com os valores provenientes do monitoramento dos níveis de água nos respectivos piezômetros e poços, não foi o ideal. Isto pode ser explicado pelo caráter ainda preliminar do modelo, e pelas informações incompletas sobre a geologia e hidrogeologia locais. No entanto, mesmo ainda em caráter preliminar, o modelo computacional se torna útil para uma caracterização inicial do comportamento hidrodinâmico do sistema hidrogeológico local.

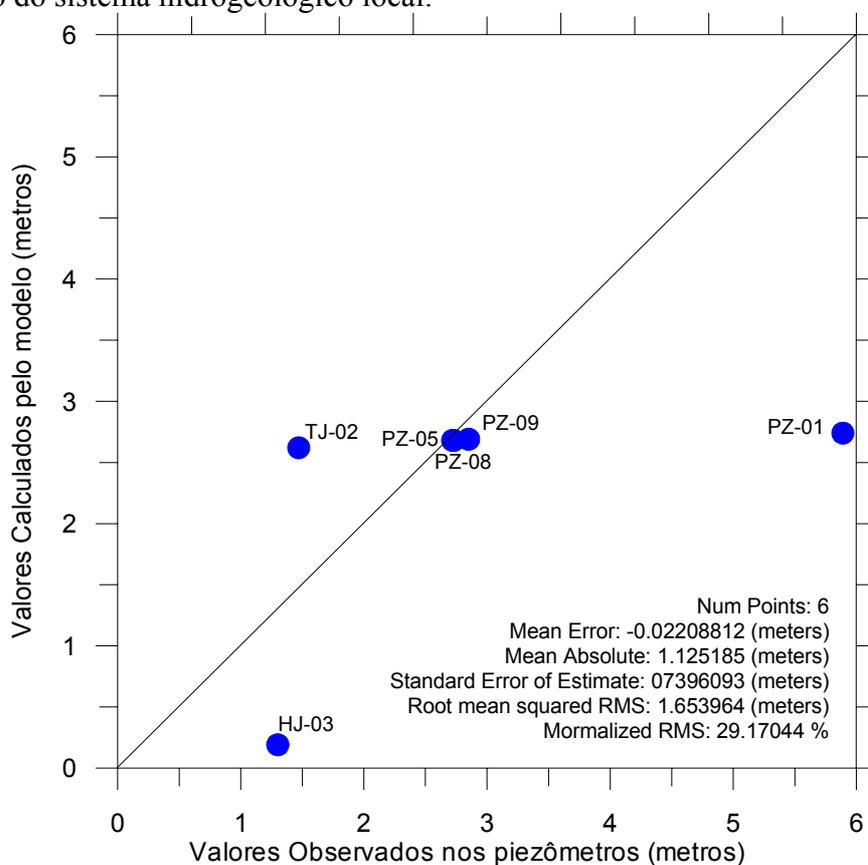


FIGURA 6.9 - Resultado da calibração do modelo hidrogeológico computacional.

6.6.9 Resultados do Modelo

A Figura 6.10 mostra a direção de fluxo, com as respectivas áreas de recarga e descarga, e as curvas equipotenciais geradas pelo modelo, representando a superfície d'água no período de novembro/2003. O fluxo das águas subterrâneas se dá pelo escoamento a partir das áreas de recarga do alto dos morros (cotas mais elevadas), aflorando nas nascentes dos córregos e na Lagoa de Ubu (áreas mais baixas).



FIGURA 6.10 – Superfície piezométrica gerada pelo modelo, com o sentido do fluxo.

A Figura 6.11 apresenta uma seção dos poços PA-01 e PA-02 e do poço de monitoramento HJ-03, mostrando o fluxo subterrâneo local. O sentido dos fluxos sugere que o fluxo de água subterrânea, nas camadas mais superficiais, seja proveniente das áreas de recarga mais afastadas da lagoa.

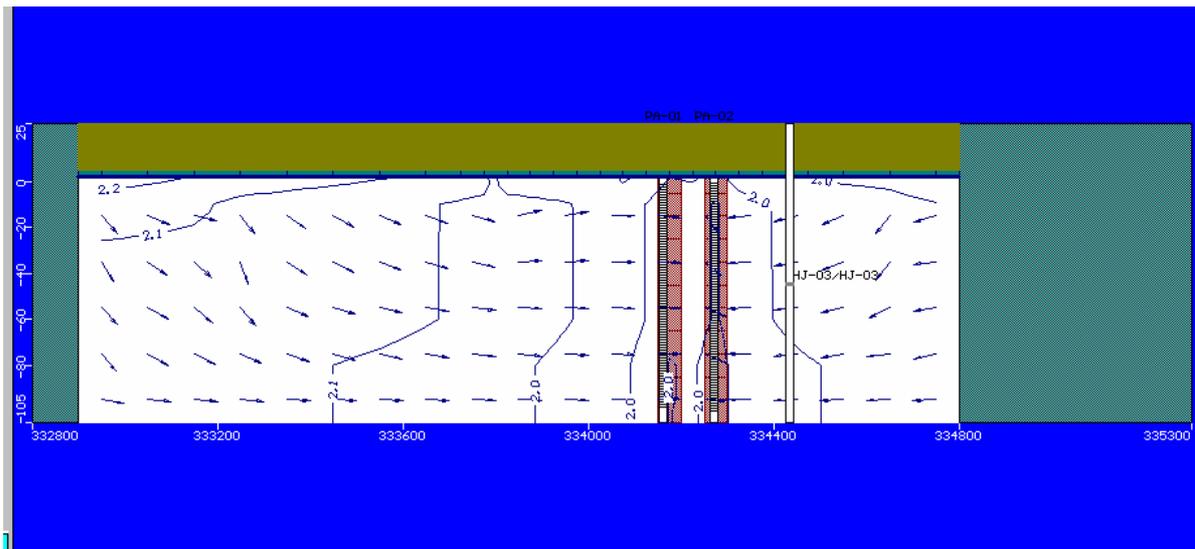


FIGURA 6.11 - Seção com o fluxo de água subterrânea gerada pelo modelo computacional.

A Figura 6.12 mostra o fluxo subterrâneo em um nível mais profundo (na camada 4). Diferente do sentido de fluxo nas camadas mais superficiais (p.e. camada 3), o qual tende a fluir no sentido das áreas de recarga para a lagoa, o fluxo de água na camada 4 é direcionado para os poços de bombeamento.

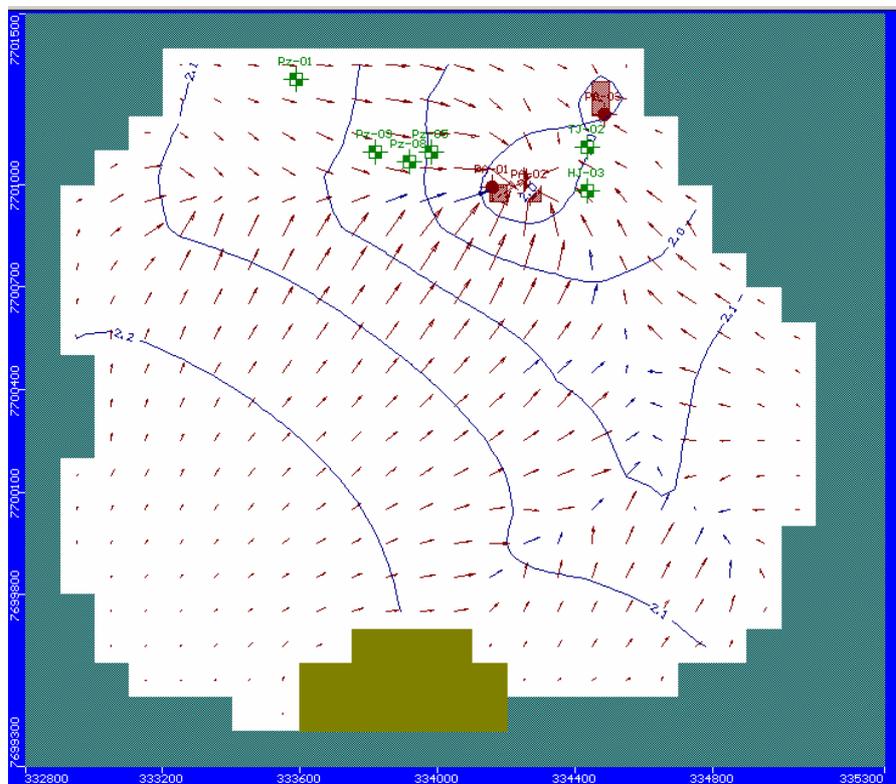


FIGURA 6.11 - Fluxo de água subterrâneo na camada subjacente a Lagoa de Ubu - camada 4.

Os resultados preliminares do modelo hidrogeológico computacional sugerem que:

- o fluxo das águas sub-superficiais se daria pelo escoamento a partir das áreas de recarga do alto dos morros (cotas superiores a 20,00-25,00 m), aflorando nas nascentes dos córregos, e na Lagoa de Ubu, os quais correspondem a áreas de descarga (cotas abaixo de 2,00 metros); e,
- com a taxa atual de bombeamento, a operação dos poços PA-01, PA-02 e PA-03 alteraria o regime de escoamento, apenas em níveis mais profundo do aquífero; e,
- conseqüentemente, a atual taxa de bombeamento dos poços PA-01, PA-02 e PA-03, não modificaria o aporte de água subterrânea para a Lagoa de Ubu.

6.7 Avaliação das Reservas Hídricas Subterrâneas

As reservas de água subterrâneas existentes foram estimadas a partir dos parâmetros definidos no modelo hidrogeológico conceitual e na sua representação numérica. A metodologia adotada é a apresentada em Costa (2000). As reservas foram classificadas como: (i) reservas permanentes, (ii) reservas reguladoras, (iii) reservas totais ou naturais, e (iv) reservas de exploração.

6.7.1 Reservas Permanentes

As reservas permanentes constituem as águas acumuladas na zona saturada abaixo da posição mínima do nível de oscilação sazonal da superfície piezométrica. As reservas permanentes não variam em função das precipitações anuais e permitem a exploração regularizada das águas subterrâneas. A estimativa das reservas permanentes para o aquífero em estudo baseia-se nas características físicas do sistema aquífero elaboradas no modelo hidrogeológico conceitual e computacional.

No caso de um aquífero livre, a reserva permanente R_p é estimada através do cálculo do volume de água que permanece saturando o meio poroso, uma vez deduzida a parcela retida entre os grãos por força de adsorção. Este volume pode ser estimado como:

$$R_p = V_s = A \times b \times \eta_e$$

onde:

- R_p = Reserva permanente (m^3);
- V_s = volume de saturação (m^3);
- b = espessura média saturada do aquífero (m);
- A = área de ocorrência do aquífero (m^2); e,
- η_e = porosidade efetiva.

Os valores dos parâmetros utilizados na equação acima foram:

- 1) $b = 100$ metros, espessura média estimada com base na profundidade dos poços profundos instalados, na área de estudo e vizinhança, e na configuração do aquífero determinado no modelo hidrogeológico conceitual. A oscilação sazonal dos níveis de água não pode ser estimada devido ao relativo curto período de observação;
- 2) $A = 3\,322\,700\text{ m}^2$, área da bacia hidrográfica da Lagoa de Ubu;
- 3) $\eta_e = 0,25$ valor médio de porosidade efetiva para o sedimento arenoso de fino a médio (Anderson e Woessner, 1992). Note que o aquífero em estudo é heterogêneo em termos de permeabilidade hidráulica, como determinado pelos testes de aquífero apresentados anteriormente.

Tomando como base estes dados, o volume estimado de reservas permanentes do aquífero da bacia hidrográfica da Lagoa de Ubu é de **83.067.750 m³**.

6.7.2 Reservas Reguladoras

As reservas reguladoras referem-se ao volume de água livre armazenada pelo aquífero ao curso de uma recarga importante por alimentação natural. Portanto, são as reservas de águas submetidas ao efeito do ritmo sazonal das precipitações. Apesar de serem relacionadas a um volume de água, as reservas reguladoras são na verdade um volume por unidade de tempo (ano hidrológico).

A reserva reguladora foi estimada baseada no volume de recarga de água proveniente da infiltração meteórica na área de captação da bacia hidrogeológica. O valor de recarga de água subterrânea média, estimada na Seção 6.1, é de aproximadamente 100 mm/ano. Nesta situação, a reserva reguladora estimada é igual a:

$$R_R = A \times Re$$

Onde,

R_R = Reserva Reguladora (m³/ano);

A = área (m²); e,

Re = recarga anual (m/ano).

O valor resultante para a reserva reguladora é de **332.270 m³/ano**.

6.7.3 Reservas Totais

As reservas totais representam o conjunto das reservas permanentes com as reservas reguladoras constituindo-se, assim, a totalidade de água existente no sistema aquífero. As reservas totais são estimadas como:

$$R_T = R_p + R_R$$

$$R_T = \mathbf{83.400.020\text{ m}^3}$$

6.7.4 Reservas Explotáveis (Potencialidade)

Potencialidade é definida como o volume de água utilizado anualmente, passíveis de serem explotadas, em descarga constante, sem prejuízo para o sistema aquífero.

Para o cálculo da potencialidade, admite-se que seja possível extrair toda a reserva reguladora, mais uma parcela das reservas permanentes. Esta parcela é um percentual de 0,6 % ao ano das reservas permanentes (Costa, 2000), o que implica em 50 anos a utilização de 30% destas reservas. Assim, a potencialidade P do aquífero é dada por:

$$P = (R_p \times 0,006) + R_R$$

Portanto, a potencialidade do aquífero é estimada em **830.676** m³ por ano. Baseado neste valor, o regime de bombeamento ininterrupto de uma bateria de poços, não deveria ultrapassar a vazão máxima de **95** m³/h.

O conceito de potencialidade adotado, e a vazão máxima estimada, deve ser considerada como estimativas preliminares. Note-se que não foram considerados outros fatores hidrodinâmicos, tais quais, o risco de salinização existente devido à proximidade do sistema aquífero com o ambiente marinho e, o efeito da distribuição espacial dos poços de bombeamento com a consequente interferência gerada pelo rebaixamento simultâneo do nível de água.

O conceito utilizado baseou-se no atual estágio de conhecimento, onde não há indícios da presença de água salinizada nas águas proveniente do bombeamento com as taxas atuais de descarga.

6.7.5 Disponibilidade

O conceito de disponibilidade aqui apresentado refere-se a disponibilidade instalada, ou seja, o volume máximo que se pode obter das obras de captação já existentes, operando no seu limite máximo de exploração permissível, isto é, vazão máxima de bombeamento em regime de 24/24 horas de operação.

A partir das vazões máximas de descarga para os três poços em operação na área, PA-01, PA-02 e PA-03, apresentadas na Tabela 8.2, estimou-se a média da capacidade de descarga máxima instalada na área igual a 28 m³/h. Considerando um regime de exploração de 24 horas ininterruptas, o volume de água utilizado no final de um ano, pelo os três poços já instalados, é de **735.840** m³.

Este valor representa aproximadamente 90% das reservas potenciais estimadas para a utilização sem prejuízo para o aquífero. Considerando a vazão máxima, estimada no item anterior, os três poços poderiam estar operando a taxas de vazão máxima de 32 m³/h, em um regime de operação de 24/24 horas.

Observa-se que para anos com recarga inferior a 100 mm/ano, no caso de uma distribuição de chuvas desfavorável, o valor de disponibilidade instalada aproxima-se da potencialidade do aquífero. Portanto, apesar do regime de bombeamento atual ser menor que o regime 24/24 horas, os resultados sugerem que o regime de bombeamento deve ser avaliado com critério em anos, ou uma seqüência de anos, com baixo índice pluviométrico.

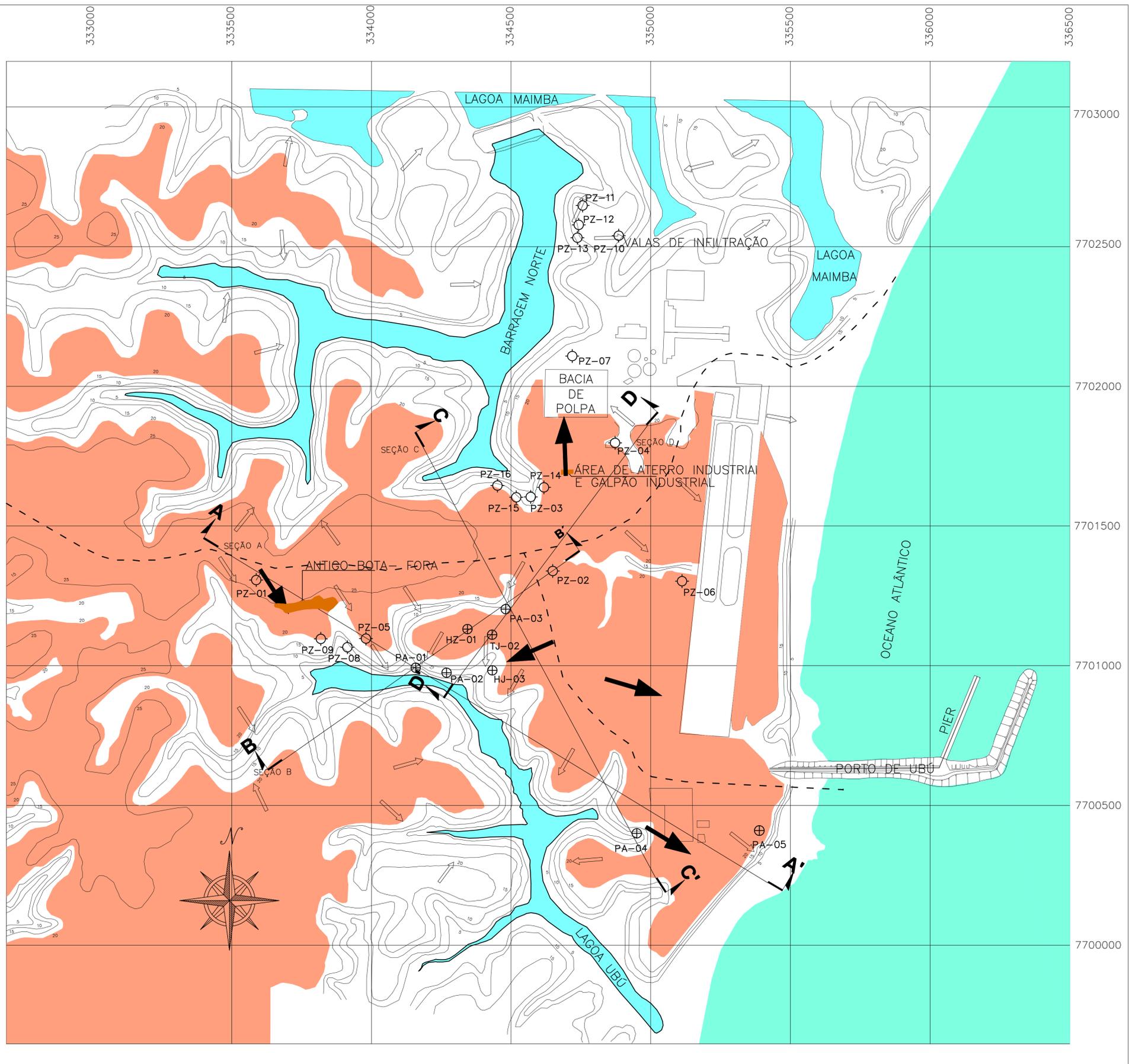
7. CONCLUSÕES

Do exposto, foi possível chegar a algumas conclusões apresentadas a seguir:

1. A área do Complexo Industrial de Ubu está inserida numa **planície costeira**, cuja superfície em forma de platôs atinge altitudes máximas em torno de 25 metros, sendo dissecada por vales que se aprofundam até cotas inferiores a 1,0 metro. Desta forma, modela-se um relevo de gradiente variado, formado por pequenos tabuleiros de topos planos e mediamente inclinado.
2. Em quase sua totalidade, a área da unidade industrial da SAMARCO, é constituída por **terrenos sedimentares inconsolidados**, de idade terciária, pertencentes à unidade estratigráfica denominada Grupo Barreiras (Tb). Esses litotipos estão dispostos em camadas subhorizontais, descontínuas e interdigitadas, apresentando variações faciológicas laterais e verticais e dimensões extremamente variadas, de difícil correlação entre sondagens próximas.
3. O **sistema hidrogeológico** na área do empreendimento é formado fisicamente, a partir do topo, por uma camada delgada de solo, com até 10 metros de espessura, seguida por camadas alternantes arenosas e argilosas. Esses litotipos estão dispostos em camadas subhorizontais, descontínuas e interdigitadas, apresentando variações faciológicas laterais e verticais. A espessura das camadas varia de 3,0 a mais de 40,0 metros. Sotoposta a esta sequência, encontra-se um substrato rochoso, constituído por rochas gnáissicas/granitóides da Suíte Intrusiva do Espírito Santo, a uma profundidade de aproximadamente de 105,0 metros. A seção geológica C, apresentada pelo Desenho **D5-039-5123-5120-0009-01-J**, foi adotada como perfil tipo para toda a bacia de Ubu.
4. As camadas constituídas predominantemente por **sedimentos arenosos** compõem o aquífero local que apresenta os melhores potenciais para exploração dos recursos hídricos subterrâneos.
5. A **caracterização adequada do nível freático**, em toda a área da SAMARCO, ficou prejudicada pelo fato de que os piezômetros não estarem adequadamente distribuídos, visto que foram instalados com o objetivo específico do monitoramento ambiental. Da mesma forma, a ausência de informações sobre os perfis construtivos dos piezômetros PZ 10 a PZ 16, e da localização dos filtros de todos os piezômetros, impede correlações mais precisas.
6. Quanto aos **aspectos hidrológicos**, a análise de cartas planialtimétricas do IBGE, escala 1:50.000, bem como da planta geral empreendimento, datada de 1975, permitiu a caracterização **de três áreas de drenagem distintas**, denominadas de (i) Bacia de Lagoa de Ubu, (ii) Bacia do Lago da Barragem Norte (braço da Lagoa Maimbá) e, (iii) Bacia do Pátio de Minério.
7. O registro do **nível da Lagoa Maimbá** vem sendo realizado desde março de 2002, mediante a leitura de régua instalada em suas margens. Os níveis mais baixos foram observados em abril de 2002 (0,553 m) e os mais elevados em novembro de 2003 (1,13 m). A variação entre o máximo e o mínimo foi de 0,56 metros.

8. O registro do **nível da Lagoa de Ubu** vem sendo realizado desde julho de 2003, também através de régua instalada em suas margens. A variação entre o máximo e o mínimo observado foi de 0,12 metros.
9. A diferença entre os picos de nível máximo e mínimo do nível das lagoas Ubu e Maimbá, observados até o momento, indicam também que não existe uma interdependência entre elas.
10. Quanto à interferência entre os sistemas aquíferos subterrâneos e as Lagoas Ubu e Maimbá, os dados sugerem que haja uma independência hidrodinâmica entre os respectivos aquíferos das Lagoas Ubu e Maimbá. Sendo assim, para elaboração do modelo hidrogeológico conceitual e numérico, apenas a área da Bacia da Lagoa de Ubu foi considerada como unidade de estudo.
11. A análise da informação geológica disponível indica que o **substrato da lagoa** é, em sua maioria, formada por sedimentos argilosos, que impedem a conexão hidráulica da lagoa com o aquífero inferior.
12. Os **resultados das análises químicas**, de amostras coletadas em poços de abastecimento e monitoramento, não foram conclusivos no sentido de mostrarem uma diferenciação das facies hidroquímicas locais, pois a grande maioria dos poços, com exceção dos piezômetros PZ 08 e PZ 13, que apresentaram uma água de composição relativamente mais pobre em cloretos. A classificação das águas amostradas nos piezômetros, de acordo com a classificação do CONAMA, mostrou que as águas amostradas são classificadas como água doce. Essa composição de água dos poços é semelhante àquela encontrada na referida lagoa (Lagoa de Ubu), o que sugere uma semelhança da composição química dos diferentes níveis estratigráficos daquela região.
13. Os resultados dos **ensaios de campo** mostram que:
 - a **condutividade hidráulica** obtida pelos testes de injeção (“*slug*”) para os materiais argilosos é da ordem de 10^{-5} a 10^{-4} cm/s e, para os materiais mais arenosos, a condutividade hidráulica varia entre 10^{-2} e 10^{-1} cm/s. Estes resultados valem somente para as camadas superiores do sistema hidrogeológico local, devido às características dos piezômetros instalados na área;
 - o **rebaixamento** observado no Teste de Bombeamento 1 (de longa duração) ocorreu apenas nos poços de monitoramento HJ-03 e no TJ-02. Nos demais piezômetros o rebaixamento foi praticamente nulo; e,
 - a **Transmissividade** das camadas aquíferas inferiores é da ordem de 60 a 100 m²/dia (baixa a média) e a condutividade hidráulica (K) varia de $6,24 \times 10^{-4}$ cm/s a $1,04 \times 10^{-3}$ cm/s.
14. O **modelo Hidrogeológico Conceitual** admite que:
 - os **limites da bacia hidrográfica de Ubu** seja coincidente com os limites do sistema hidrogeológico local;

- a bacia hidrográfica de Ubu possui como, ***divisor hidrográfico***, a norte e a leste, as cristas dos morros das nascentes das drenagens da margem esquerda que abastecem a Lagoa de Ubu; a sudeste, o oceano Atlântico; a sudoeste, os morros das cabeceiras das drenagens da margem direita da Lagoa de Ubu, entre a Rodovia do Sol e o oceano; e, a oeste, a crista do morro onde está instalada a comunidade do Recanto do Sol;
 - o ***sistema hidrogeológico*** local ocorre quase que integralmente de maneira livre, com o aquífero associado à intercalação de camadas arenosas, silto-arenosas e areno-argilosas, correspondendo a um aquífero granular heterogêneo típico com fluxo laminar;
 - a ***recarga*** se processa, principalmente, pela infiltração direta das águas pluviais, na superfície do terreno. Devido às variações faciológicas-texturais, esperam-se permeabilidades variáveis, conforme a predominância relativa entre as frações arenosas e argilosas, nos horizontes litológicos. Os platôs, que constituem superfícies aplainadas, e situados ao redor da cota de 25,0 metros, funcionam como divisores de água na área de recarga; e,
 - o ***regime de fluxo das águas subterrâneas***, está relacionado com o sistema e regime hídrico superficial que compõem a Lagoa de Ubu. As águas subterrâneas em menor quantidade fluem em uma escala local com direção a Lagoa de Ubu, constituindo assim, o escoamento de base local. Em maiores profundidades, as água escoam em direção ao mar.
15. O **Modelo Hidrogeológico Computacional** foi desenvolvido em caráter preliminar tendo em vista a precariedade do número de informações disponibilizadas até o momento. As previsões preliminares do modelo computacional sugerem:
- que o ***fluxo das águas subterrâneas*** se dá pelo escoamento a partir das áreas de recarga do alto do morros (cotas superiores a 20,00-25,00 m), aflorando nas nascentes dos córregos e na Lagoa de Ubu, que correspondem a áreas de descarga (cotas abaixo de 2,00 metros); e,
 - que, com a ***taxa atual de bombeamento***, a operação dos poços dos poços PA-01, PA-02 e PA-03 não afeta o nível de água da Lagoa de Ubu.
16. O cálculo das reservas hídricas subterrâneas no aquífero da bacia de Ubu sugere que, a atual taxa de bombeamento nos poços, situados nas proximidades da Lagoa de Ubu, resulta na retirada de um volume de água subterrânea **inferior** ao volume potencial do aquífero, portanto sem afetar as reservas exploráveis do sistema local.



PLANTA GERAL
ESCALA: 1:7.500



MAPA CHAVE
S/ ESCALA

INDICAÇÕES DE N.A E PROFUNDIDADE DOS FUROS EM METROS.

DESCRIÇÃO DO PONTO	COTAS (m)	
	N.A.	PROFUNDIDADE
PZ 01	5,85	29,00
PZ 02	4,54	27,00
PZ 03	5,28	15,00
PZ 04	4,93	24,00
PZ 05	2,72	23,00
PZ 06	4,02	26,00
PZ 07	4,63	26,00
PZ 08	2,71	11,00
PZ 09	2,85	22,20
PZ 10	2,58	26,00
PZ 11	2,59	24,30
PZ 12	2,73	22,00
PZ 13	2,78	22,50
PZ 14	5,31	31,00
PZ 15	5,09	31,00
PZ 16	5,15	30,00
TJ 02	1,77	133,70
HZ 01	-	24,34
HJ 03	-0,20	100,00
PA 01	1,46	102,00
PA 02	-5,34	104,00
PA 03	3,92	111,00
PA 04	-12,10	108,00
PA 05	-18,00	98,00

LEGENDA	
○ PZ-01	Poço de monitoramento
⊕ PA-01	Poço tubular de abastecimento
A - A	Seções Topográficas
—	Divisor de água entre as áreas de interesse
→	Provável sentido local do fluxo subterrâneo
→	Provável sentido geral do fluxo subterrâneo
■	Áreas de recarga

NOTAS

REFERÊNCIA

MAPA HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO - JAAKKO PÖYRY 16/10/2003
RELATÓRIO GOLDER RT-039-5123-5120-0007

REV.	DATA	TIPO	POR	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
2	03/02/04	J	CS	APROVADO
1	11/12/03	B	RS	PARA APROVAÇÃO
0	16/10/03	B	RS	EMIÇÃO INICIAL

EMIÇÕES

TIPO EMISSÃO	(A) PRELIMINAR	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(I) PARA COMENTÁRIOS
	(B) PARA APROVAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(J) APROVADO
	(C) PARA CONHECIMENTO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO	(K) VALIDADO
	(D) PARA COTAÇÃO	(H) CANCELADO	



ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS NA REGIÃO DE UBU-ES



ÁREA INDUSTRIAL DE UBU
MODELO HIDROGEOLÓGICO
PLANTA GERAL

RESPONSÁVEL	DATA
PROJ. RS	16/10/03
DES. ER	16/10/03
VER. RS	16/10/03
APROV. NF	16/10/03

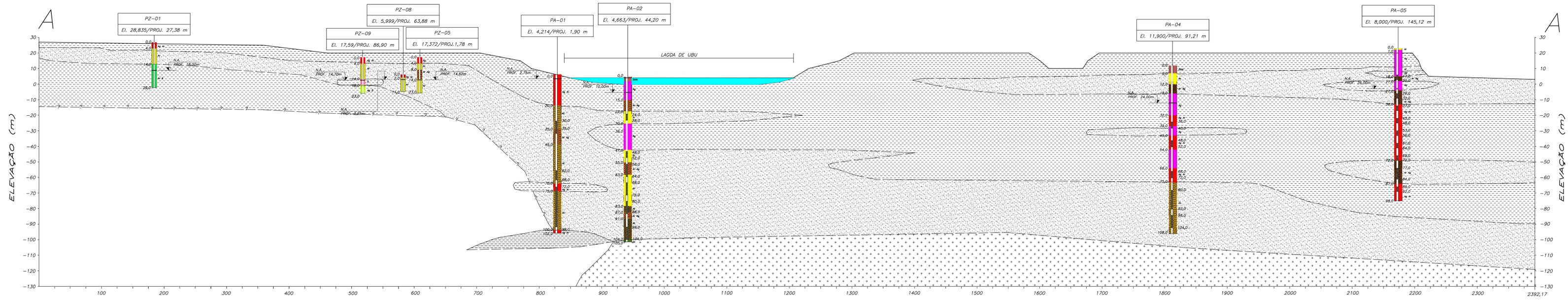
Nº GOLDER
D-039-01-5123-5120-0006-02-J

ESCALA
1:7.500

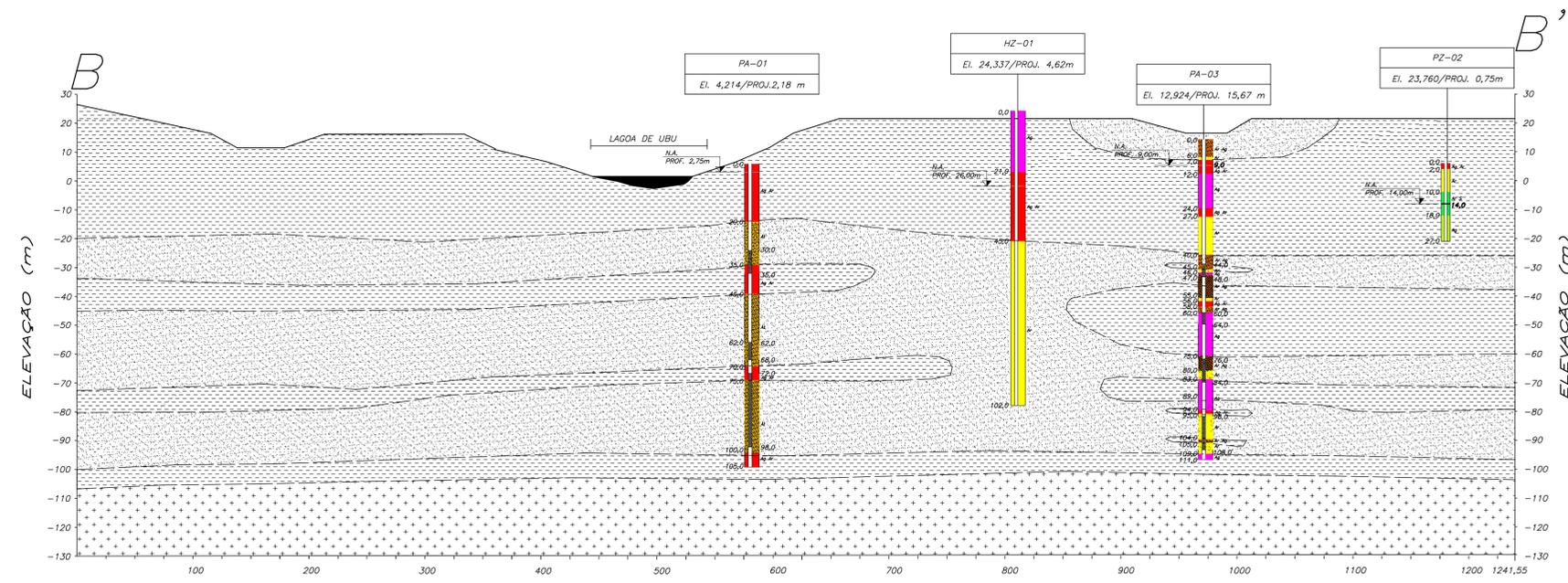
ESCALA GRÁFICA



ESCALA: 1:7.500



SEÇÃO A



SEÇÃO B

LEGENDA

ASSOCIAÇÕES LITOLÓGICAS

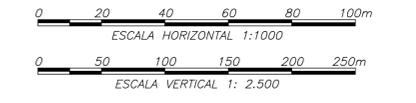
- SEDIMENTOS ARENOSOS, ARENO-SILTOSOS E ARENO-ARGILOSOS
- SEDIMENTOS ARGILOSOS, ARGILO-ORGÂNICOS E ARGILO-ARENOSOS
- ROCHA DE COMPOSIÇÃO GRANÍTICA

UNIDADES LITOLÓGICAS DESCRITAS NOS FUROS

- ARENITO (Ar)
- AREIA (Ar)
- AREIA-SILTOSA (Ar S)
- ARENO-ARGILOSOS (Ar Ag)
- ARGILA-ARENOSA (Ag Ar)
- ARGILA (Ag)
- ARGILA-SILTOSA (Ag S)
- SILTE (S)
- SILTE-ARENOSO (S Ar)
- SILTE-ARGILO-ARENOSO (S Ag Ar)
- SOLO RESIDUAL (Solo)
- GRANITOIDE (Gr)

CONVENÇÕES

- FILTRO
- N.A.
- TERRENO NATURAL



NOTAS

- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
- 2 - EL= ELEVAÇÃO - CORRESPONDE À COTA DA BOCA DO FURO.
- 3 - PROJ.= DISTÂNCIA ENTRE O FURO E A SEÇÃO, MEDIDA PERPENDICULARMENTE AO EIXO DA SEÇÃO.
- 4 - INDICAÇÃO DAS LAGOAS APENAS ILUSTRATIVAS.
- 5 - N.A. DOS POÇOS DE ABASTECIMENTO, REPRESENTAM O NÍVEL ESTÁTICO MEDIDO ANTES DE SUA ENTRADA EM OPERAÇÃO.
- 6 - N.A. DOS PZ's DETERMINADO EM 20/11/03.

REFERÊNCIA

DESENHO GOLDER D1-039-5123-5120-0006-00-B
BOLETINS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS/REV. (FORNECIDOS PELA SAMARCO)
RELATÓRIO GOLDER RT- 039-5123-5120-0007

REV.	DATA	TIPO	POR	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
1	03/02/04	J	CS	APROVADO
0	11/12/03	B	RS	EMIÇÃO INICIAL

TIPO EMISSÃO	(A) PRELIMINAR	(B) PARA APROVAÇÃO	(C) PARA CONHECIMENTO	(D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO	(H) CANCELADO	(I) PARA COMENTÁRIOS	(J) APROVADO	(K) VALIDADO

SAMARCO

Golder Associates

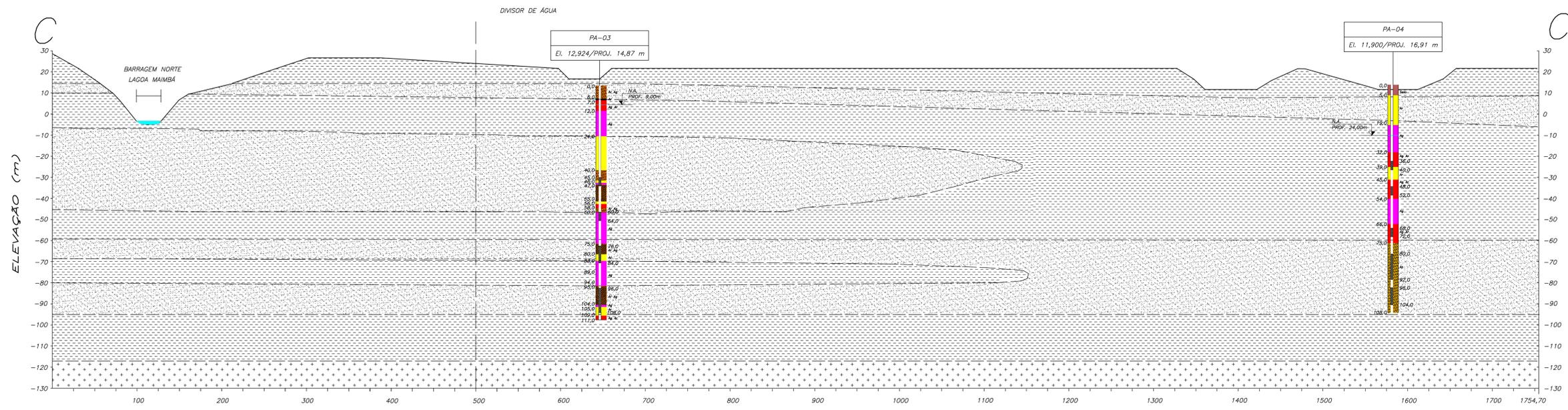
ESTUDOS HIDROGEOLOGICOS NA REGIÃO DE UBU-ES

ÁREA INDUSTRIAL DE UBU
SEÇÕES GEOLÓGICAS (SEÇÕES A E B)

PROJ.	GOLDER	DATA	11/12/03
DES.	RS	DATA	11/12/03
VER.	RS	DATA	11/12/03
APROV.	RS	DATA	11/12/03

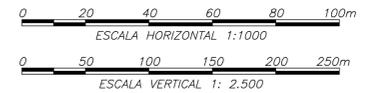
Nº GOLDER: D5-039-5123-5120-0008-01-J

ESCALA INDICADA | ESCALA GRÁFICA INDICADA



SEÇÃO C

LEGENDA



ASSOCIAÇÕES LITOLÓGICAS

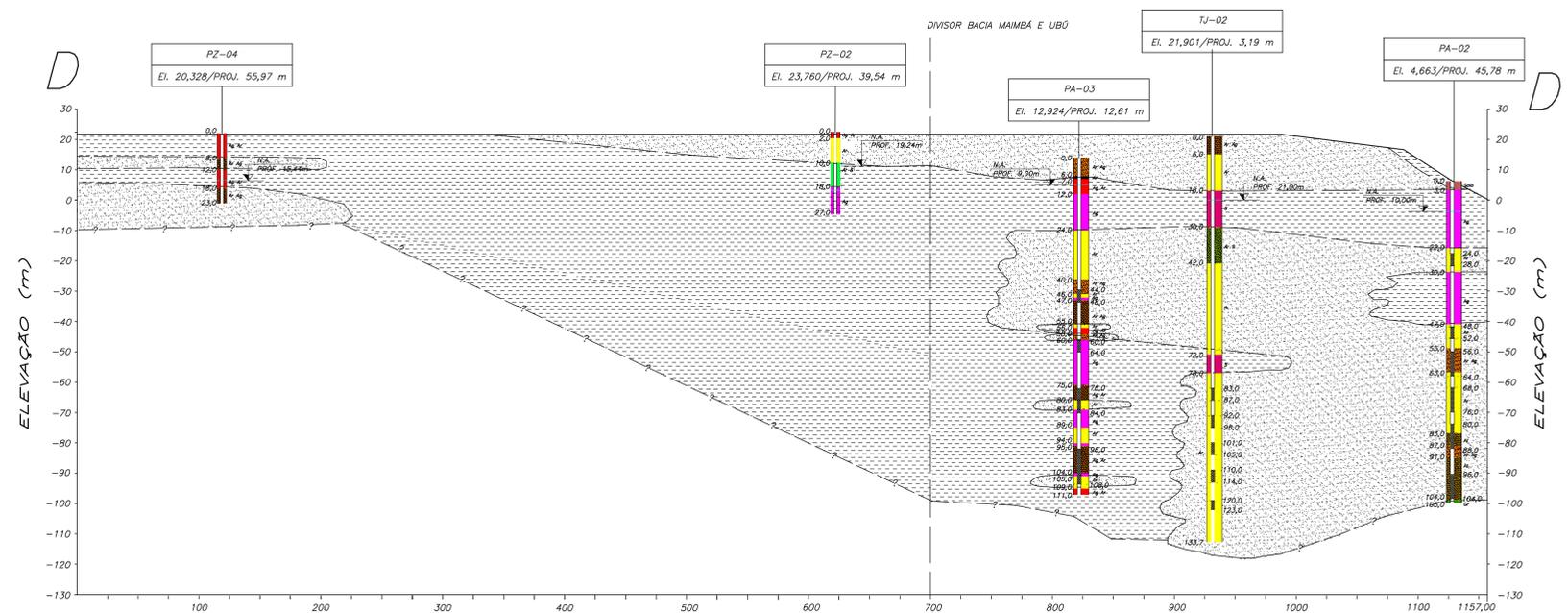
- SEDIMENTOS ARENOSOS, ARENO-SILTOSOS E ARENO-ARGILOSO
- SEDIMENTOS ARGILOSOS, ARGILO-ORGÂNICOS A ARGILO-ARENOSOS
- ROCHA DE COMPOSIÇÃO GRANÍTICA

UNIDADES LITOLÓGICAS DESCRITAS NOS FUROS

- ARENITO (Ar)
- ARGILA-SILTOSA (Ag S)
- AREIA (Ar)
- SILTE (S)
- AREIA-SILTOSA (Ar S)
- SILTE-ARENOSO (S Ar)
- ARENO-ARGILOSO (Ar Ag)
- SILTE-ARGILO-ARENOSO (S Ag Ar)
- ARGILA-ARENOSA (Ag Ar)
- SOLO RESIDUAL (Solo)
- ARGILA (Ag)
- GRANITOIDE (Gr)

CONVENÇÕES

- FILTRO
- N.A.
- TERRENO NATURAL



SEÇÃO D

NOTAS

- 1 - DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
- 2 - EL.= ELEVAÇÃO - CORRESPONDE À COTA DA BOCA DO FURO.
- 3 - PROJ.= DISTÂNCIA ENTRE O FURO E A SEÇÃO, MEDIDA PERPENDICULARMENTE AO EIXO DA SEÇÃO.
- 4 - INDICAÇÃO DAS LAGOAS APENAS ILUSTRATIVAS.
- 5 - N.A. DOS POÇOS DE ABASTECIMENTO, REPRESENTAM O NÍVEL ESTÁTICO MEDIDO ANTES DE SUA ENTRADA EM OPERAÇÃO.
- 6 - N.A. DOS PZ'S DETERMINADO EM 20/11/03.

REFERÊNCIA

DESENHO GOLDBER D1-039-5123-5120-0006-00-B
BOLETINS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS/REJ. (FORNECIDOS PELA SAMARCO)
RELATÓRIO GOLDBER RT- 039-5123-5120-0007

REV.	DATA	TIPO	POR	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES
1	03/02/04	J	CS	APROVADO
0	11/12/03	B	RS	EMIÇÃO INICIAL

		ESTUDOS HIDROGEOLOGICOS NA REGIÃO DE UBU-ES	
TIPO EMISSÃO	(A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	(I) PARA COMENTÁRIOS (J) APROVADO (K) VALIDADO
RESPONSÁVEL	GOLDER	DATA	11/12/03
PROJ.	GOLDER	DATA	11/12/03
DES.	RS	DATA	11/12/03
VER.	RS	DATA	11/12/03
APROV.	RS	DATA	11/12/03
		Nº GOLDBER D5-039-5123-5120-0009-01-J	
ESCALA INDICADA		ESCALA GRÁFICA INDICADA	