



Universidade Federal do Maranhão
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Departamento de Oceanografia e Limnologia
Curso de Graduação em Oceanografia

MARIA FERNANDA ZANONI

**GEOMORFOLOGIA, SEDIMENTOLOGIA E GEOTECNIA DO
SISTEMA PRAIA/DUNA EM ÁREAS DE NIDIFICAÇÕES DE TARTARUGAS
MARINHAS NA ILHA DO MARANHÃO, BRASIL**

SÃO LUÍS, MA / 2020

Maria Fernanda Zanoni

**GEOMORFOLOGIA, SEDIMENTOLOGIA E GEOTECNIA DO
SISTEMA PRAIA/DUNA EM ÁREAS DE NIDIFICAÇÕES DE TARTARUGAS
MARINHAS NA ILHA DO MARANHÃO, BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima.

SÃO LUÍS, MA / 2020

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Zanoni, Maria Fernanda.

GEOMORFOLOGIA, SEDIMENTOLOGIA E GEOTECNIA DO SISTEMA
PRAIA/DUNA EM ÁREAS DE NIDIFICAÇÕES DE TARTARUGAS MARINHAS
EM SÃO LUÍS MA, BRASIL / Maria Fernanda Zanoni. - 2020.
120 p.

Orientador(a): Leonardo Gonçalves de Lima.
Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2020.

1. Maranhão. 2. Morfologia. 3. Nidificação. 4.
Oceanografia Geológica. 5. Tartarugas marinhas. I.
Gonçalves de Lima, Leonardo. II. Título.

Maria Fernanda Zanoni

**GEOMORFOLOGIA, SEDIMENTOLOGIA E GEOTECNIA DO
SISTEMA PRAIA/DUNA EM ÁREAS DE NIDIFICAÇÕES DE TARTARUGAS
MARINHAS NA ILHA DO MARANHÃO, BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima.

Aprovada em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima
Universidade Federal do Maranhão (Orientador)

Prof. Dr^a. Larissa Nascimento Barreto
Universidade Federal Do Maranhão

Prof. Dr. Leonardo Silva Soares
Universidade Federal do Maranhão

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Fleusa Terres de Lírio Zaroni e Sergio Zaroni que, apesar da distância, sempre apoiaram a seguir meus sonhos e me incentivaram a nunca desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à força superior que me condicionou equilíbrio, perseverança e paciência para confecção deste trabalho, o qual minha família também teve seu papel crucial, minha mãe Fleusa Terres de Lírio Zanoni e meu pai Sergio Zanoni, que sempre me incentivaram a seguir meus sonhos, lutaram para bancar meus estudos e que, apesar da imensa distância, se mostraram tão presentes no meu dia a dia através de conselhos e apoio. A vocês, meu muito obrigada!

Ao meu amigo Anderson B. Mineiro e meu chuchu Pedro Henrique Lisboa, os quais foram imprescindíveis em minhas coletas de dados e elaboração do presente trabalho. Apesar de todos os perrengues que passamos, vocês tornavam meus dias melhores, entre picadas de pernilongos mutantes, vômitos, risadas, banho de mar, brigas, calazar e doença de chagas, sem esquecer dos 8472 tipos de vermes que provavelmente pegamos (eu acho que essa monografia vai deixar sequelas por toda minha vida), minha sincera gratidão. Vocês são seres iluminados, obrigada pela paciência e compreensão. Eu amo muito vocês!

A todos os meus colegas do LEOG, especialmente Thais Melo, Luís Carlos, Bruno Franco e Thalita Borba, além do PROJETO QUEAMAR que teve papel importante para o monitoramento das tartarugas marinhas. Vocês são maravilhosos!

Por último, não menos importante, gostaria de agradecer ao meu orientador Dr. Leonardo Gonçalves de Lima e a todos professores do Departamento de Oceanografia e Limnologia, cujos conhecimentos transpassados em sala de aula e laboratório foram cruciais e tiveram importante papel em minha formação pessoal e profissional, além de todos meus amigos que, de alguma forma, contribuíram para que esse objetivo fosse alcançado. Aos meus amigos Gabriel Taveira Borges, Quedyane Cruz, Daniel Serrão, Augusto Cardoso, Igor Duailibe, Ana Laura, Wilson Maia, Hugo Leonardo, Josivaldo Ribeiro e pessoal da ASBOA, gratidão a todos vocês pelo apoio, risadas e por colaborarem de algum modo para conclusão dessa etapa importante de minha vida.

Muito obrigada!!!

RESUMO

O comportamento de nidificação das tartarugas marinhas compreende uma série de padrões que vão desde emergir para desova até o retorno ao mar. Dentro deste contexto, as praias arenosas consistem em ambientes altamente dinâmicos e, portanto, sua configuração morfológica sofre constantes mudanças, apresentando grande potencial para interferir nas áreas de nidificações de tartarugas marinhas. Tendo isso em vista, cinco áreas de nidificação localizadas nas praias oceânicas da Ilha do Maranhão foram avaliadas quanto a sedimentologia, geotecnia e geomorfologia para elucidar seus efeitos combinados na desova de tartarugas marinhas. Foi possível observar que as praias do presente estudo encontram-se em ambiente de macro-marés, desfavoráveis para a deposição e sobrevivência dos ovos em virtude da baixa declividade. A maior fragilidade dos ninhos esteve relacionada à erosão da linha de costa, constatada em todos os ninhos monitorados. Além disso, as tartarugas marinhas optaram por desovar em regiões onde o sedimento é pouco compacto, poupando gasto energético.

Palavras-chaves: Tartarugas marinhas; geomorfologia; nidificação; oceanografia geologica; Maranhão.

ABSTRAC

The nesting behavior of sea turtles comprises a series of patterns ranging from emerging to spawning to returning to the sea. Within this context, sandy beaches consist of highly dynamic environments and, therefore, their morphological configuration undergoes constant changes, presenting great potential to interfere in the nesting areas of sea turtles. For this reason, five nesting areas located on the ocean beaches of Maranhão Island were evaluated for sedimentology, geotechnics and geomorphology to elucidate their combined effects on the nesting of sea turtles. It was possible to observe that the beaches of the present study are in a macro-tidal environment, unfavorable for the deposition and survival of eggs due to the low slope. The greatest fragility of the nests was related to the erosion of the coastline, observed in all monitored nests. Besides that, sea turtles have chosen to spawn in regions where the sediment is not very compact, saving energy expenditure.

Keywords: Sea turtles; geomorphology; nesting; geological oceanography; Maranhão.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa de Localização da área de estudo e pontos de nidificação.	20
FIGURA 2. Tartarugas marinhas observadas na Ilha de Curupu durante as etapas metodológicas deste trabalho.....	22
FIGURA 3. Localização dos ninhos na Ilha do Maranhão.	23
FIGURA 4. Permeâmetro de PVC.....	25
FIGURA 5. Instalação do permeâmetro na face praial	25
FIGURA 6. Penetrômetro de Impacto.....	26
FIGURA 7. Amostras armazenadas.....	27
FIGURA 8. Retirada de sais das amostras.....	27
FIGURA 9. Topografia sistema praia/duna frontal segundo modelo proposto por Birkemeier (1981).	28
FIGURA 10. Ninho I, localizado em área de transição.....	30
FIGURA 11. Plano amostral do Ninho I.....	30
FIGURA 12. Plano amostral do Ninho II	31
FIGURA 13. Área alagada sobre o leque de transposição no entorno do Ninho III.....	32
FIGURA 14. Leque de transposição instalado na lateral direita do Ninho III.....	32
FIGURA 15. Pontos amostrais de permeabilidade do Ninho III	33
FIGURA 16. Pontos amostrais de compactação do Ninho III.....	33
FIGURA 17. Pontos amostrais de granulometria do Ninho III.....	34
FIGURA 18. Pontos amostrais de granulometria do Ninho IV.....	35
FIGURA 19. Pontos amostrais de permeabilidade do Ninho IV	35
FIGURA 20. Pontos amostrais de compactação do Ninho IV.....	36
FIGURA 21. Leque de transposição instalado no entorno do Ninho IV.....	36
FIGURA 22. Plano amostral do Ninho V.....	37
FIGURA 23. Perfil topográfico sobre a área de nidificação II.....	39
FIGURA 24. Ocorrência de paleomangues próximos ao Ninho II.....	39
FIGURA 25. Perfil topográfico sobre a área de nidificação III.....	41
FIGURA 26. Planície de deflação ocupando atualmente a área dos leques de transposição. O Ninho IV encontra-se isolado em meio ao corredor erosivo.....	41
FIGURA 27. Zona de deposição de lixo no limite intermaré e supramaré.....	42

FIGURA 28. Zona de deposição de lixo no limite intermaré e supramaré.....	42
FIGURA 29. Remanescente da duna frontal onde ocorreu o Ninho IV.....	43
FIGURA 30. Vista traseira da duna frontal relativa à postura do Ninho IV.	43
FIGURA 31. Perfil topográfico sobre a área de nidificação IV.....	44
FIGURA 32. Perfil topográfico sobre a área de nidificação V.....	45
FIGURA 33. Formas de empacotamento sedimentar e sua porosidade (\emptyset).....	46
FIGURA 34. Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho I (Escala em n° de golpes)	48
FIGURA 35. Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho I (Escala em n° de golpes).....	49
FIGURA 36. Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho I (Escala em n° de golpes)	50
FIGURA 37. Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho II (Escala em n° de golpes).....	52
FIGURA 38. Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho II (Escala em n° de golpes).....	53
FIGURA 39. Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho II (Escala em n° de golpes).....	54
FIGURA 40. Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho III (Escala em n° de golpes).....	56
FIGURA 41. Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho III (Escala em n° de golpes)	57
FIGURA 42. Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho III (Escala em n° de golpes).....	58
FIGURA 43. Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho IV (Escala em n° de golpes).....	60
FIGURA 44. Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho IV (Escala em n° de golpes).....	61
FIGURA 45. Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho IV (Escala em n° de golpes).....	62
FIGURA 46. Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho V (Escala em n° de golpes)	64
FIGURA 47. Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho V (Escala em n° de golpes).....	65
FIGURA 48. Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho V (Escala em n° de golpes).....	66

FIGURA 49. Mapa de contorno da permeabilidade sedimentológica do Ninho I.....	68
FIGURA 50. Mapa de contorno da permeabilidade sedimentológica do Ninho II.....	70
FIGURA 51. Mapa de contorno da permeabilidade sedimentológica do Ninho III	72
FIGURA 52. Mapa de contorno da permeabilidade sedimentologica do Ninho IV.....	74
FIGURA 53. Mapa de contorno da permeabilidade sedimentológica do Ninho V.....	76
FIGURA 54. Distribuição de frequência dos pontos amostrais no Ninho I	78
FIGURA 55. Histograma de uma amostra superficial sobre o Ninho I	78
FIGURA 56. Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação I.....	80
FIGURA 57. Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação I....	81
FIGURA 58. Distribuição de Frequência dos pontos amostrais do Ninho II	82
FIGURA 59. Histograma do Ninho II	83
FIGURA 60. Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação II.....	84
FIGURA 61. Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação II....	85
FIGURA 62. Distribuição de Frequência dos pontos amostrais do Ninho III.....	86
FIGURA 63. Histograma do Ninho III.....	87
FIGURA 64. Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação III.....	88
FIGURA 65. Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação III....	89
FIGURA 66. Distribuição de Frequência dos pontos amostrais do Ninho IV	90
FIGURA 67. Histograma do Ninho IV.....	91
FIGURA 68. Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação IV.....	92
FIGURA 69. Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação IV. 93	
FIGURA 70. Distribuição de Frequência dos pontos amostrais do Ninho V.....	94
FIGURA 71. Histograma do Ninho V.....	95
FIGURA 72. Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação V.....	96
FIGURA 73. Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação V....	97
FIGURA 74. Dunas escarpadas presentes no litoral da Ilha de Curupu	100
FIGURA 75. Postura dos ovos de tartaruga marinha do Ninho III.....	107
FIGURA 76. Nascimento de filhotes <i>Lepidochelys olivácea</i> na Ilha de Curupu.....	108
FIGURA 77. Barreira formada por acúmulo de lixo e raízes de mangue.....	109

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Localização dos pontos iniciais dos levantamentos topográficos.....	29
TABELA 2. Compactação e permeabilidade dos ninhos monitorados.....	103
TABELA 3. Classificação verbal das amostras sedimentares coletadas sobre as áreas de nidificações definidas neste trabalho.....	106

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. OBJETIVO GERAL.....	18
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. ÁREA DE ESTUDO	18
3.2. COLETA DE DADOS EM CAMPO.....	20
3.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS NINHOS	20
3.2.2 PERMEABILIDADE	24
3.2.3 COMPACTAÇÃO	25
3.2.4 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS	26
3.2.5 PERFILAGEM TOPOGRÁFICA	27
3.2.6 PLANOS DE AMOSTRAGENS	29
4. RESULTADOS	37
4.1. MORFOLOGIA PRAIAL	37
4.1.1. TOPOGRAFIA PRAIAL	37
4.1.1.2 PERFIL II.....	37
4.1.1.3 PERFIL III	40
4.1.1.4 PERFIL IV	42
4.1.1.5 PERFIL V	44
4.1.2. COMPACTAÇÃO SEDIMENTAR.....	45
4.1.2.1 NINHO I	46
4.1.2.2 NINHO II.....	51
4.1.2.3 NINHO III	55
4.1.2.4 NINHO IV.....	59
4.1.2.5 NINHO V	63
4.1.3. PERMEABILIDADE SEDIMENTAR	67
4.1.3.1 NINHO I	67
4.1.3.2 NINHO II.....	69
4.1.3.3 NINHO III	71

4.1.3.4 NINHO IV.....	73
4.1.3.5 NINHO V	75
4.1.4. GRANULOMETRIA SEDIMENTAR	77
4.1.4.1 NINHO I	77
4.1.4.2 NINHO II.....	82
4.1.4.3 NINHO III	86
4.1.4.4 NINHO IV.....	90
4.1.4.5 NINHO V	94
5. DISCUSSÃO	98
6. CONCLUSÃO.....	110
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

1. INTRODUÇÃO

A morfodinâmica praial é um método de estudo que integra observações morfológicas e dinâmicas em uma descrição mais completa e lógica da praia e zona de arrebentação. A hidrodinâmica existente ao longo da praia resulta da interação de ondas incidentes, refletidas ou parcialmente refletidas da face da praia, modos ressonantes de oscilações (ondas de borda, estacionárias ou progressivas), fluxos permanentes e aperiódicos, que resultam da arrebentação e dos fluxos gerados por ondas e marés (WRIGHT & SHORT, 1984). Esses movimentos da água exercem atrito sobre os sedimentos móveis da praia causando gradientes espaciais e temporais em seu transporte, os quais ocasionam mudanças na morfologia que, por sua vez, induzem modificações no padrão hidrodinâmico atuante (WRIGHT & SHORT, 1984). À medida que a hidrodinâmica produz determinadas morfologias, as mesmas induzem mudanças no padrão hidrodinâmico atuante, portanto a morfologia e hidrodinâmica evoluem em conjunto. Tendo isso em vista, o estudo da morfodinâmica praial permite integrar observações acerca da morfologia e dinâmica costeira, resultando numa descrição completa e coerente sobre o sistema praial (CALLIARI *et al.*, 2003).

Sete espécies de tartarugas marinhas existem atualmente no mundo. Elas pertencem a duas famílias distintas: Cheloniidae, que inclui as espécies *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Lepidochelys kempii* e *Natator depressus*; e Dermochelyidae, que compreende uma única espécie, *Dermochelys coriacea* (MEYLAN & MEYLAN, 1999). Somente *L. kempii* e *N. depressus* apresentam distribuição mais restrita: a primeira, principalmente no Golfo do México e costa oriental dos Estados Unidos, e a segunda no continente australiano (MÁRQUEZ, 1990; MÁRQUEZ, 1994; MEYLAN & MEYLAN, 1999) e apenas essas duas espécies não ocorrem no Brasil (MARCOVALDI & MARCOVALDI, 1999).

Dentre essas sete espécies de tartarugas marinhas, o litoral brasileiro recebe visita de cinco destas, as quais também se fazem presentes no litoral maranhense: *Dermochelys coriacea* (tartaruga de couro), *Chelonia mydas* (tartaruga verde), *Caretta caretta* (tartaruga cabeçuda), *Eretmochelys imbricata* (tartaruga de pente), *Lepidochelys olivacea* (tartaruga oliva) (RIBEIRO, *et al.*, 2014). Todas essas espécies estão classificadas como ameaçadas (categorias "Vulnerável", "Em Perigo de Extinção" ou " criticamente em

Perigo de Extinção") na Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2016). O Projeto Tamar tem informações de que fêmeas de tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) marcadas por telemetria satelital, que normalmente se reproduzem no litoral do Rio Grande do Norte, alcançaram a região das Reentrâncias Maranhenses, permanecendo ao largo da APA e da Resex Cururupu.

Levando isso em conta, as espécies marinhas que dependem diretamente do ambiente praiar tiveram de se adaptar às constantes mudanças na morfologia das praias, principalmente após a expansão urbana no ambiente costeiro, tendo como consequência grandes impactos, naturais e antrópicos, no ambiente praiar, o qual pode ser drasticamente alterado (erosão costeira por exemplo), podendo vir a se tornar um habitat inviável para algumas dessas espécies marinhas. Populações inteiras podem alterar suas preferências quanto à praia de nidificação, principalmente quando alterações nas praias fazem com que esta se torne inadequada para as atividades de desovas (YAMAMOTO *et al.*, 2015). Aspectos como erosão e deposição de bancos de lama *offshore* também podem resultar na perda completa de praias arenosas adequadas para nidificação, enquanto mudanças nos cursos fluviais podem criar novas áreas de aninhamentos (KELLE *et al.*, 2007). As tartarugas marinhas mostram forte memória genética, ou seja, retornam ao local do ninho, na “praia natal”, para desovar novamente, como por exemplo a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e cabeçuda (*Caretta caretta*) (BOWEN *et al.* 1992; BOWEN *et al.* 1993). No entanto, algumas tartarugas se afastam dessas “praias natais” (CARR & CARR, 1972; TUCKER, 2010; HAYS & SUTHERLAND, 1991) indicando que a fidelidade à praia, embora forte, não é absoluta.

As tartarugas marinhas são fundamentais para o equilíbrio do ecossistema marinho costeiro, uma vez que se alimentam de bancos de algas, crustáceos, moluscos, peixes, esponjas, águas-vivas entre outros invertebrados marinhos e, desta forma, contribuem para a manutenção da saúde do ambiente que, por sua vez, constitui-se de locais adequados à reprodução e ao desenvolvimento de muitas espécies (BJORNDAL, 1997). São conhecidas também como transportadoras de nutrientes (BOUCHARD & BJORNDAL, 2000), pois se alimentam em determinadas áreas (costeiras ou pelágicas) e vão depositar seus ovos em praias localizadas em outros territórios, milhas de distância, acrescentando boa quantidade de nutrientes para a vegetação do local, uma vez que as

cascas de ovos, ovos que não eclodiram e os filhotes (que por diversos motivos não saem dos ninhos) representam conteúdo energético significativo para esta vegetação (BOUCHARD & BJORN DAL, 2000).

A cópula desses animais ocorre aproximadamente dois meses anteriores ao início das desovas, durante um período que antecede a primeira emergência das fêmeas para a postura, e pode ocorrer na superfície, fundo ou na coluna d'água, geralmente em áreas próximas à praia de nidificação (OWENS, 1980; DAVENPORT, 1997), ou ainda, menos frequentemente, na área de alimentação ou ao longo de sua rota migratória (BOWEN *et al.*, 2005). Depois do acasalamento, os machos retornam às zonas de alimentação, enquanto as fêmeas se dirigem para as proximidades das praias de desova onde nasceram e permanecem por cerca de dois meses para a maturação dos ovos, período que se realiza de três a seis posturas, em média, com intervalos de aproximadamente quinze dias, de acordo com a espécie (LUND, 1986; DODD, 1988; CHAN & LIEW, 1999).

Os ovos são incubados através da energia solar que aquece a areia das praias durante um período entre 45 a 60 dias (MILLER, 1997) e a determinação do sexo dos filhotes se dá pela diferença na temperatura de incubação, ou seja, não há cromossomos sexuais que determinam a proporção sexual nas tartarugas marinhas (MORREALE *et al.*, 1982). A temperatura limite para a definição do sexo (temperatura pivotal) varia de acordo com cada espécie. Para tartarugas verdes (*C. mydas*), por exemplo, é em torno de 32°C, acima disso os filhotes serão fêmeas e, abaixo, serão machos (STANDORA & SPOTILA, 1985). Tendo isso em vista, essa característica sofre influência direta do aquecimento global, podendo gerar graves consequências para a manutenção destas espécies em decorrência do desequilíbrio na razão sexual, resultante da alteração da temperatura nas praias de desova (WEISHAMPEL *et al.*, 2004; HAWKES *et al.*, 2007).

O comportamento de nidificação compreende uma série de padrões para todas as espécies de tartarugas marinhas: emergir do mar; preparar o local do ninho cavando uma toca (às vezes em vários locais de teste); fazer uma cama para os ovos dentro da toca; depositar ovos dentro desta cama; cobrir os ovos usando nadadeiras traseiras; camuflar o local com areia; e retornar ao mar (HAILMAN & ELOWSON, 1992).

As praias arenosas representam o principal ambiente deposicional de escolha para desova de tartarugas marinhas e consiste em um dos mais dinâmicos ambientes do planeta

Terra, devido às constantes alterações no balanço sedimentar que ocorrem por meio da erosão e deposição de sedimentos. Ao longo da costa nordeste da Ilha do Maranhão, as praias são particularmente valiosas, pois fornecem um habitat de nidificação significativo para espécies de tartarugas marinhas, ameaçadas de extinção.

Segundo um estudo realizado por Fadini *et al.* (2011) seus resultados revelam que é fundamental proteger áreas com grande diversidade geológica, uma vez que as características sedimentares podem vir a afetar a duração de incubação e a sobrevivência do embrião, além da transferência de nidificações que estão sob risco de erosão e predação, podendo alterar o microambiente do ninho, afetando a duração da incubação e o sucesso da eclosão.

Pesquisas extensivas foram conduzidas com o intuito de determinar como e por quê as tartarugas marinhas optam por nidificar em uma região costeira específica e quais são os elementos necessários para uma praia fornecer um adequado habitat de nidificação (ACKERMAN, 1980; MARCO *et al.*, 2017; WOOD *et al.*, 2000). Aspectos do que constituem uma ideal praia de nidificação incluem topografia, acessibilidade, características da areia (tamanho de grão, carbonato e teor de umidade) e nível de perturbação humana (FUJISAKI & LAMONT, 2016; MORTIMER, 1990; SALMON *et al.*, 1995). Portanto, a necessidade de esforços adicionais de pesquisa para destacar as variáveis morfológicas preferenciais da área de nidificação de tartarugas marinhas é de grande importância, antes que as áreas de nidificação atuais sejam perdidas ou ainda a proporção de sexo desses animais seja alterada.

Tendo isso em vista, a depleção das populações de tartarugas marinhas está relacionada com diversos fatores de origem antrópica, incluindo o desenvolvimento costeiro desordenado, implantação de estruturas urbanas, industriais e portuárias próximas às praias de nidificações, alteração ou degradação dos habitats costeiros, destruição das áreas de desova, predação para consumo de carne, ovos e derivados, além da pesca acidental e a poluição (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1990; BUGONI *et al.*, 2001; CORCORAN *et al.*, 2009; MILTON & LUTZ, 2010). Portanto, a ocupação de forma desorganizada e a falta de planejamento e gestão da zona costeira acabam resultando em inúmeros conflitos e impactos sociais e ambientais, vulnerabilizando o ecossistema e, ainda, provocando redução da qualidade ambiental, tais como extinção de

espécies, fragmentação de habitats, poluição, uso não sustentável de recursos naturais, entre outros fatores (LOTZE *et al.*, 2006; AIROLDI & BECK, 2007; LAURANCE, 2010). Além disso, a captura incidental de tartarugas marinhas por diferentes artes de pesca, seja em escala artesanal ou industrial, atualmente é considerada a principal causa de morte desses animais em todo o mundo (LEWISON & CROWDER, 2007), inclusive no litoral brasileiro (BUGONI *et al.*, 2008; LÓPEZ-BARRERA *et al.*, 2012).

Além disso, as mudanças climáticas e aumento do nível do mar interferem no sucesso de nidificação, uma vez que, em praias de extensa plataforma continental, existe o risco de inundação dos ninhos, podendo resultar em extinção de populações inteiras (FISH *et al.*, 2005, FUENTES *et al.*, 2010). Ademais, as temperaturas mais quentes podem distorcer as relações sexuais, já que o sexo das tartarugas marinhas está intrinsicamente ligado à temperatura da areia (MORREALE *et al.*, 1982; YNTEMA & MROSOVSKY, 1980).

Na ilha do Maranhão, até o ano 2000, antes da criação do projeto QUEAMAR (Quelônios Aquáticos do Maranhão) não haviam estudos de monitoramento mais detalhados da ocorrência de tartarugas marinhas na região (RIBEIRO *et al.*, 2014). Em 2014 foram observados dois ninhos da espécie *E. imbricata* depredados, com a presença de filhotes em um dos ninhos, na Ilha de Curupu, no município de Raposa (Ribeiro *et al.*, 2014).

O presente estudo justifica-se por esta escassez de dados de ocorrência e monitoramento das áreas de nidificações de tartarugas marinhas em São Luís – MA, Brasil, tendo em vista que a região apresenta um vasto litoral, com clima e variáveis oceanográficas relativamente particulares para sua ocorrência. O entendimento das características dos sistemas praias e sua relação com as áreas de nidificações de tartarugas marinhas pode servir como um instrumento adicional para a proteção e conservação das tartarugas, fornecendo subsídios importantes para o manejo e monitoramento das praias onde ocorrem desovas desses animais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Relacionar os aspectos morfológicos e sedimentares das praias oceânicas da Ilha do Maranhão com a incidência de desovas de tartarugas marinhas.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os aspectos sedimentológicos (granulometria) e geotécnicos (compactação e permeabilidade) da face praial (sistema praia-duna), onde foram monitoradas as nidificações de tartarugas marinhas;
- Caracterizar a morfologia do sistema praia-duna em termos do perfil topográfico sobre os pontos de desova.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A costa do estado do Maranhão (Figura 1) constitui a segunda maior do Brasil, possuindo aproximadamente 640 km de extensão, a qual se dá a partir da foz do rio Gurupi, na divisa com o Estado do Pará, até o Delta do rio Parnaíba, na divisa com o Estado do Piauí. Sua morfologia expressa uma faixa litorânea com três segmentos distintos: Costa Ocidental, Costa Oriental e Golfão Maranhense (FEITOSA, 1996). O Golfão Maranhense fica localizado no extremo norte do Estado do Maranhão e é formado pelas Baías de São Marcos e São José, que separam-se pela Ilha do Maranhão (AB'SABER, 1960).

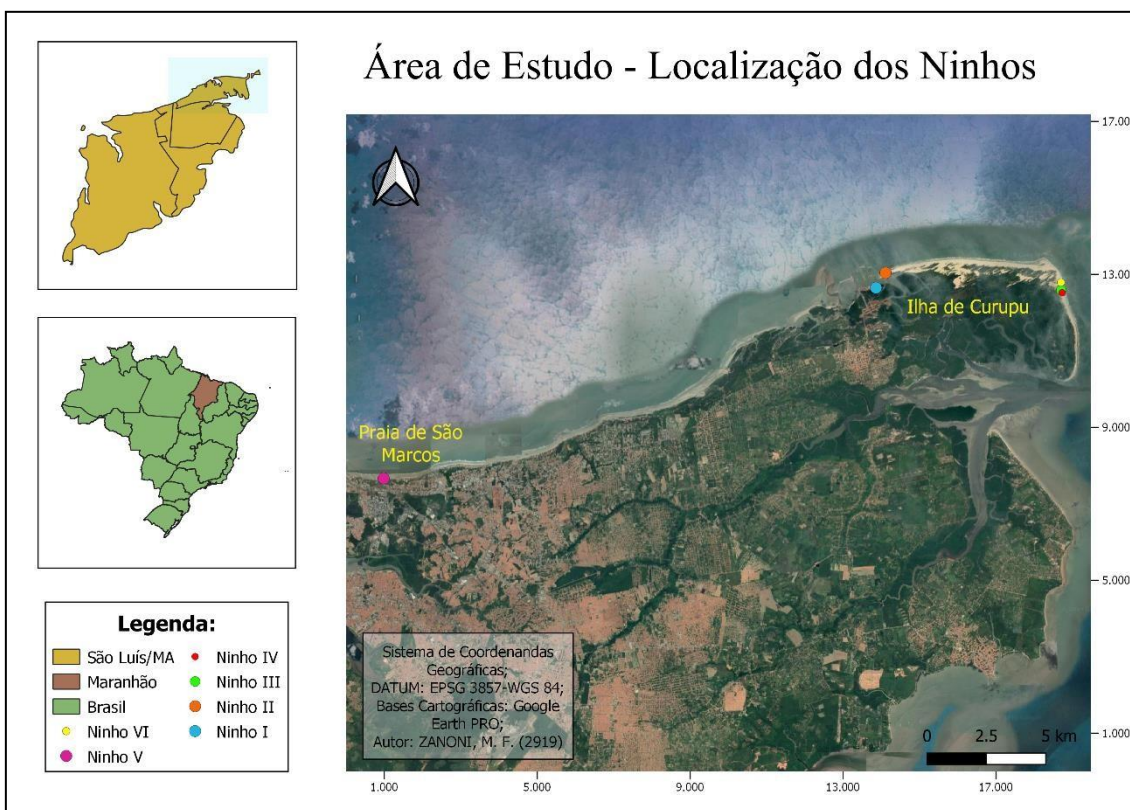
A Ilha de Curupu ($02^{\circ} 24' 09''$ - $02^{\circ} 27' 1''$ S; $44^{\circ} 01'19''$ - $44^{\circ} 06'52''$ W) situa-se no extremo nordeste de São Luís, constituindo a principal unidade morfológica do Golfão Maranhense, englobando uma faixa de terras delimitada ao norte pelo Oceano Atlântico, ao Sul pelo Canal da Raposa (rio paciência), a Leste pela Baía de São José e a Oeste pela

Baía de São Marcos (MARANHÃO, 2002), caracterizada pelas extensas praias arenosas, vegetação de restinga, dunas e lagoas eutróficas e oligotróficas situadas entre dunas de diversos tamanhos e campos alagados (BARRETO *et al.* 2009). Devido a sua proximidade à linha do Equador, a Ilha possui dois períodos anuais bem definidos, um período chuvoso, que se estende de dezembro a junho, e um seco, de julho a novembro (FRANCO, 2009).

Politicamente, a Ilha de Curupu está integrada ao município de Raposa, cerca de 30 km da capital maranhense - São Luís, contendo aproximadamente 16 km² de área abrigando cerca de 14 km de praias, dunas e mangues. Embora seja uma propriedade privada, seu território pertence ao município de Raposa, que na década de 1990 tornou-se independente do município de Paço do Lumiar (FREIRE *et al.*, 1994).

No entanto, a praia de São Marcos, situada na porção norte da Ilha do Maranhão, a aproximadamente 8 km do centro de São Luís – MA, caracteriza-se por amplas áreas de dunas secundárias, situadas nas zonas mais interiores da praia, com relevo íngreme e alturas elevadas, e por dunas frontais, as quais ocorrem imediatamente à frente da praia, perturbadas pela avenida de acesso principal (CABRAL-FREIRE & MONTEIRO, 1994). Além disso, a Praia de São Marcos compreende uma região altamente urbanizada e, com isso, sofre interferências antrópicas (deposição de lixo, construções costeiras e ocupação da orla de forma desordenada, pontos de esgotos in natura, etc.) além dos efluentes oriundos do Rio Pimenta, carreados pelas correntes marinhas, tendo como resultado possível distúrbio da fauna e biota marinha da região. No geral, seu sedimento praiial é constituído por areia fina, com variações sutis em relação ao tamanho dos grãos, que se apresentam bem selecionados (PEREIRA, 2018).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e pontos de nidificação.



3.2 Coleta de Dados em Campo

3.2.1 Identificação dos Ninhos

Ao longo de dois anos foi realizado o monitoramento dos ninhos de tartarugas marinhas e, para isso, foi necessário utilizar o conhecimento empírico de moradores e pescadores da região da Ilha de Curupu que habitam o “Povoado do Canto”, cerca de 8 km do município de Raposa, uma vez que não foi constatado dados de nidificações de tartarugas na literatura. A partir da prévia identificação realizada pelos moradores e locais, foram realizadas saídas de campo afim de monitorar a localização dos pontos de desova a partir de rastros das fêmeas na areia, com o auxílio de um GPS *garmin etrex 30* e marcadores locais (estacas de madeira).

No total, foram identificados e monitorados 6 ninhos, sendo 2 deles situados em dunas frontais localizadas próximas ao “Povoado do Canto” (região mais comum de

ocorrência, segundo relatos de pescadores mais antigos da região) nas coordenadas 2°25'1.40"S, 44°1'42.97"O - 2°25'4.80"S, 44°1'41.73"O, respectivamente, outros 2 ninhos foram localizados no início da Ilha de Curupu, na praia popularmente conhecida como “Carimã”, próximos aos canais de conexão entra foz do Rio Paciência e Baía de São Marcos (2°24'58.05"S, 44°5'55.68"O - 2°24'37.62"S, 44°5'42.64"O) e, por fim, um último ninho localizado na Praia de São Marcos, (2°29'17.92"S, 44°17'7.22"O), sem registros de desovas antecedentes na região. O sexto ninho foi monitorado em abril de 2018, na Praia de Curupu, no entanto a duna onde ocorreu a desova foi erodida impedindo a continuidade de seu estudo, onde conseqüentemente, somente as amostras sedimentares foram recuperadas, pois foram coletadas antes do episódio erosivo. Em 2019, na Ilha de Curupu foi possível identificar duas espécies de tartarugas marinhas emergindo para desovar, sendo elas *Chelonia mydas* (tartaruga-verde), *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva) e uma terceira, *Caretta caretta* (tartaruga cabeçuda), menos comum na região, encontrada morta cuja causa não foi identificada (Figura 2). Portanto, com auxílio do GPS, os ninhos foram nomeados de acordo com sua localização (Figura 3):

- Ninho I (2°24'58.05"S, 44°5'55.68"O) – Desova próxima à foz do Rio Paciência;
- Ninho II (2°24'37.62"S, 44°5'42.64"O) – Desova na Praia de Carimã
- Ninho III (2°25'1.40"S, 44°1'42.97"O) – Desova no Povoado;
- Ninho IV (2°25'4.80"S, 44°1'41.73"O) – Desova no Povoado;
- Ninho V (2°29'17.92"S, 44°17'7.22"O) – Desova na Praia de São Marcos;
- Ninho VI (2°24'50.71"S; 44°1'43.35"O) – Desova na Ilha de Curupu.

Figura 2 - Tartarugas marinhas observadas na Ilha de Curupu.durante as etapas metodológicas deste trabalho.



Figura 3 - Localização dos Ninhos na Ilha do Maranhão.



3.2.2 Permeabilidade

A permeabilidade da face praial e das dunas foi mensurada através de um equipamento denominado como “permeâmetro” (Figuras 4 e 5), o qual consiste basicamente em um tubo aberto de policloreto de vinila (*PVC*), onde sua base é enterrada a uma profundidade de 5 cm da superfície do sedimento e posteriormente preenchido seu volume com água. A medição é realizada através do tempo necessário para essa água descer 10 centímetros ao longo do tubo. Devido a saturação do sedimento, esta obtenção é uma média a partir de 3 repetições do procedimento em cada ponto amostral, segundo descrito em Caputo (1988). A determinação do Coeficiente de Permeabilidade é feita com base na lei experimental de Darcy, na qual a velocidade de percolação é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico, calculado através da seguinte equação:

$$k = \left(\frac{r}{4hm} \right) \times \left(\frac{dh}{dt} \right)$$

Onde:

R: raio do tubo (3,75 cm);

Hm: média da altura da coluna d'água no nível inicial e final (32 cm);

Dh: altura de coluna d'água de aferição (10 cm);

Dt: tempo para percorrer a coluna d'água;

Os dados foram processados com o auxílio de softwares Excel (tabelas) e Surfer 8.0®, onde foram interpolados pelo método Kriging, para a elaboração de mapas de contorno.

Figura 4 – Permeâmetro de PVC.



Figura 5 – Instalação do permeâmetro na face praial.



3.2.3 Compactação

A compactação do solo foi aferida através de um penetrômetro da marca *Karmaq* modelo *Stolf* (Figura 6). O instrumento constitui-se de uma haste acoplada a um cone de aço em sua extremidade inferior (ponteira), utilizado para perfurar o solo, e na sua parte superior possui um peso de curso constante (4 kg) para provocar a penetração da haste no solo através de impactos. Estes impactos são produzidos pelo peso batente em curso de queda livre, que pode ser ajustado em 20 ou 40 cm. Assim, compactação é determinada a partir do número de golpes necessários do peso batente para penetrar 15, 30 e 45 cm da haste de penetração, respectivamente.

Os dados de compactação foram processados com o auxílio de softwares Excel (tabelas) e Surfer 8.0®, onde foram interpolados pelo método Kriging para a elaboração de mapas de contorno.

Figura 6 - Penetrômetro de Impacto Karmaq.



3.2.4 Análises Granulométricas

Para as análises granulométricas, foram coletadas aproximadamente 50 gramas de amostras sedimentares em campo na superfície do sedimento, com o auxílio de uma pequena pá. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, com suas respectivas localizações (Figura 7) e, em seguida, levadas até o Laboratório de Estudos em Oceanografia Geológica (LEOG) na Universidade Federal do Maranhão – UFMA, onde foi realizada a técnica de peneiragem para classificação do sedimento, de acordo com o tamanho dos grãos, com base na escala de Krumbein (1963), uma adaptação da escala de Wentworth (1922). A escala de Krumbein é uma escala logarítmica, em que:

$$\Phi = -\log_2 (\text{tamanho do grão em mm})$$

As amostras foram lavadas para a retirada de sais (Figura 8) e em seguidas levadas a estufa, em temperatura de 50°C, para a retirada da umidade. Posteriormente, as amostras foram pesadas, com o auxílio de uma balança analítica de precisão, para mensurar seu peso inicial. Feito isso, cerca de 50g de cada ponto amostral foi introduzido para a separação em peneiras, partindo de malhas mais grossas até as mais finas, com intervalos de $1/2\phi$ (-1; -0,5; 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5 ϕ). Durante 5 minutos, as peneiras foram agitadas manualmente e em seguida as amostras separadas em suas respectivas peneiras foram devidamente pesadas com o auxílio de uma balança analítica de precisão.

Figura 7 - Amostras armazenadas.**8 - Retirada de sais das amostras.**

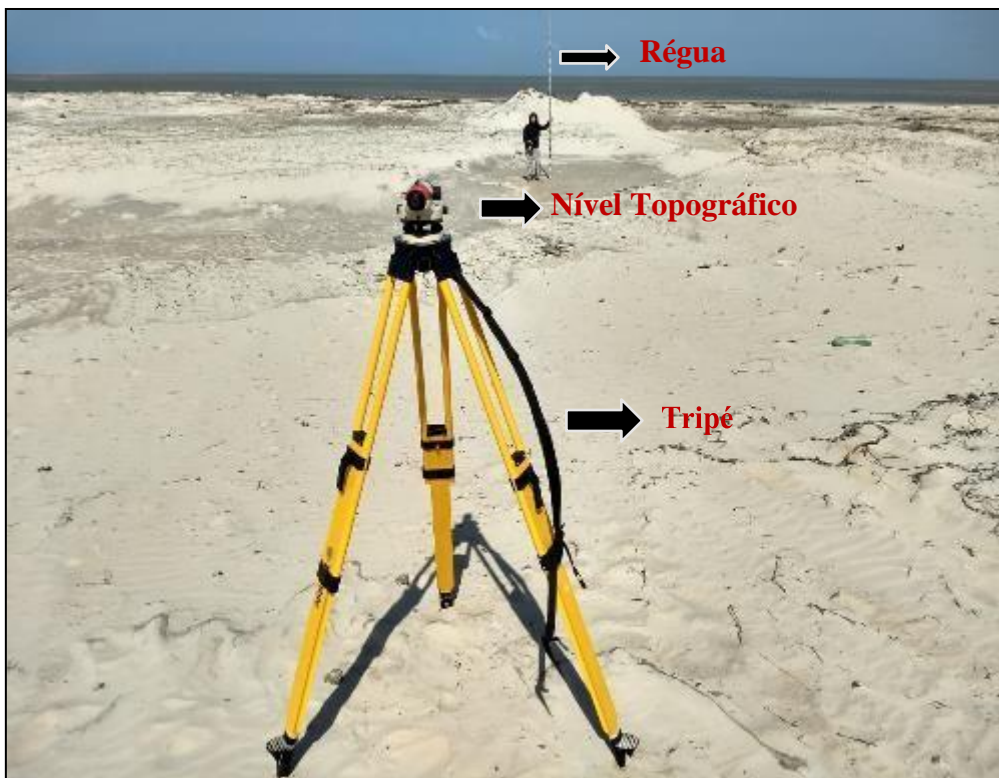
Para o resultado das análises granulométricas, os dados foram processados com o auxílio de softwares Excel (tabelas) e Sysgran 3.0® (CAMARGO, 2006), utilizando-se a análise estatística descrita em Folk e Ward (1957).

3.2.5 Perfilagem Topográfica

O perfil transversal de uma praia varia conforme o ganho ou perda de sedimentos de acordo com a energia das ondas, ou seja, em função das alternâncias entre bom tempo (deposição) e tempestade (erosão) (MUEHE, 1994). O levantamento topográfico das praias fundamentou-se na representação dos pontos notáveis do relevo (geomorfologia) dando uma visão ampla das características encontradas no sistema praia/duna, onde foi identificado o ponto exato de nidificação de tartarugas marinhas.

A topografia do sistema praia/duna foi realizada através de um nível topográfico da marca CST/Berger 32X acoplado a um tripé, uma régua com altura máxima de 5 metros e uma trena para aferir as distâncias entre os pontos de visada do observador, segundo o método proposto por Birkemeier (1981) (Figura 9). Os dados foram anotados em campo e posteriormente transferidos e armazenados em planilhas do Excel.

Figura 9 - Topografia sistema praia/duna frontal segundo modelo proposto por Birkemeier (1981).



Os nivelamentos topográficos foram realizados durante a maré baixa, posicionados perpendiculares à linha de costa, cruzando os pontos de nidificação, em função das características gerais da praia, destacando-se as áreas de erosão ou sedimentação, principalmente ocorrências de dunas e da face praial (Tabela 1). Para a determinação de perfis transversais nas áreas de nidificação ao longo do litoral da Ilha do Maranhão, foram confeccionados 5 transectos, sendo que o levantamento de dados do Ninho I não foi realizado em decorrência de sua área geográfica estar situada em uma região de transição entre praia e mangue, onde foi notável os aspectos erosivos deste local. A cota altimétrica da perfilagem topográfica foi aferida utilizando dados da tabua de maré disponibilizada pela DHN (2019), transformados para DATUM do IBGE (2019). Os dados foram processados com o auxílio do software Excel (elaboração de gráficos e tabelas).

Tabela 1 - Localização dos pontos iniciais dos levantamentos topográficos.



3.2.6 Planos de Amostragens

A partir da identificação dos ninhos, foram esquematizados os planos de amostragens, em formato de cruz, com os ninhos no ponto central da cruz. Os pontos se distanciam 10 e 15 metros entre si, variando em sua quantidade, de acordo com as características geomorfológicas locais:

Ninho I - Devido a localização dessa desova situar-se em na margem de canal de maré que liga a Baía de São Marcos à Baía de São José, próximo à foz do Rio Paciência, em uma área de transição entre manguezal e praia (Figura 10) com pouca extensão de areia e sujeita ao regime de macromaré, não foi possível aferir a topografia da região. A permeabilidade, compactação e amostra sedimentar do Ninho I foram mensuradas em apenas 5 pontos, distando 10 metros entre si (Figura 11).

Figura 10 - Ninho I, localizado em área de transição.

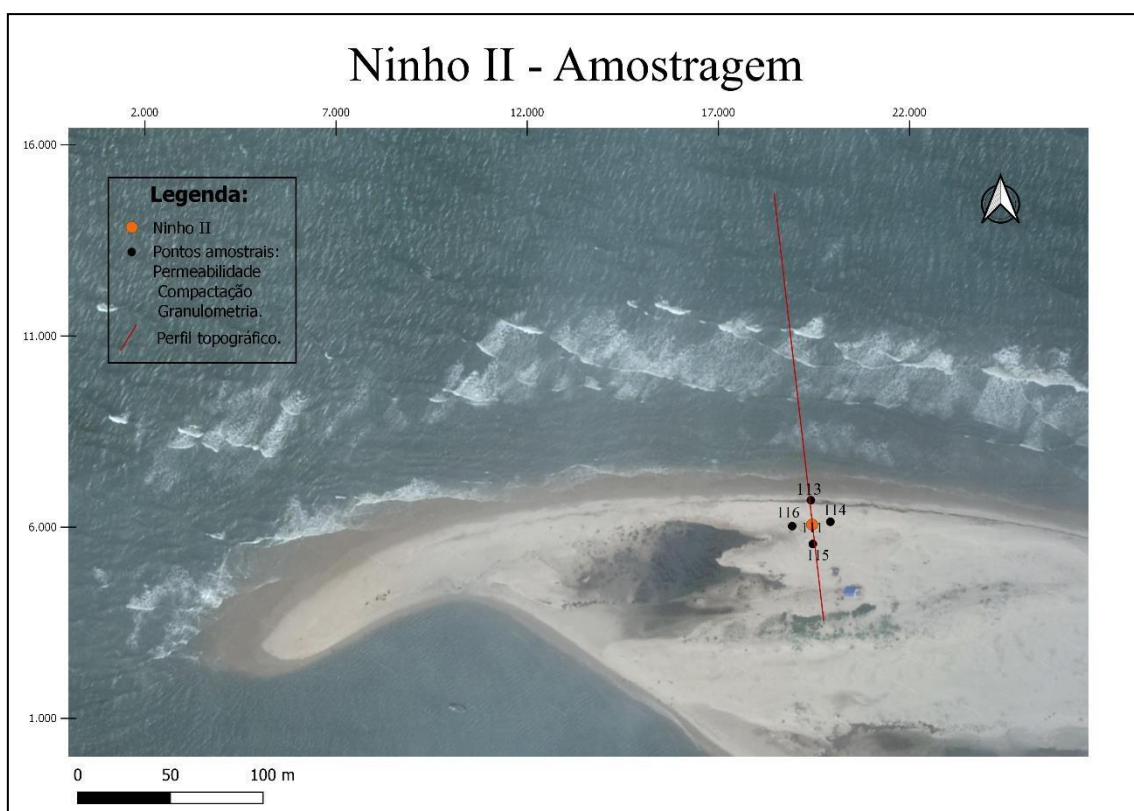


Figura 11 - Plano amostral do Ninho I.



Ninho II – Este ninho situa-se na extremidade de um esporão arenoso. Sendo assim, foram demarcados 5 pontos amostrais, distando 10 metros entre si, para mensurar permeabilidade, compactação e granulometria do local de nidificação (Figura 12). Foi possível mensurar o perfil topográfico da região ao longo de 230 metros transversais à praia, desde o limite superior da zona de inframaré até a duna frontal.

Figura 12 - Plano amostral do Ninho II.



Ninho III – Fica localizado próximo a entrada para o “Povoado do Canto” na base da duna frontal. Nesta amostragem os períodos de chuva coincidiram com os níveis sobre-elevados de maré de sizígia, fazendo com que houvesse a formação de um leque de transposição, alagando a região traseira e lateral direita da duna onde ocorreu a desova (Figuras 13 e 14). A localidade deste ninho foi coberta por 11 pontos amostrais para permeabilidade, distando 15 metros entre si (Figura 15). Para aferir a compactação, foram distribuídos 13 pontos amostrais ao entorno do ninho (Figura 16). Já as amostras sedimentares foram coletadas em 9 pontos ao entorno do ninho (Figura 17). A topografia

foi adquirida ao longo de 200 metros transversais à praia, entre a duna frontal e limite superior da zona de inframaré.

Figura 13 - Área alagada sobre o leque de transposição no entorno do Ninho III.



Figura 14 - Leque de transposição instalado na lateral direita do Ninho III.



Figura 15 - Pontos amostrais de permeabilidade do Ninho III.

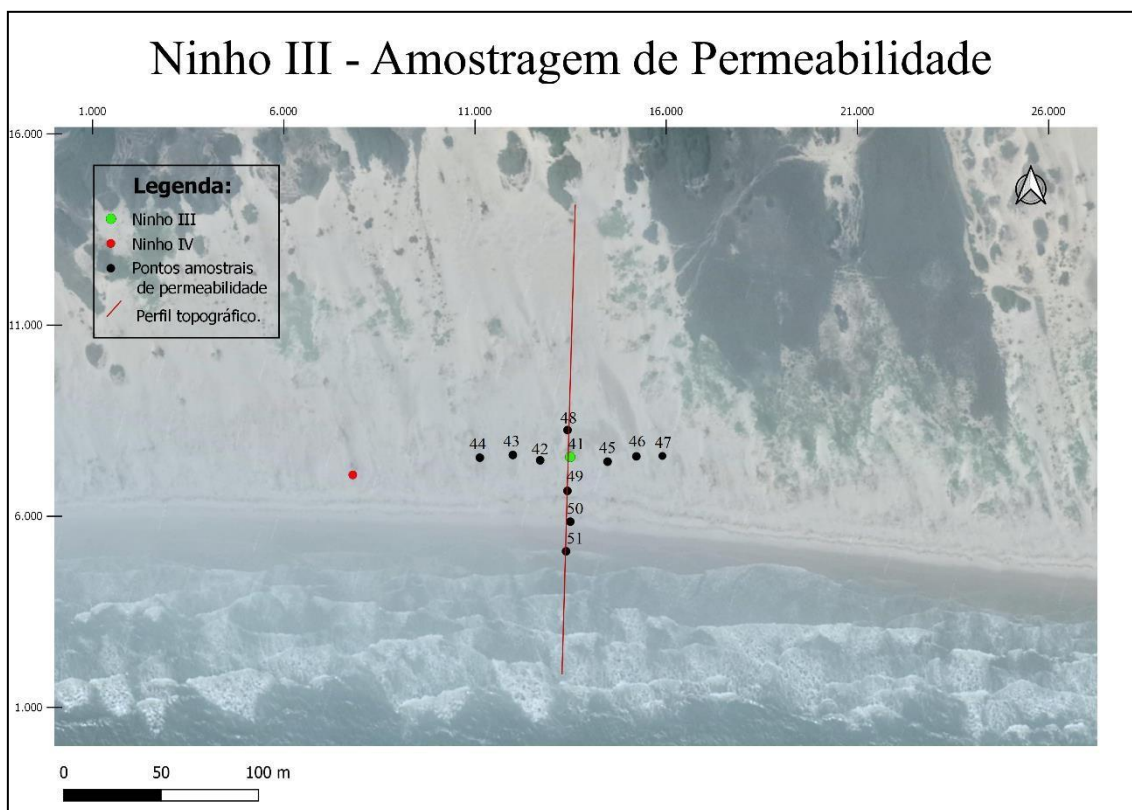


Figura 16 - Pontos amostrais de compactação do Ninho III.

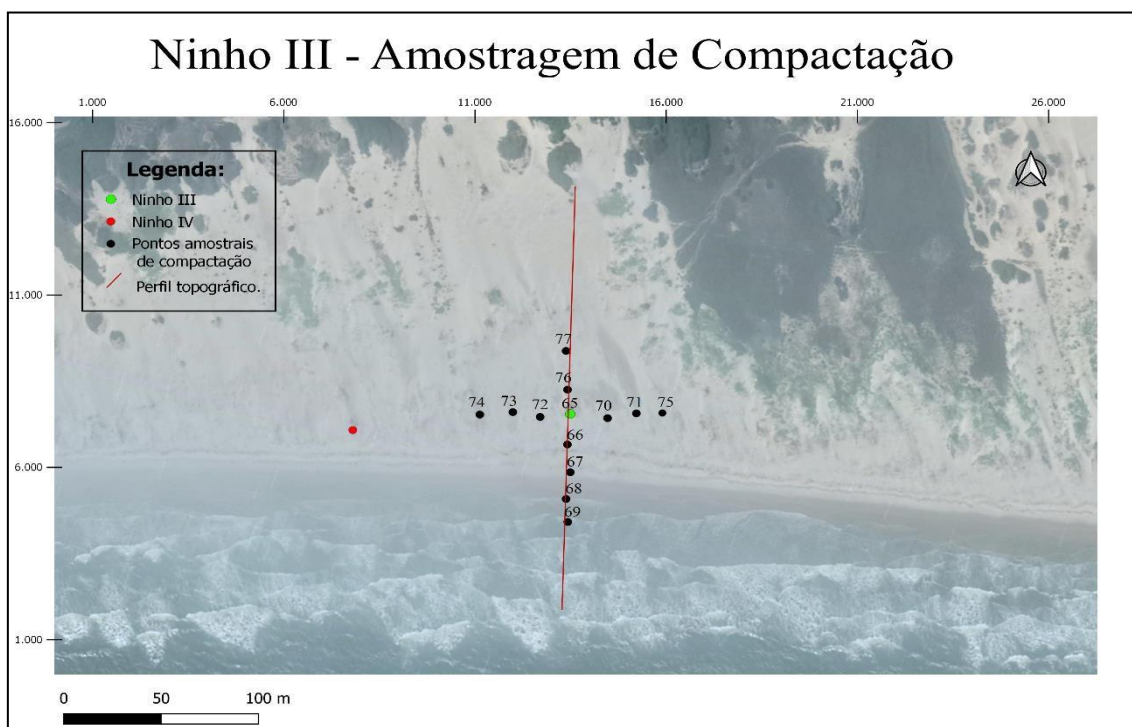
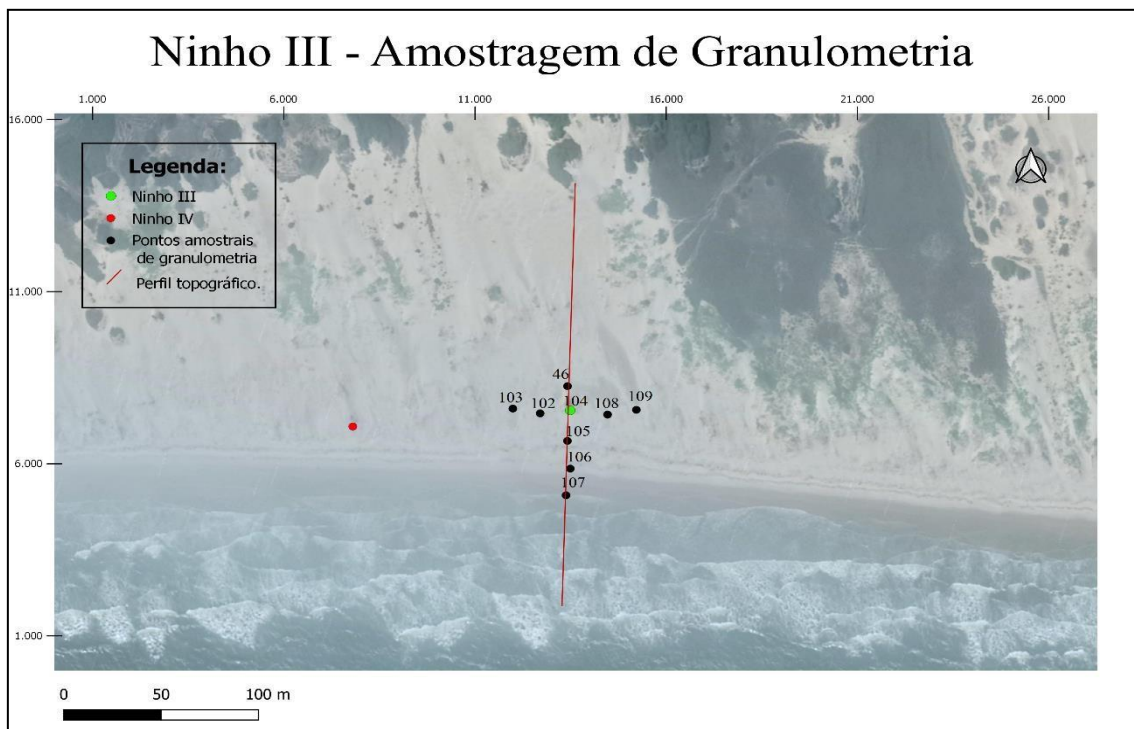


Figura 17 - Pontos amostrais de granulometria do Ninho III.



Ninho IV – Por estar situado próximo ao Ninho III, cerca de 100 metros, apresenta as mesmas características espaciais. Sendo assim, o plano amostral para granulometria (Figura 18) possui apenas 9 pontos, 11 pontos de permeabilidade (Figura 19) e 12 pontos de compactação (Figura 20). O número de pontos amostrais de compactação diferiu da permeabilidade em decorrência de, no dia da coleta, haver água empoçada de chuva que coincidiu com a maré de sizígia no dia anterior (Figura 21) na região traseira da duna onde ocorreu a desova. A topografia foi aferida ao longo de 402 metros transversais à praia.

Figura 18 - Pontos amostrais de granulometria do Ninho IV.

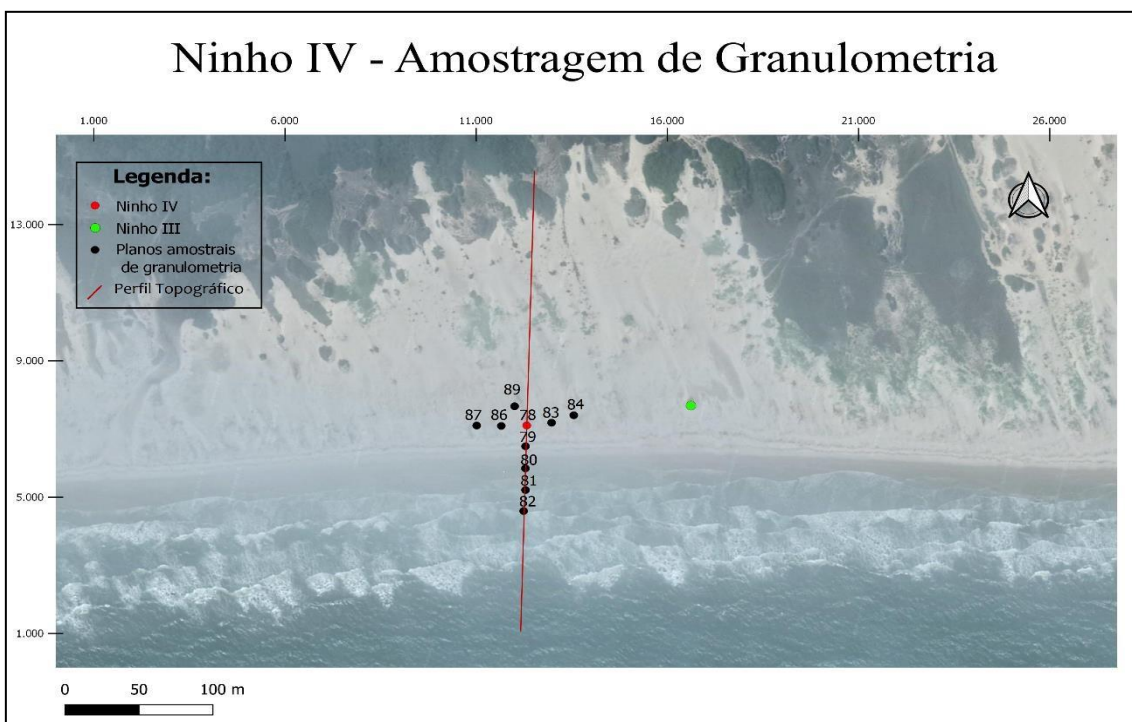


Figura 19 – Pontos amostrais de permeabilidade do Ninho IV.

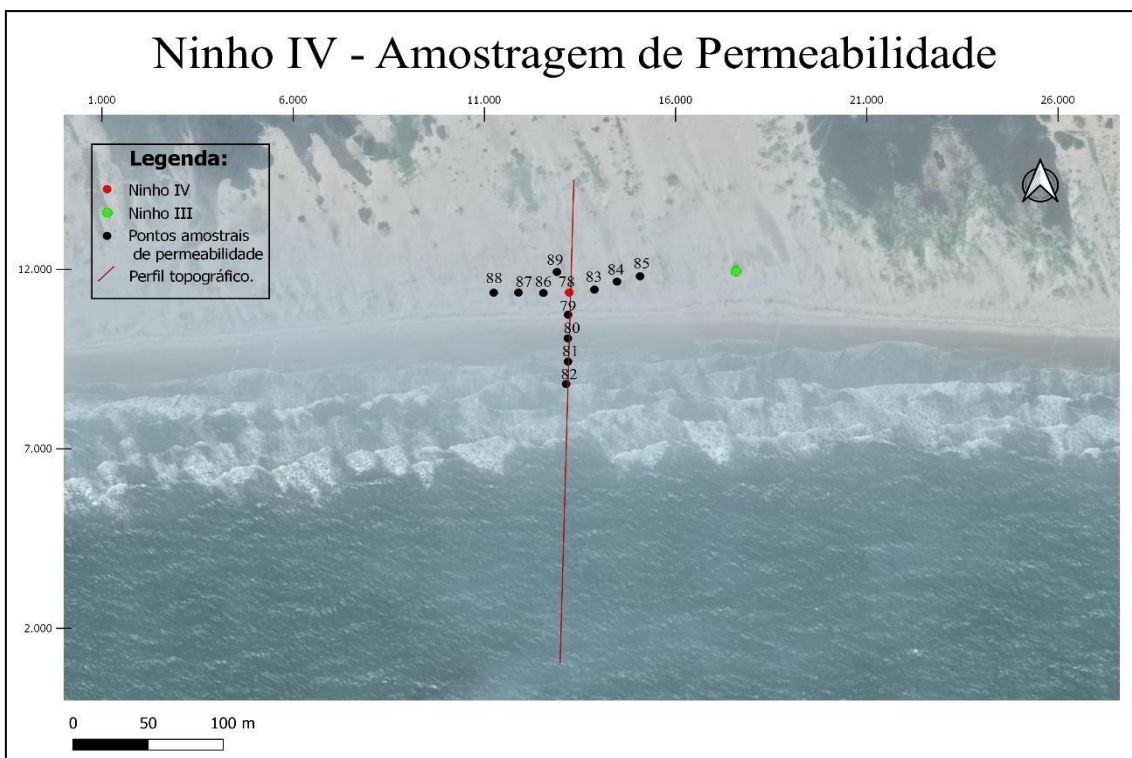


Figura 20 - Pontos amostrais de compactação do Ninho IV.

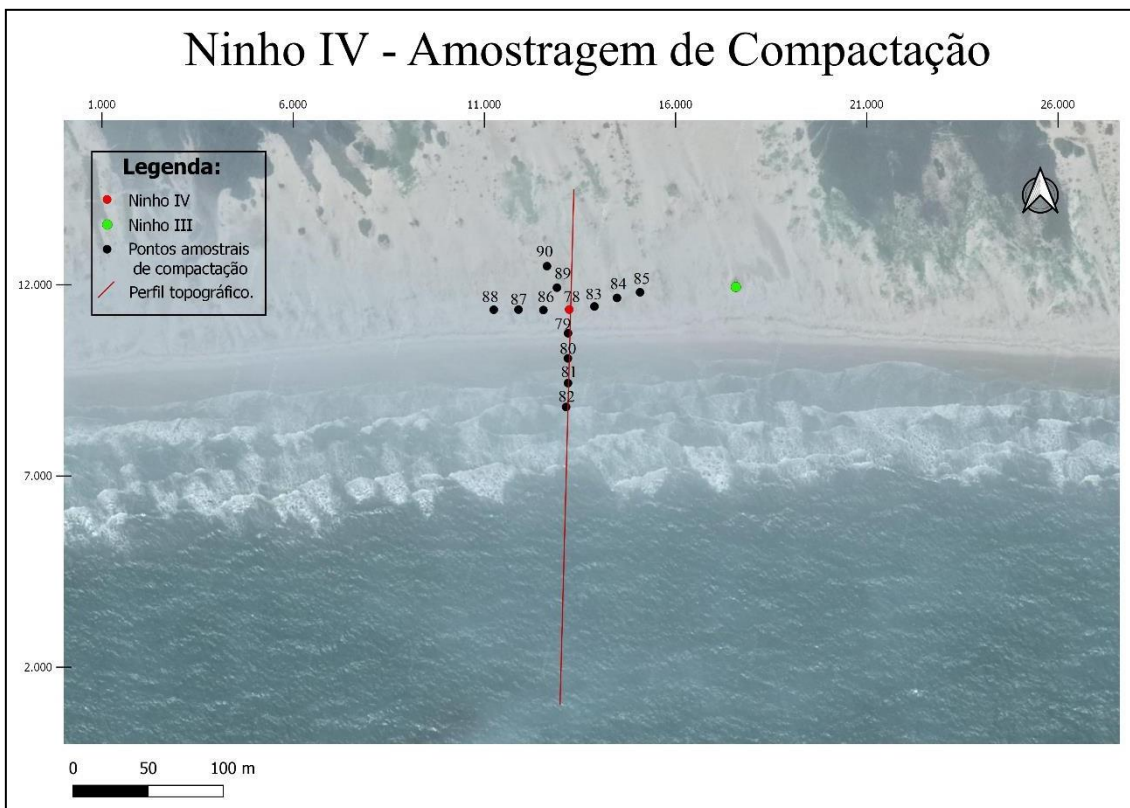
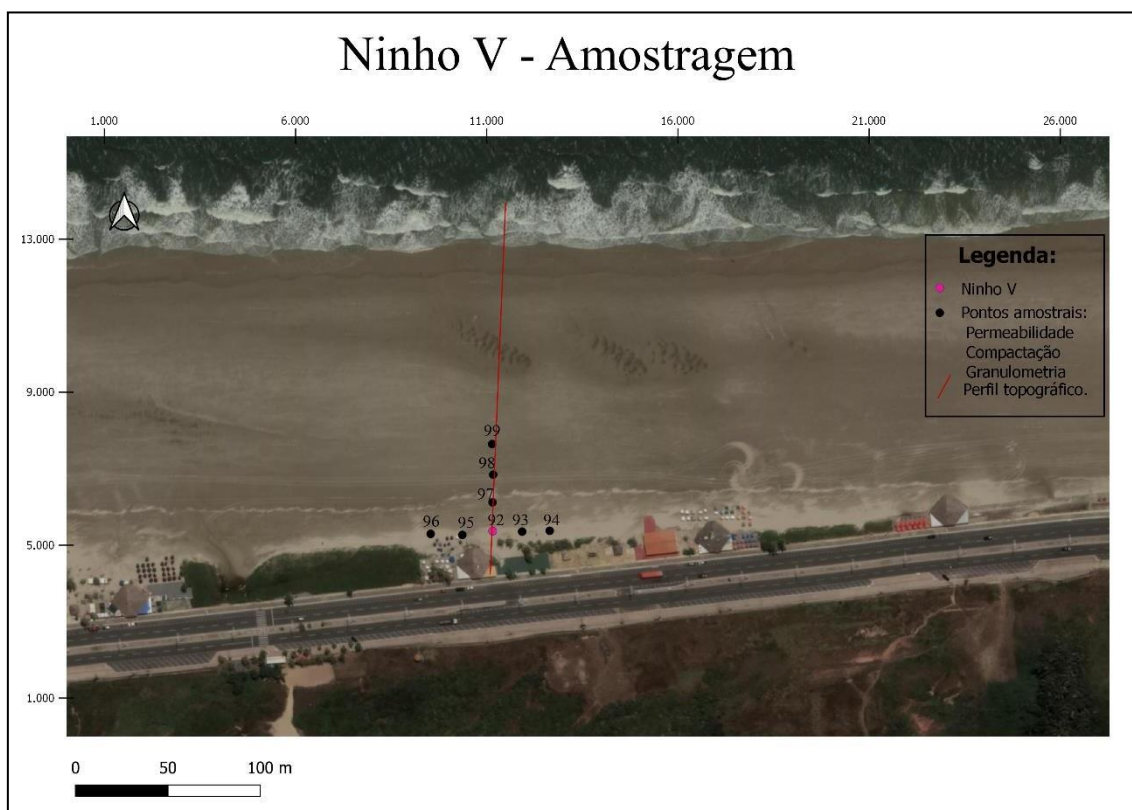


Figura 21 - Leque de transposição instalado no entorno do Ninho IV.



Ninho V – Fica situado na Praia de São Marcos, cerca de 80 metros do Posto de Guarda Vidas, em uma região que sofre com interferências antrópicas (bares, restaurantes e lixo). Portanto, seu plano amostral se restringe a 8 pontos amostrais, distando 15 metros entre si, para dados de permeabilidade, compactação e granulometria (Figura 22). A topografia foi aferida ao longo de 213 metros transversais à praia, entre o ninho e o limite superior da zona de inframaré.

Figura 22 - Plano amostral do Ninho V.



4. RESULTADOS

4.1. Morfologia Praial

4.1.1. Topografia Praial

4.1.1.2 Perfil II

O Perfil II encontra-se situado na extremidade do esporão arenoso (*spit*) da Praia de Carimã. Este setor é amplamente erosivo resultando em um recuo da extremidade do esporão de centenas de metros nos últimos anos. Este fato pode ser verificado pela presença de paleomangues aflorantes na atual linha de costa.

Suas unidades morfológicas encontram-se totalmente alteradas pelo processo erosivo de recuo do *spit*. Devido a esta região se encontrar na foz de uma drenagem que liga a Baía de São Marcos à Baía de São Jose, os efeitos combinados da maré e dinâmica das ondas agem conjuntamente produzindo erosão do esporão arenoso. Em virtude da orientação da linha de costa, neste setor a dinâmica eólica é bastante significativa, proporcionando a formação de dunas frontais de grande expressão. Estas mesmas dunas apresentam-se amplamente escarpadas pela erosão do esporão arenoso.

O perfil praial do Ninho II (Figura 23) apresenta uma extensão de 230 metros, dividido em 2 setores. O primeiro compreende o setor eólico, caracterizado pela presença de dunas frontais e raízes de mangue (paleomangue), na zona de supramaré, se estendendo a, aproximadamente, 65 metros. O segundo compreende o setor praial, caracterizado pela zona de inter-marés, se estende a partir dos 65 metros até 230 metros ao longo do perfil. Tendo isso em vista, a partir dos dados altimétricos, foi possível observar a presença de calhas de marés, nas distâncias de 100 e 110 metros, com profundidades de 20 cm e 40 cm, respectivamente, a partir do ponto inicial do perfil (2°24'38.82"S, 44°5'41.39"O), situado em uma duna frontal na cota de +6,45 metros.

Na face praial existe a presença de raízes de mangue expostas (Figura 24), próxima a área de nidificação. Além disso, é possível observar a presença de um grande banco de areia soldado à praia indicando características deposicionais no momento de aquisição dos dados. Esta geomorfologia indica que este setor apresenta características de terraços de baixa-mar. O ninho encontra-se no limite da zona de intermaré, na cota de +2,75 metros, atrás da zona de acúmulo de lixo, em uma região deposicional, a qual caracteriza-se pela deposição sedimentar atuante somente em marés de sizígia.

Figura 23 - Perfil topográfico sobre a área de nidificação II.

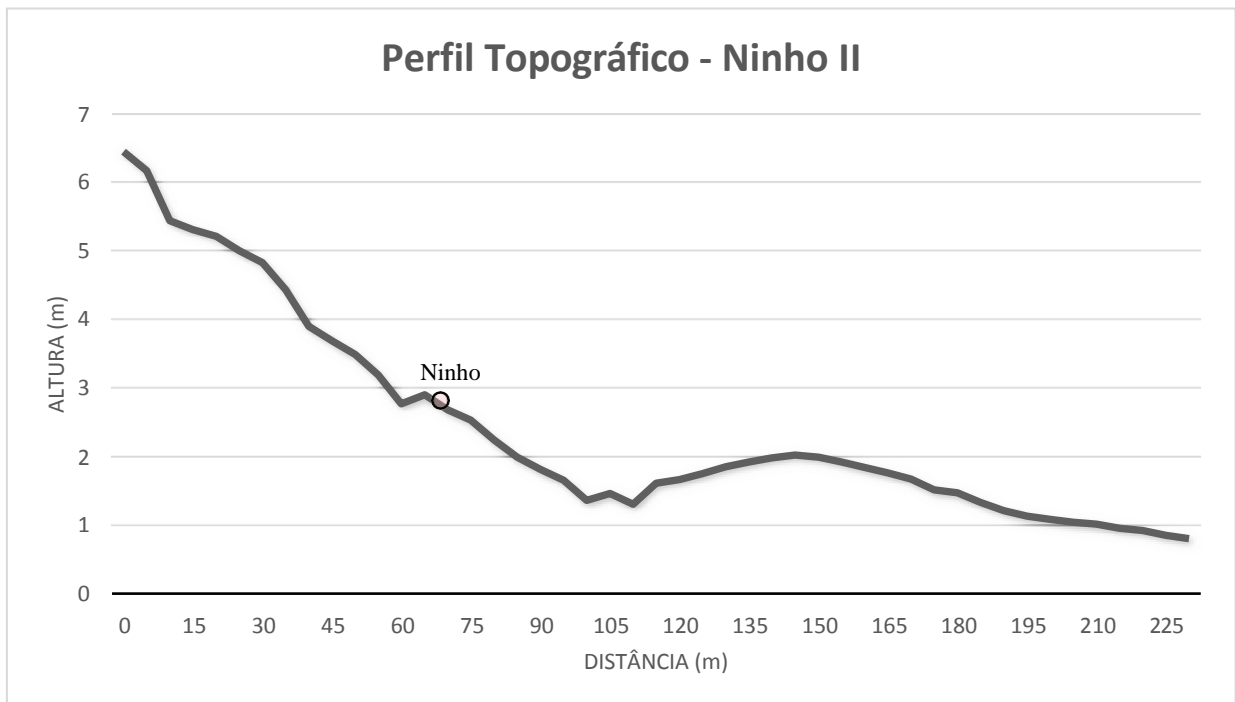


Figura 24 – Ocorrência de paleomangues próximos ao Ninho II.



4.1.1.3 Perfil III

O Ninho III fica localizado na base de uma remanescente duna frontal, entre as distâncias de 136 e 152 metros, na cota de +4,70 metros. Este perfil apresenta somente um remanescente da duna frontal, em decorrência ao desenvolvimento de leques de transposição nas duas laterais da duna onde encontra-se o Ninho III. Nesta localidade, uma grande área de deflação eólica ocupou a superfície dos leques de transposição, criando um corredor erosivo que alcança as dunas secundárias. A evidência disto (A evidência disso: Grande quantidade de raízes de vegetação expostas e grandes marés de sizígia que promovem a deposição de leques de sobrelavagem.) encontra-se no fato da exposição de grande quantidade de raízes da vegetação, expostas na superfície, bem como na posição onde encontrava-se a duna frontal. Além disso, as grandes marés de sizígia, assim como as de sizígia equinociais, promovem a deposição de leques de sobrelavagem, indicando claramente que este setor encontra-se submetido a processos erosivos de longo período.

O perfil praiial do Ninho III (Figura 25) apresenta uma extensão total de 200 metros, dividido em 2 setores. O primeiro compreende o setor eólico, caracterizado pela presença de uma duna frontal isolada na zona de supramaré, se estendendo a, aproximadamente, 152 metros, e o segundo compreende o setor praiial, caracterizado pela zona de inter-marés, se estendendo ao longo de todo o restante do perfil. A duna onde ocorreu o processo de nidificação encontra-se parcialmente coberta por *Ipomoea pes-caprae* e encontra-se isolada pelos efeitos da deposição dos leques de transposição combinados com posteriores processos erosivo eólicos, determinado uma ampla área de deflação (Figura 26). O setor eólico e de deflação apresenta ampla área de distribuição de lixo carreado da face praiial (Figuras 27 e 28).

Figura 25 - Perfil topográfico sobre a área de nidificação III.

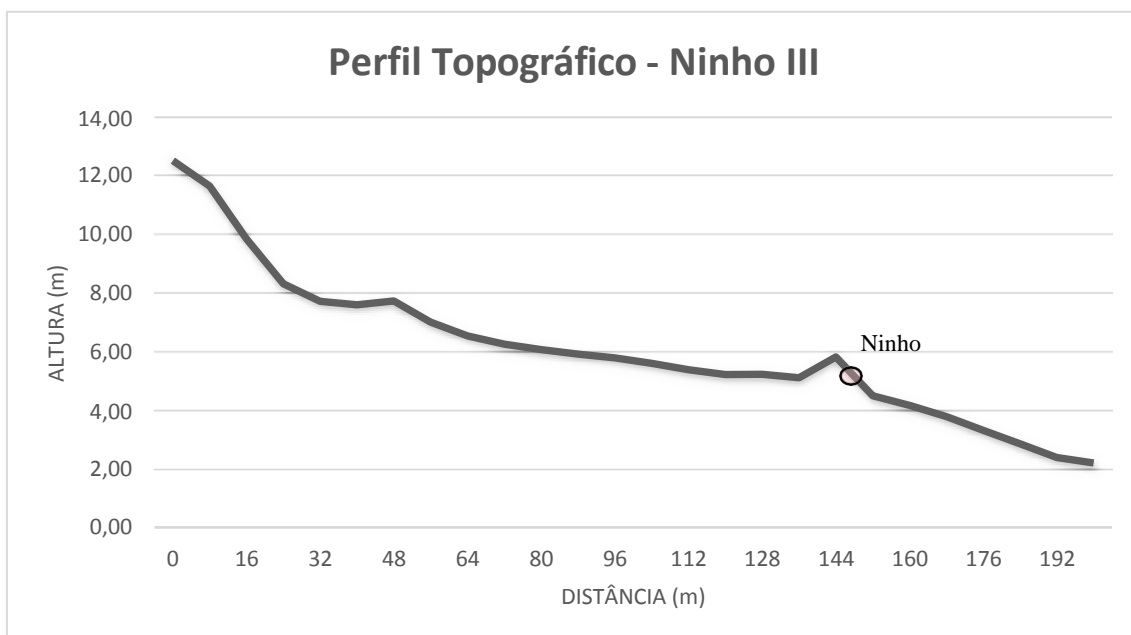


Figura 26 - Planície de deflação ocupando atualmente a área dos leques de transposição. O Ninho IV encontra-se isolado em meio ao corredor erosivo.



Figura 27 – Zona de deposição de lixo no limite intermaré e supramaré.



Figura 28 - Zona de deposição de lixo no limite intermaré e supramaré.



4.1.1.4 Perfil IV

A localização Ninho IV assemelha-se ao Ninho III, indicando que a postura ocorreu também em uma duna isolada por processos erosivos vinculados a leques de

transposição (Figuras 29 e 30). Neste perfil (Figura 31), a face praial apresenta-se compartimentada em dois setores: O primeiro compreende o setor eólico, na zona de supamaré e se estende a aproximadamente 65 metros, caracterizado pela presença da duna frontal isolada, na distância de 58 metros, onde ocorreu a nidificação na cota de +6,75 metros. Por outro lado, o setor praial, com maior declividade na porção intermaré, se estende a partir dos 64 metros até 402 metros ao longo do perfil e apresenta uma calha de maré, na distância de 155 metros.

Portanto, assim como no Ninho III, este perfil cruzou uma área de deposição de leques de transposição que atualmente comporta-se como área de deflação eólica. Na distância de 74 metros se inicia a zona de lixo, que se estende a 82 metros.

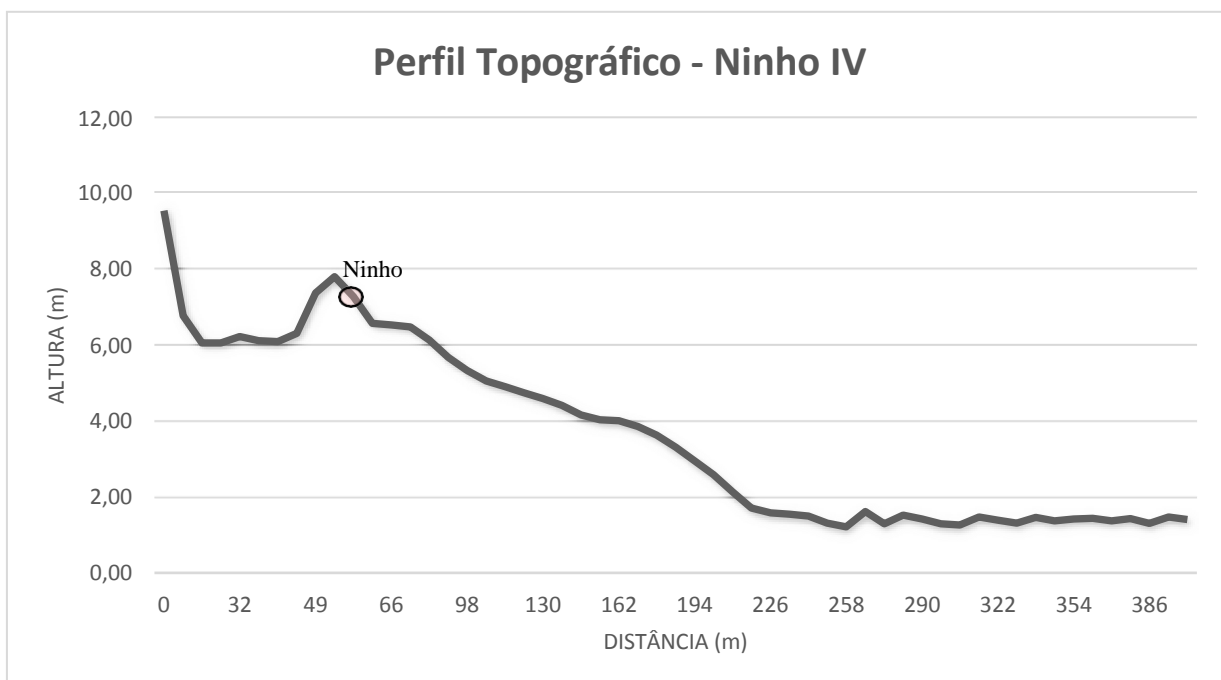
Figura 29 – Remanescente da duna frontal onde ocorreu o Ninho IV.



Figura 30 – Vista traseira da duna frontal relativa à postura do Ninho IV.



Figura 31 - Perfil topográfico sobre a área de nidificação IV.



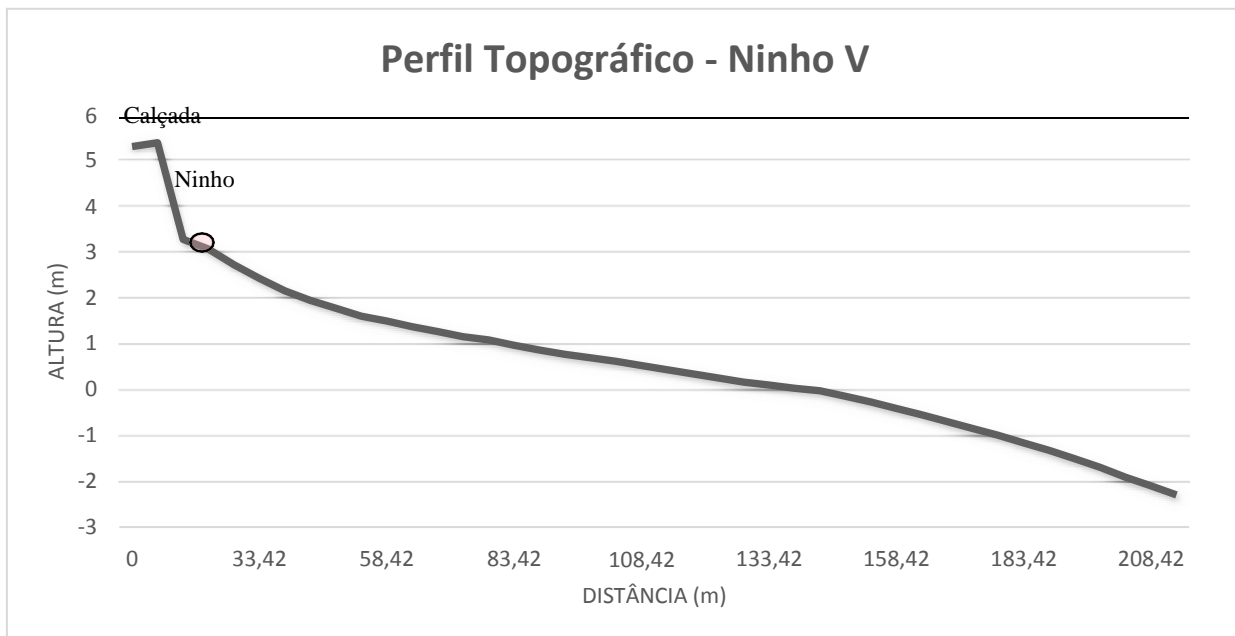
4.1.1.5 Perfil V

Quanto a sua morfologia, a área de implantação do Ninho V caracteriza-se pela ausência de dunas frontais devido ao pequeno espaço de acomodação entre o prisma praial e as falésias da formação Alcântara e Barreiras. Nesta localidade, a paisagem original foi modificada pela construção da Avenida Litorânea e pela edificação de restaurantes e quiosques.

O perfil topográfico praial cruzando o Ninho V (Figura 32) apresenta uma extensão de, aproximadamente, 208 metros, não apresentando dunas como os demais perfis, somente um lençol de areia que escala as calçadas da avenida. O ponto de desova encontra-se posicionado na cota de +3 metros.

O perfil iniciou-se na calçada, ao lado do restaurante Estrela do Mar, até o início da praia, percorrendo uma distância de 13,42 metros, a partir do ponto inicial (2°29'18.71"S, 44°17'7.17"O). Além disso, foi possível observar deposição de lixo, nas distâncias entre 60 e 90 metros, aproximadamente.

Figura 32 - Perfil topográfico sobre a área de nidificação V.



4.1.2 Compactação Sedimentar

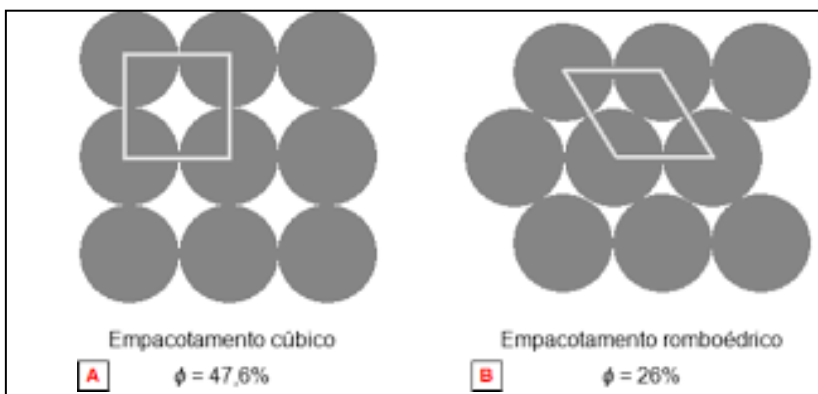
A compactação de uma camada de sedimento diminui o índice de vazios, aumentando a resistência aos deslocamentos de gases e líquidos no meio, interferindo nos processos biológicos presentes nestes. Além deste fator, existe a própria barreira física caracterizada pela areia compacta, ocasionando resistência aos deslocamentos de raízes e seres que tem seu local de moradia ou de alimentação nestas zonas (VIEIRA *et. al* 2004). aos deslocamentos de raízes e de seres que tem seu local de moradia ou de alimentação nestas zonas (VIEIRA *et. al* 2004).

Sendo assim, o grau de compactação experimentado pela areia é inversamente proporcional ao coeficiente de permeabilidade e diretamente proporcional a resistência à penetração. Portanto, quanto mais compacta a areia, menor é o espaço para a água percolar por gravidade, fazendo com que a resistência à penetração aumente através das camadas sedimentares.

Tendo isso em vista, a compactação sedimentar das áreas de nidificações foi classificada em 2 setores: eólico, composto por sedimento mais fino, transportado pela ação do vento, onde os grãos se “arranjam” de forma cúbica, resultando em menor resistência à percolação da água, aumentando desta forma a permeabilidade. O segundo

setor compõe os sedimentos praias, em que os grãos são maiores e transportados não mais pelo vento e sim pela ação hidrodinâmica da praia, como ondas e correntes, fazendo com que os grãos se arranjam de forma romboédrica (Figura 33).

Figura 33 - Formas de empacotamento sedimentar e sua porosidade (ϕ).



4.1.2.1 Ninho I

A partir da visualização dos mapas de contorno (Figura 34, 35 e 36), pode-se observar que nas camadas superficiais do sedimento (0 a 15 cm), o gradiente de compactação parte do setor eólico e aumenta em direção à praia. Portanto, o gradiente se dá de forma transversal à linha de costa e se intensifica do setor eólico em direção a face praias. Nesta camada (0 a 15 cm), o ponto 61 apresentou maior compactação, necessitando de 3 golpes para adentrar este pacote superficial sedimentar, em decorrência do mesmo estar localizado à frente do ninho, na zona de intermarés e, conseqüentemente, mais compacto. Em contrapartida, nas camadas intermediárias (15 a 30 cm) e inferior (30 a 45 cm) do sedimento, a região mais compacta foi ao entorno do ponto 62, sendo necessário 11 e 12 golpes, respectivamente, do peso batente para a ponteira adentrar no sedimento, evidenciando que, nestas camadas, os grãos foram depositados pela ação hidrodinâmica das ondas e marés (setor praias), resultando em um empacotamento

sedimentar do tipo “romboédrico”, conseqüentemente mais coeso e compacto, devido a forma em que os grãos se arranjam.

O ninho (ponto 117) apresentou baixo grau de compactação em relação ao demais pontos dessa amostragem em todas as profundidades (0 a 15, 15 a 30 e 30 a 45 cm) das camadas sedimentares, evidenciando que a totalidade da cova em que se encontra o Ninho I, está sobre sedimentos essencialmente eólicos.

Nas profundidades inferiores (30 a 45 cm) percebe-se que pontos de mesmos valores de compactação projetam-se do ninho em direção ao setor praial, indicando que pode ter ocorrido deposição eólica na face praial nestas profundidades e que posteriormente estas camadas foram soterradas por sedimentos praiais.

Figura 34 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho I (Escala em n° de golpes).

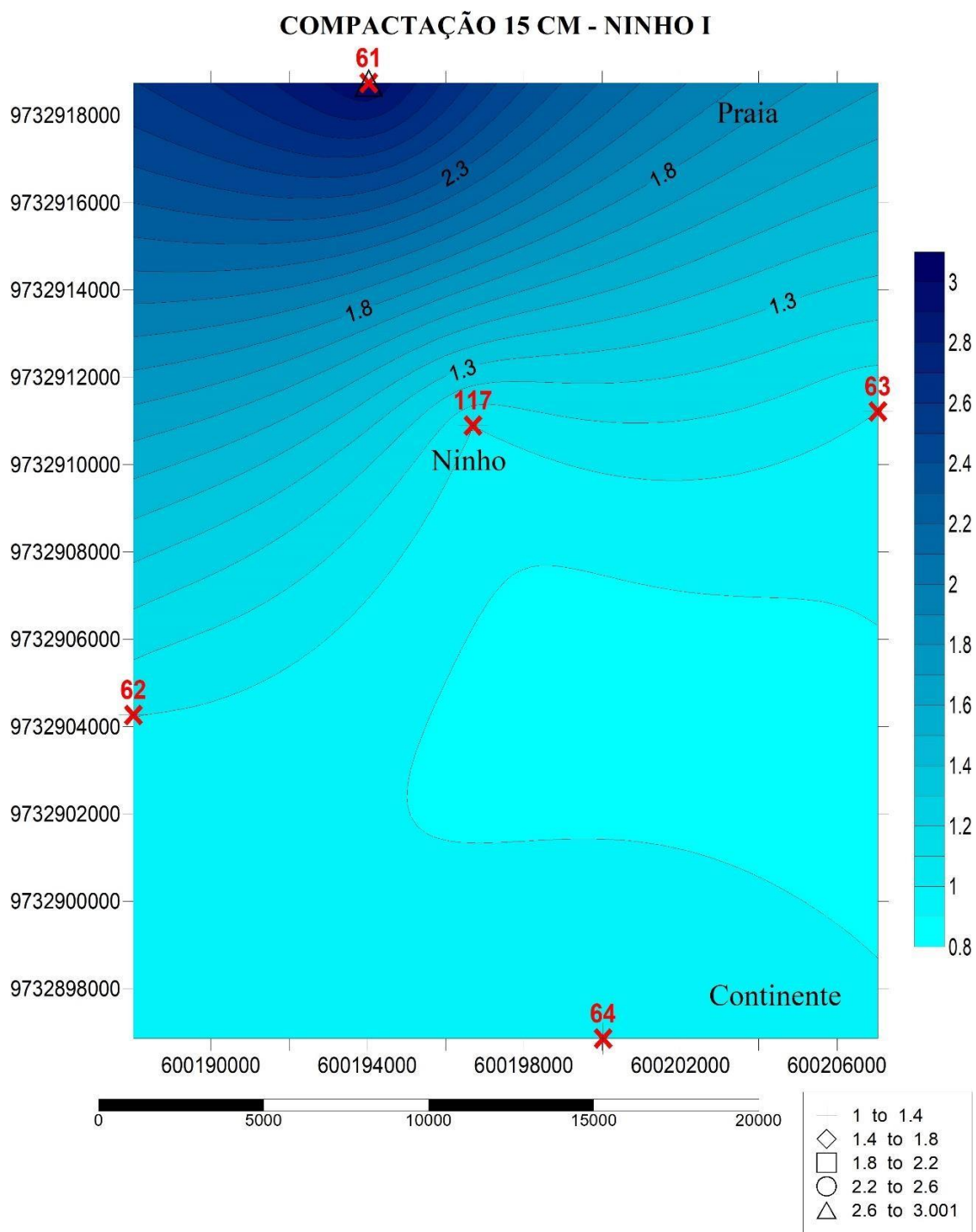


Figura 35 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho I (Escala em n° de golpes).

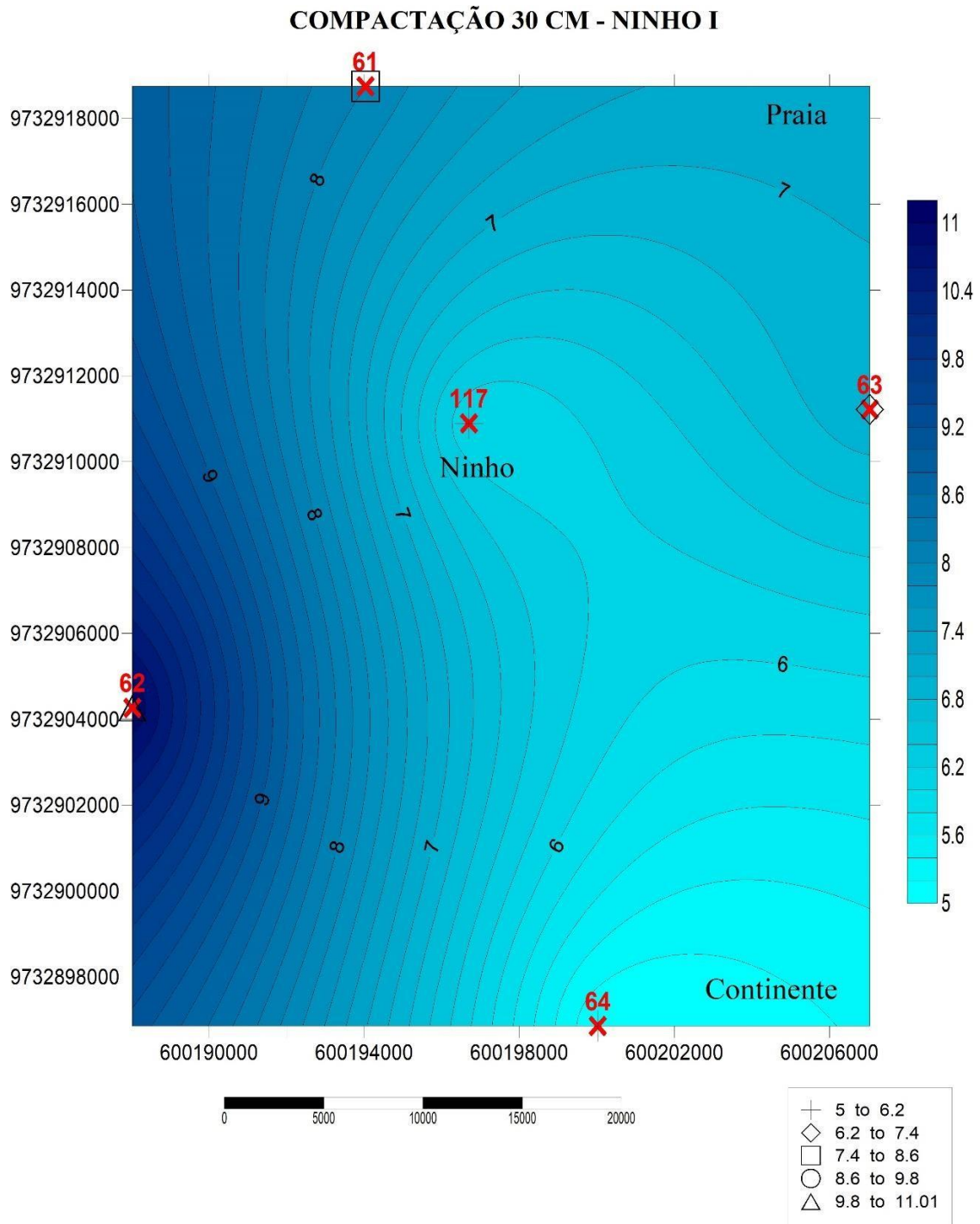
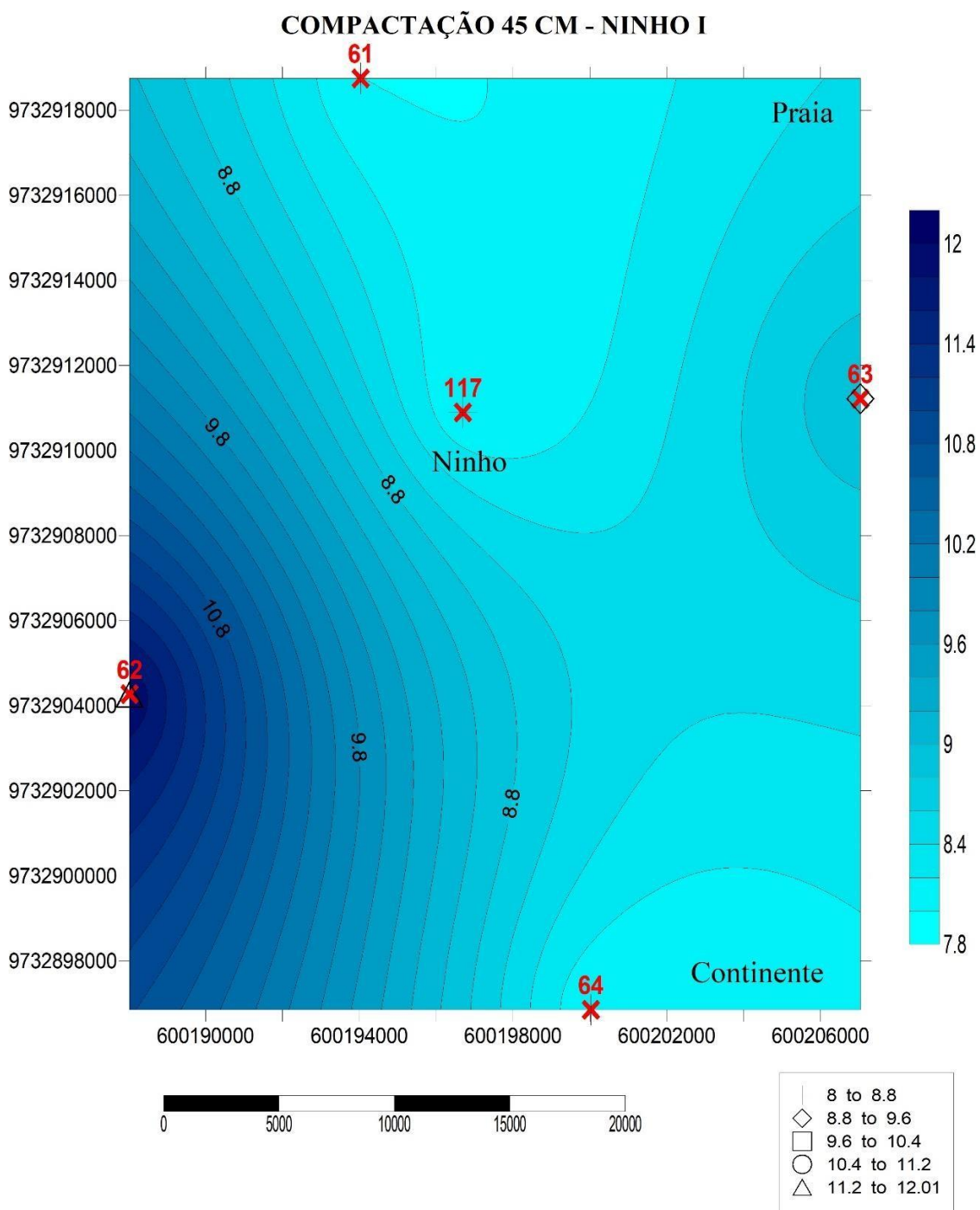


Figura 36 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho I (Escala em n° de golpes).



4.1.2.2 Ninho II

A partir da visualização dos mapas de contorno (Figura 37, 38 e 39), é possível observar que nas camadas superficiais (0 a 15 cm) o gradiente de compactação ocorre de forma a contornar o ponto 111, que representa o ponto de nidificação, com uma amplificação sobre a face praial. Além disso, observou-se que nas camadas superficial e intermediária do sedimento (0 a 15 e 15 a 30 cm), a compactação foi maior no setor praial, no ponto 113, necessitando de 2 e 11 golpes, respectivamente, para a ponteira adentrar o sedimento, em decorrência deste plano amostral encontra-se sobre um esporão arenoso (*spit*) que frequentemente sofre processos de sobrelavagem, gerando leques de transposição que resultam em pontos de elevada compactação, mesmo que superficiais. O gradiente nas camadas intermediárias (15 a 30 cm) se dá de forma transversal à linha de costa, com uma amplificação sobre o setor praial, como esperado. No limite inferior (30 a 45 cm) observa-se que o gradiente de compactação ocorre de forma paralela a face praial, padrão este contrário às camadas superiores. No entanto, na camada inferior do sedimento (30 a 45 cm), os pontos 114 e 115 mostraram-se mais compactos, necessitando de 8 e 9 golpes, respectivamente, para o peso batente adentrar o sedimento, evidenciando que, no momento de sua deposição, o setor praial continha a região, resultando em um empacotamento sedimentar do tipo “romboédrico”, conseqüentemente mais coeso e compacto. O ponto 111 (Ninho II) e 116 apresentaram baixo grau de compactação em relação aos demais pontos dessa amostragem em todas as profundidades (0 a 15, 15 a 30 e 30 a 45 cm) das camadas sedimentares.

Figura 37 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho II (Escala em n° de golpes).

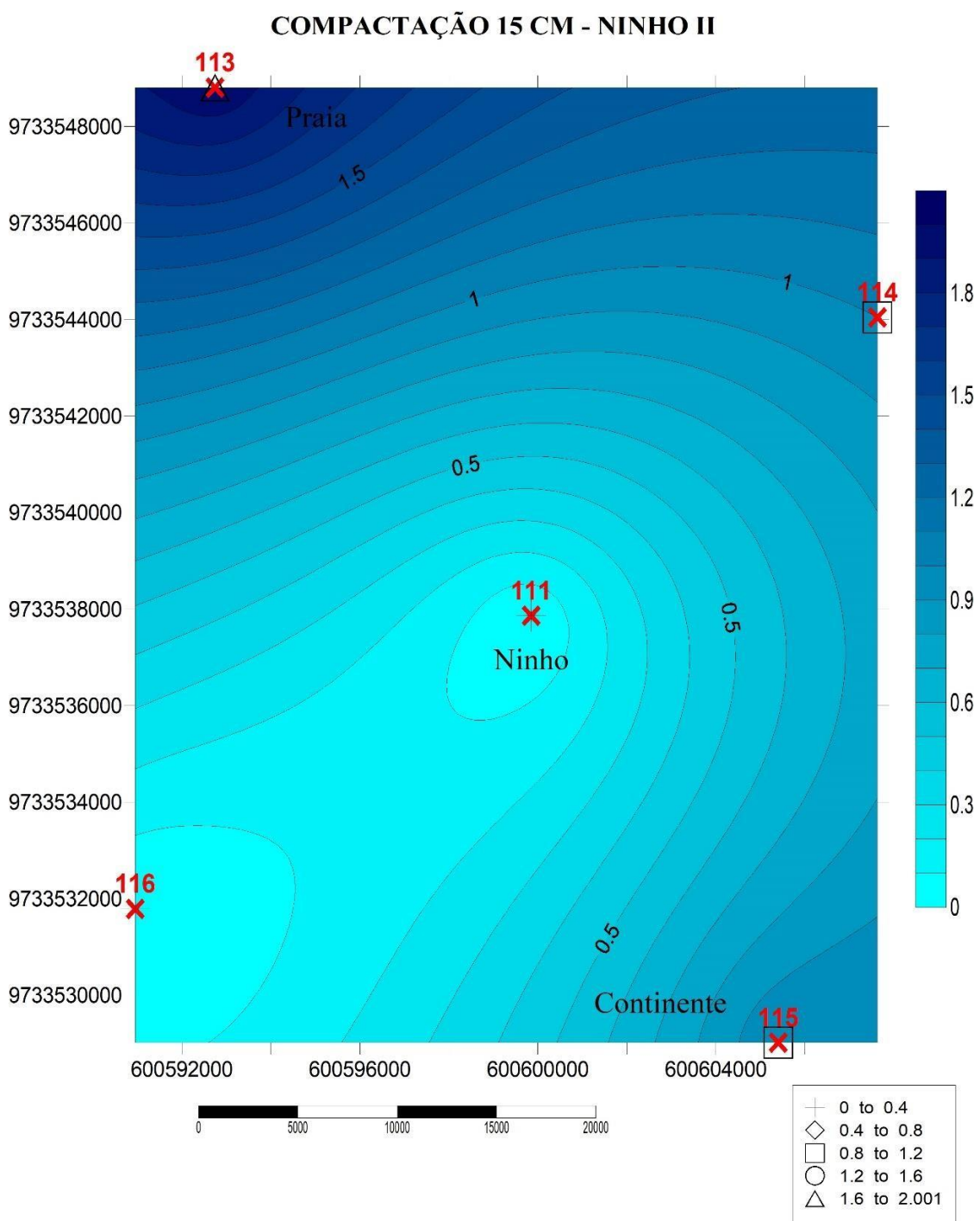


Figura 38 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho II (Escala em n° de golpes).

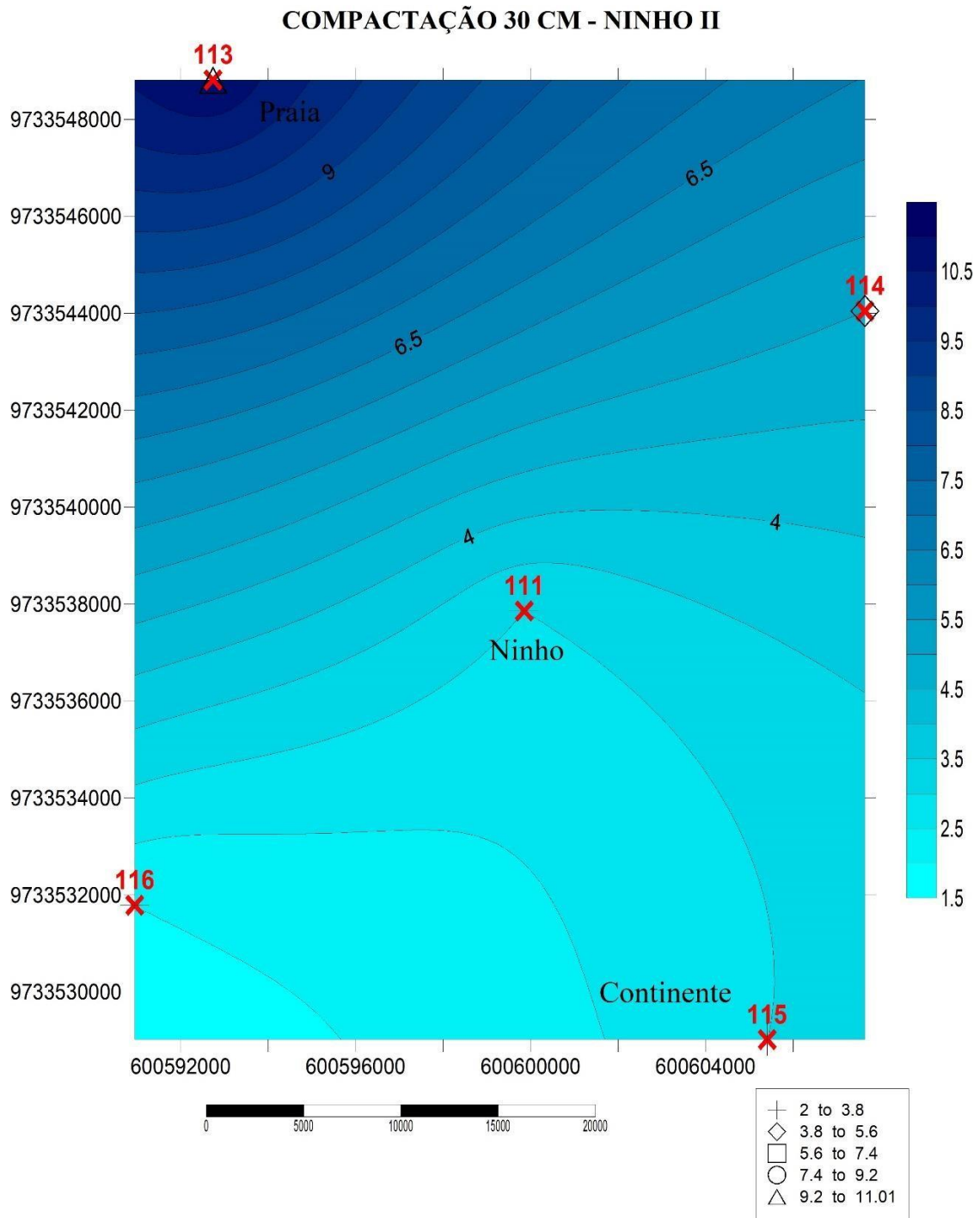
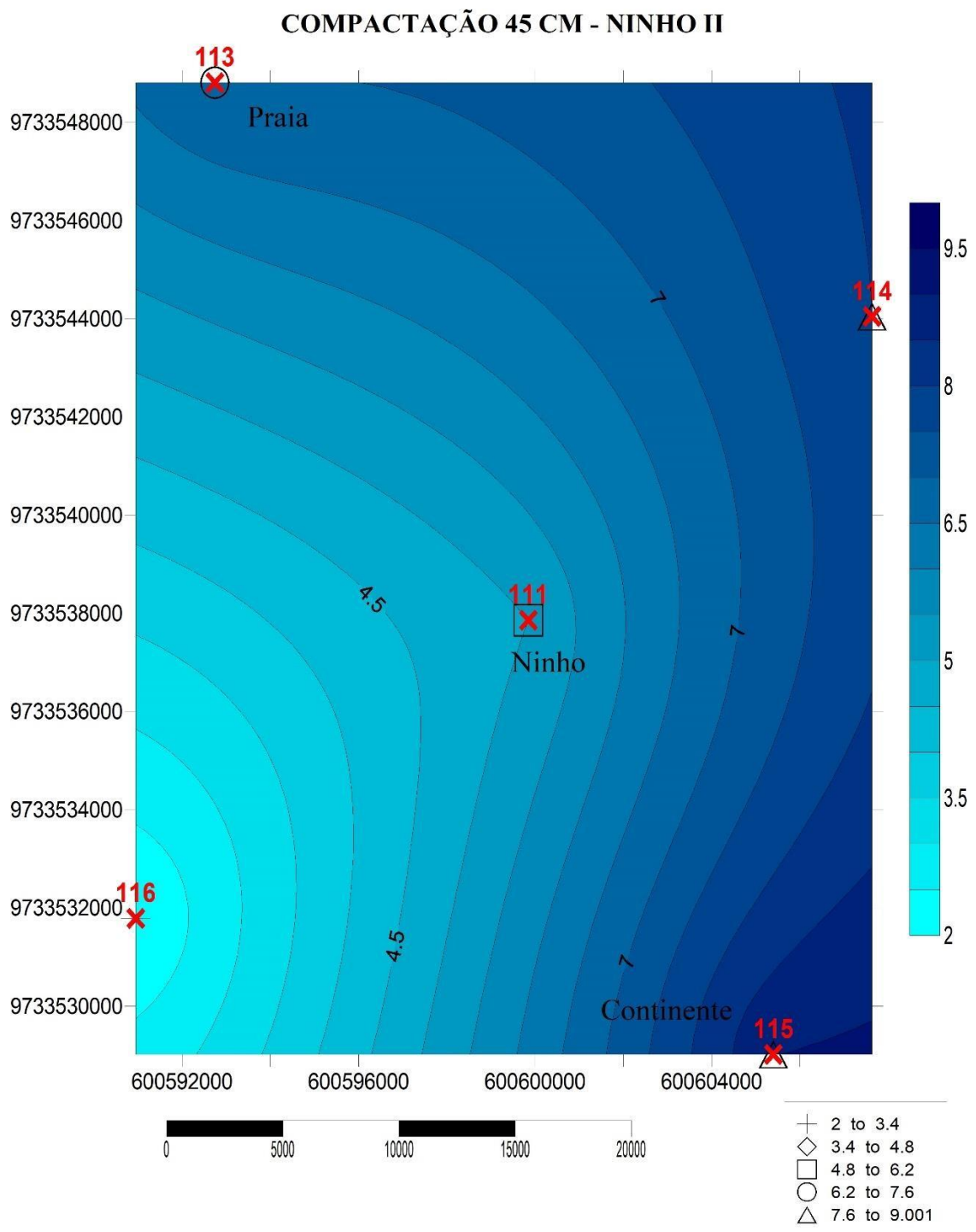


Figura 39 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho II (Escala em n° de golpes).



4.1.2.3 Ninho III

Nesta localidade todos os intervalos de profundidade amostrados exibem um gradiente de compactação transversal a linha de costa, ampliando o gradiente em direção a face praial e suavizando em direção ao compartimento eólico. Devido a esta área de nidificação envolver lateralmente uma planície de deflação eólica além da presença de leques de transposição, o plano amostral foi maior. Assim pode-se observar de forma ampla o gradiente de compactação (Figura 40, 41 e 42) partindo das dunas interiorizadas (setor eólico) e aumentando em direção à praia (setor praial).

Na camada superficial do sedimento (0 a 15 cm) o ponto 69 apresentou maior compactação, necessitando de 8 golpes para adentrar o sedimento, enquanto os pontos 67 e 68 necessitaram de apenas 2 golpes cada. Nas camadas intermediárias e inferiores do sedimento (15 a 30 e 30 a 45 cm) o gradiente de compactação continuou o mesmo, porém os pontos 67, 68 e 69 mostraram-se mais compactos em relação a camada superficial, sendo necessário 14 golpes do peso batente para o ponto 67, 35 golpes para o ponto 68 e 33 golpes para o ponto 69 adentrarem 45 cm da camada sedimentar.

O Ninho III (ponto 65) apresentou compactação intermediária em relação ao ademais pontos dessa amostragem em todas as profundidades (0 a 15, 15 a 30 e 30 a 45 cm) das camadas sedimentares.

Além disso, vale ressaltar que a compactação dos pontos 70 e 72, em todas as profundidades amostradas, se manteve mais elevada que os pontos 65 (ninho) e 66. Todos os referidos pontos encontram-se paralelos a linha de costa e desta forma os pontos 65 e 66 evidenciam que o setor praial projeta-se em direção do sistema eólico em todas as profundidades.

Figura 40 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho III (Escala em n° de golpes).

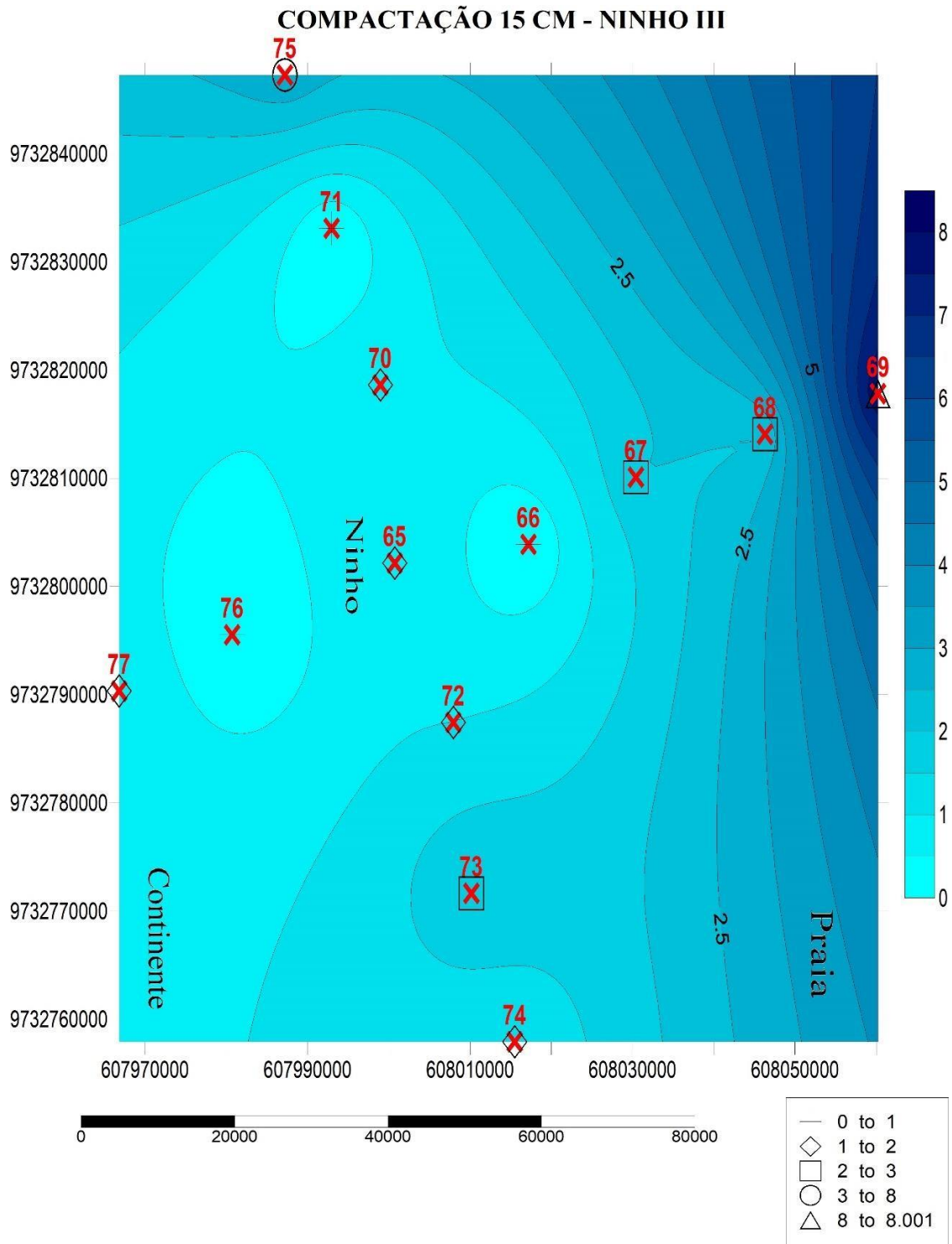


Figura 41 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho III (Escala em n° de golpes).

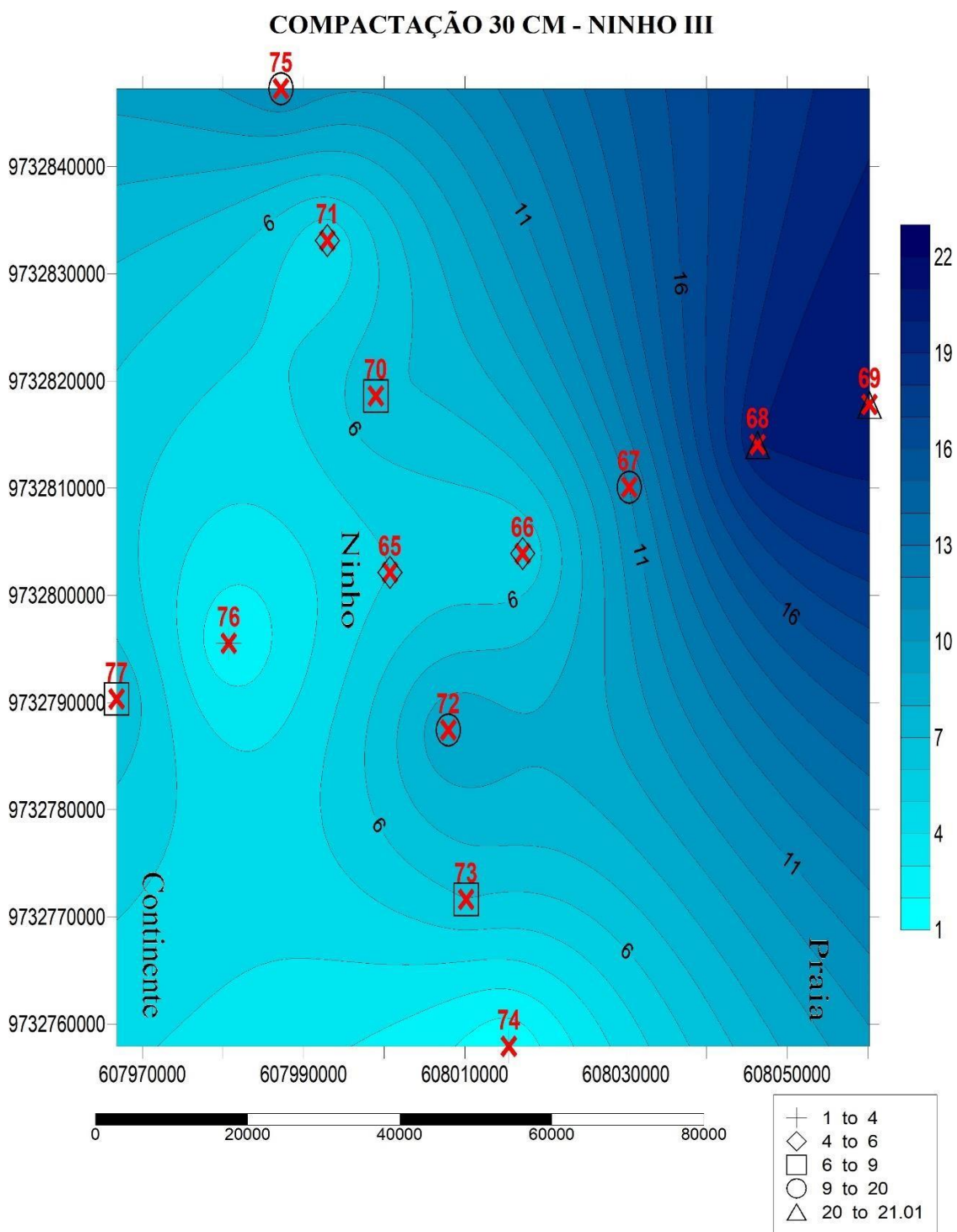
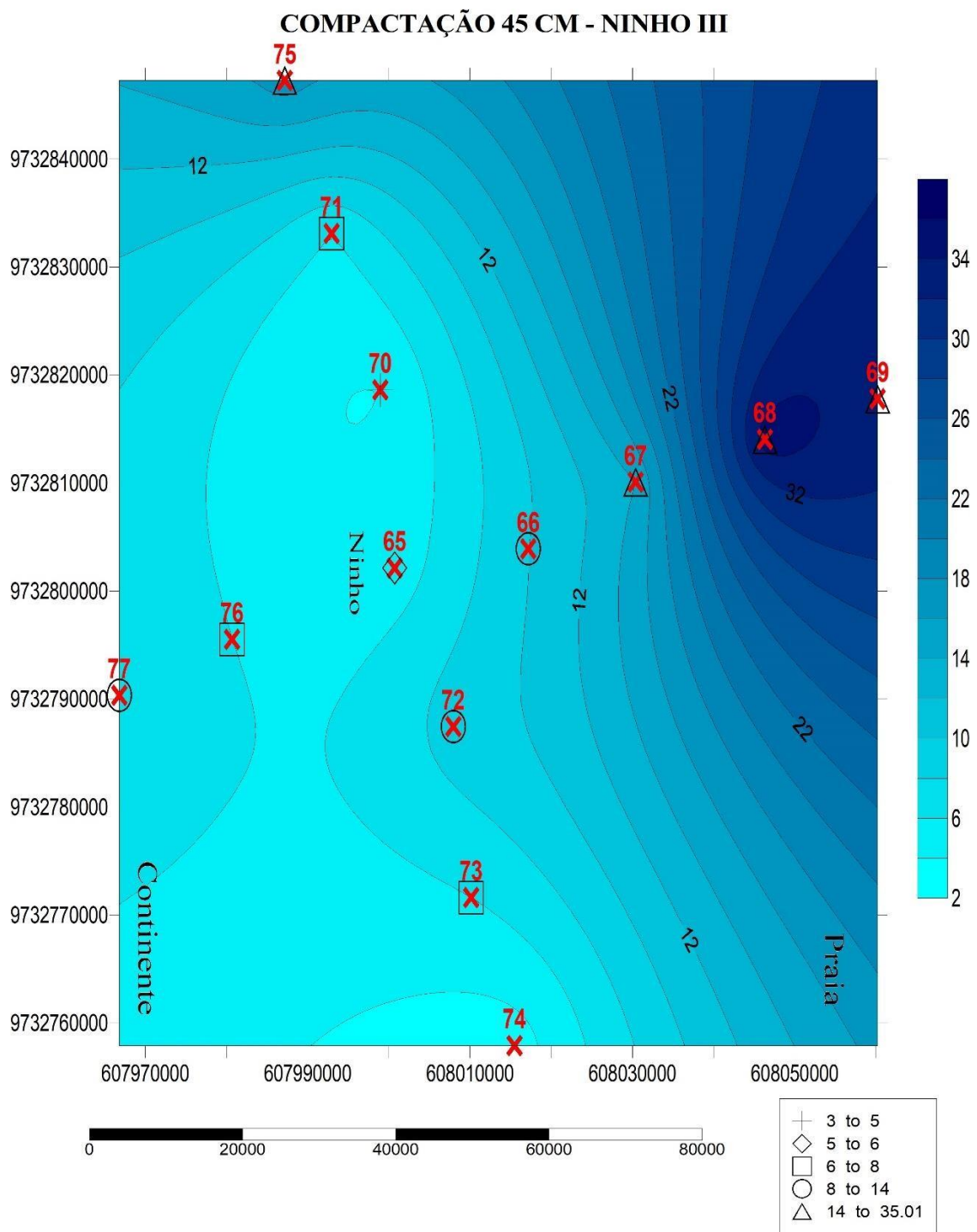


Figura 42 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho III (Escala em n° de golpes).



4.1.2.4 Ninho IV

Da mesma forma que o Ninho III, neste setor o gradiente de compactação da área de nidificação (Figura 43, 44 e 45) parte da duna (setor eólico) e aumenta em direção à praia (setor praiial), mantendo-se transversal a linha de costa em todas as profundidades analisadas.

Nas camadas superficiais do sedimento (0 a 15 cm) os pontos 82 e 79, cujo os quais estão compreendidos em uma região de intermarés, apresentaram maior compactação, necessitando de 5 e 4 golpes, respectivamente, para a haste de penetração adentrar o sedimento, seguido dos pontos 80 e 81, que necessitaram de 3 golpes cada. Na camada intermediária do sedimento (15 a 30 cm) o ponto 81 mostrou-se mais compacto, sendo necessário 24 golpes do peso batente para adentrar 30 cm da camada sedimentar. Na camada inferior do sedimento (30 a 45 cm), a compactação foi maior no ponto 80, indicando que, no momento de deposição desta camada, os grãos próximos a este ponto foram transportados pela ação hidrodinâmica das ondas, marés ou eventos adversos (tempestades, marés meteorológicas, sizígia, etc.) correspondendo ao setor praiial e, em contrapartida, os pontos de baixa compactação ao seu entorno foram transportados pela ação dos ventos, correspondendo ao setor eólico.

O ponto 78 (exatamente onde fica localizado o Ninho IV) apresentou compactação intermediária em relação aos demais pontos dessa amostragem em todas as profundidades (15, 30 e 45 cm) das camadas sedimentares.

Figura 43 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho IV (Escala em n° de golpes).

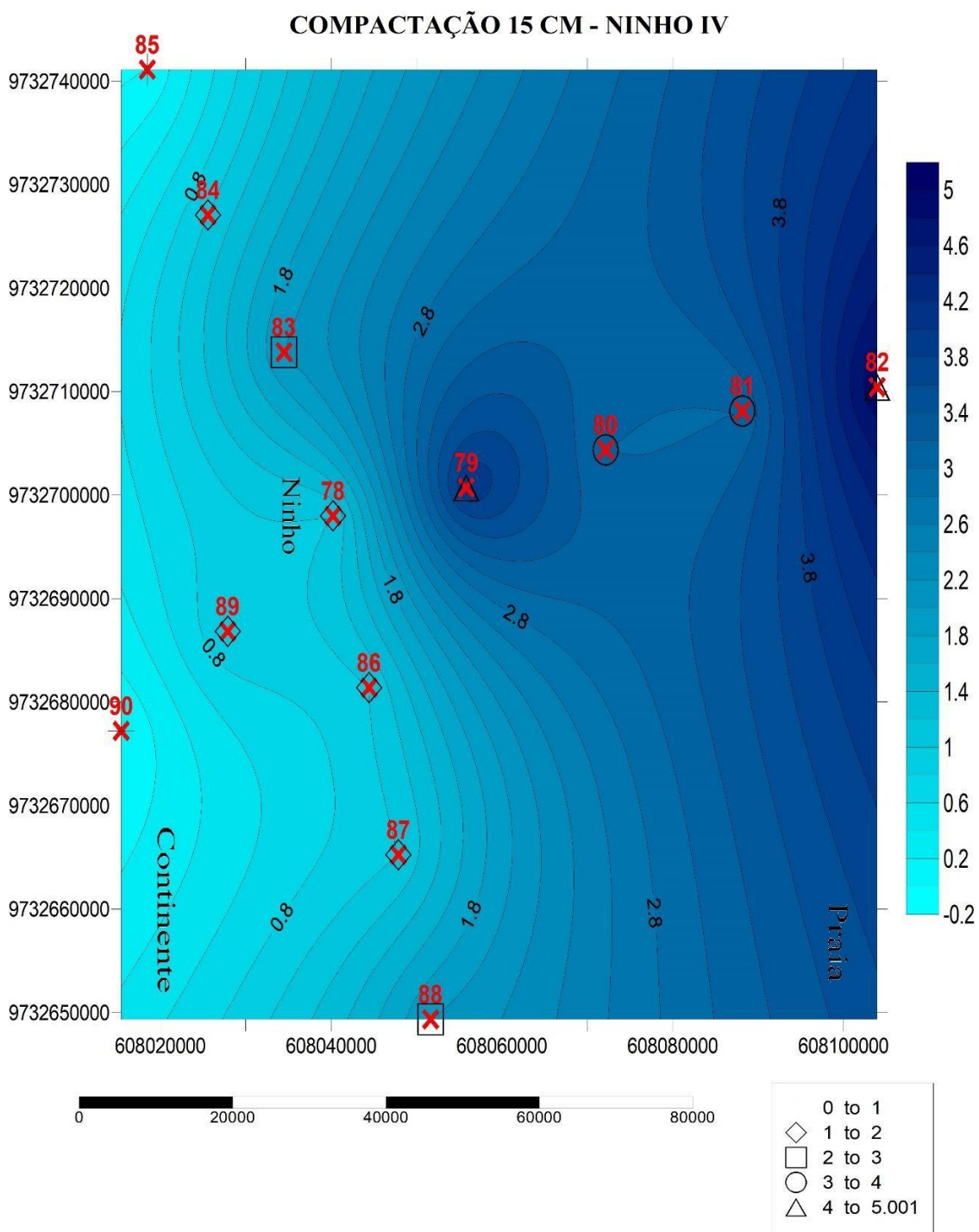


Figura 44 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho IV (Escala em n° de golpes).

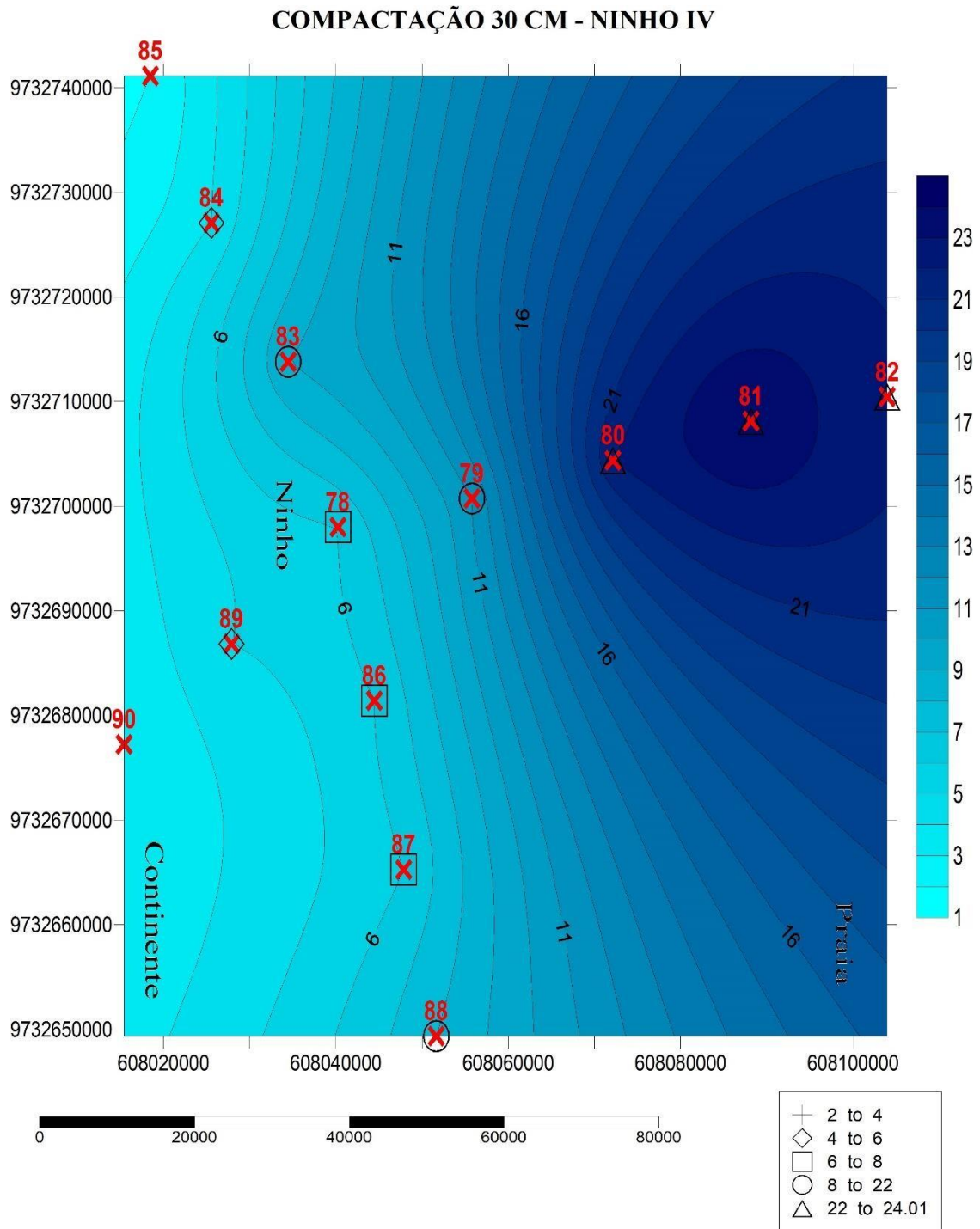
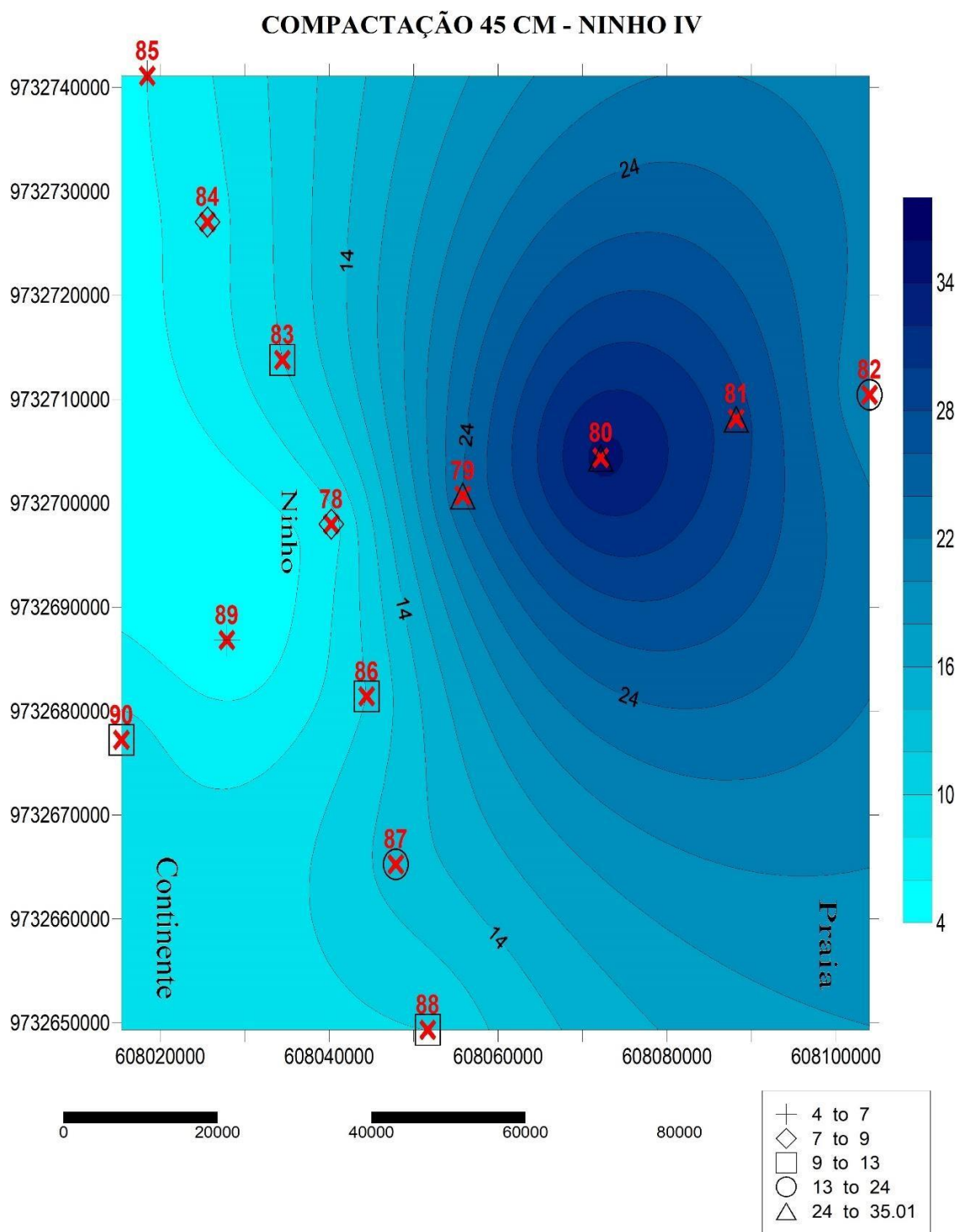


Figura 45 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho IV (Escala em n° de golpes).



4.1.2.5 Ninho V

A localidade do Ninho V exibe um padrão de compactação diferente de todos os demais ninhos analisados. Aqui o gradiente de compactação é também transversal a linha de costa, porém à amplificação da compactação nas camadas superficiais se dá em direção do continente. Em virtude dessa área de nidificação estar situada próxima a um quiosque de praia, nas adjacências dos pontos 92 (Ninho V), 95 e 96, na camada superficial do sedimento (0 a 15 cm) o gradiente de compactação (Figura 46) apresentou-se maior nestes pontos, uma vez que a região apresenta uma canalização de drenagem pluvial, umedecendo o sedimento ao entorno, que se torna mais coeso, dificultando a penetração do amostrador. Na camada intermediária (15 a 30 cm) do sedimento (Figura 47), pode-se observar que a compactação se amplificou no ponto 95, exatamente onde se localiza a drenagem, sendo necessário 27 golpes do peso batente para a ponteira adentrar 30 cm do sedimento. Em contrapartida, na camada inferior do sedimento (30 a 45 cm) (Figura 48) pode-se observar uma mudança brusca no gradiente de compactação, na qual a lateral esquerda do ninho (pontos 95 e 96) e a região do bar encontram-se bem compactas, evidenciando que, no momento de deposição desta camada, os grãos dessa região foram transportados pela ação hidrodinâmica, correspondendo ao setor praial e, em contrapartida, os pontos de baixa compactação ao seu entorno foram transportados pela ação dos ventos, correspondendo ao setor eólico.

No geral, o Ninho V (ponto 92) apresentou-se ligeiramente compacto, em relação aos demais ninhos do estudo, sendo necessário 8, 18 e 48 golpes do peso batente para a ponteira adentrar 15, 30 e 45 cm no sedimento. Nas camadas intermediárias e inferiores o gradiente de compactação exibe um comportamento longitudinal à linha de costa, evidenciando a presença da drenagem pluvial que intercepta esta área de nidificação.

Figura 46 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica superficial (0 a 15 cm) do Ninho V (Escala em n° de golpes).

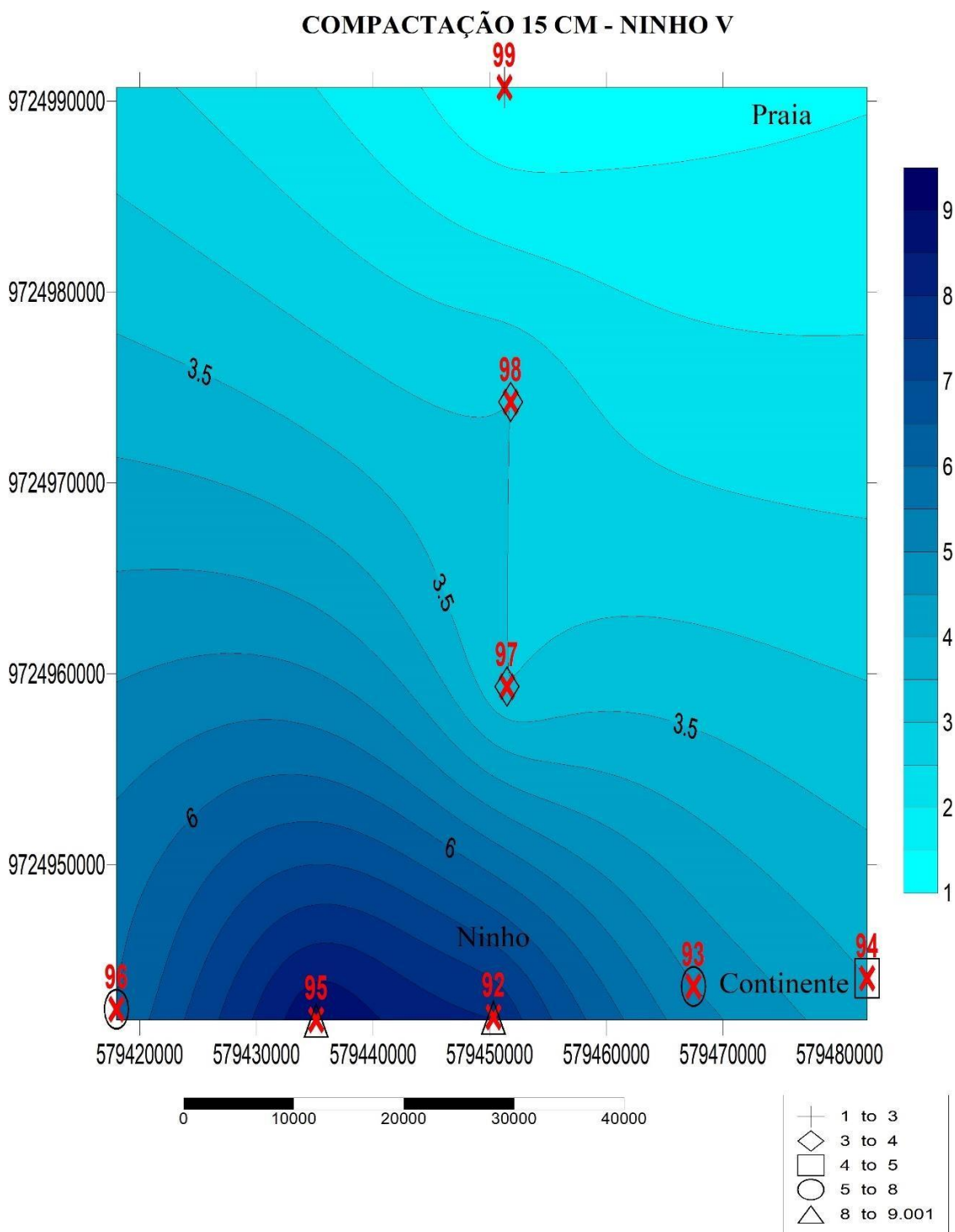


Figura 47 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica intermediária (15 a 30 cm) do Ninho V (Escala em n° de golpes).

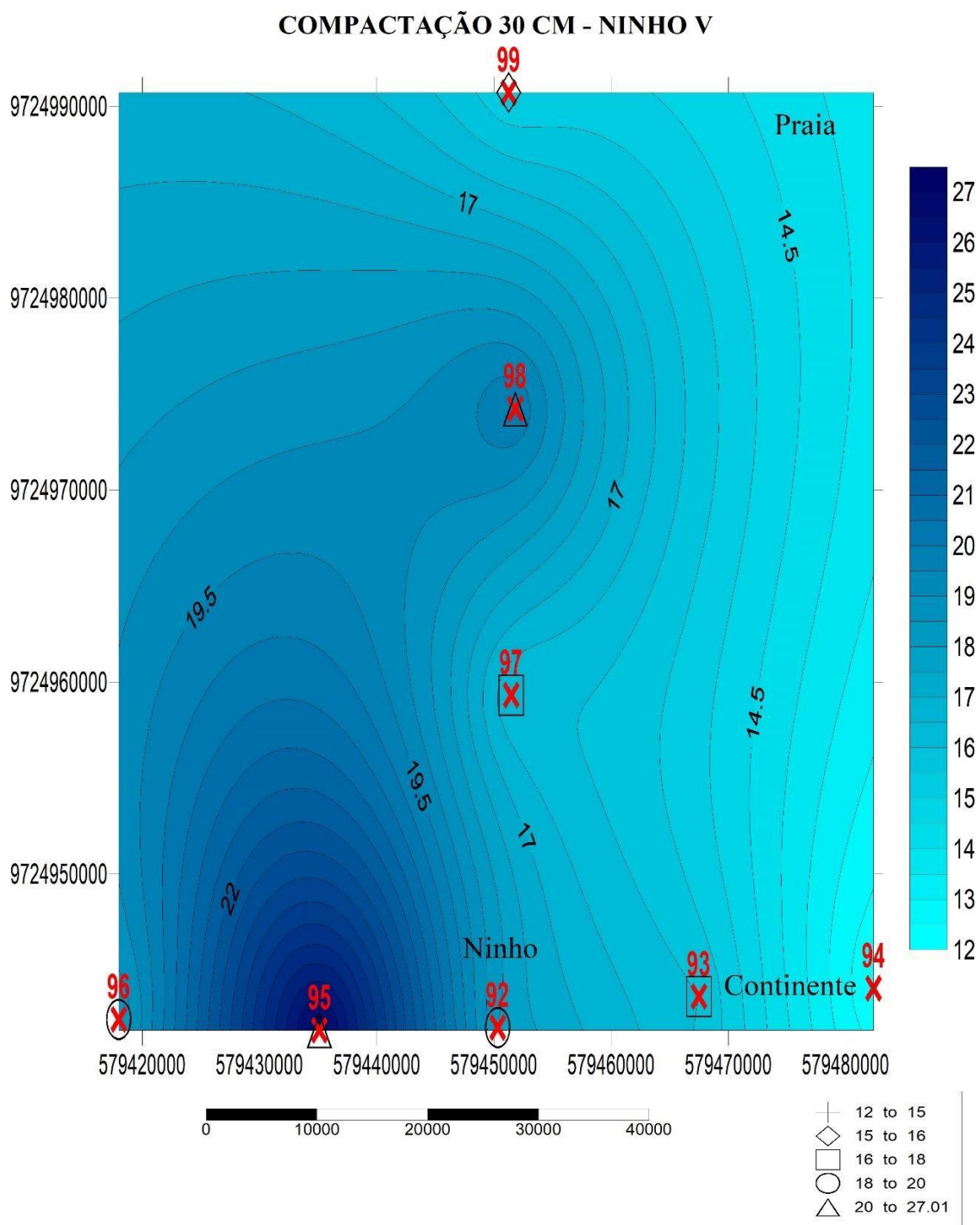
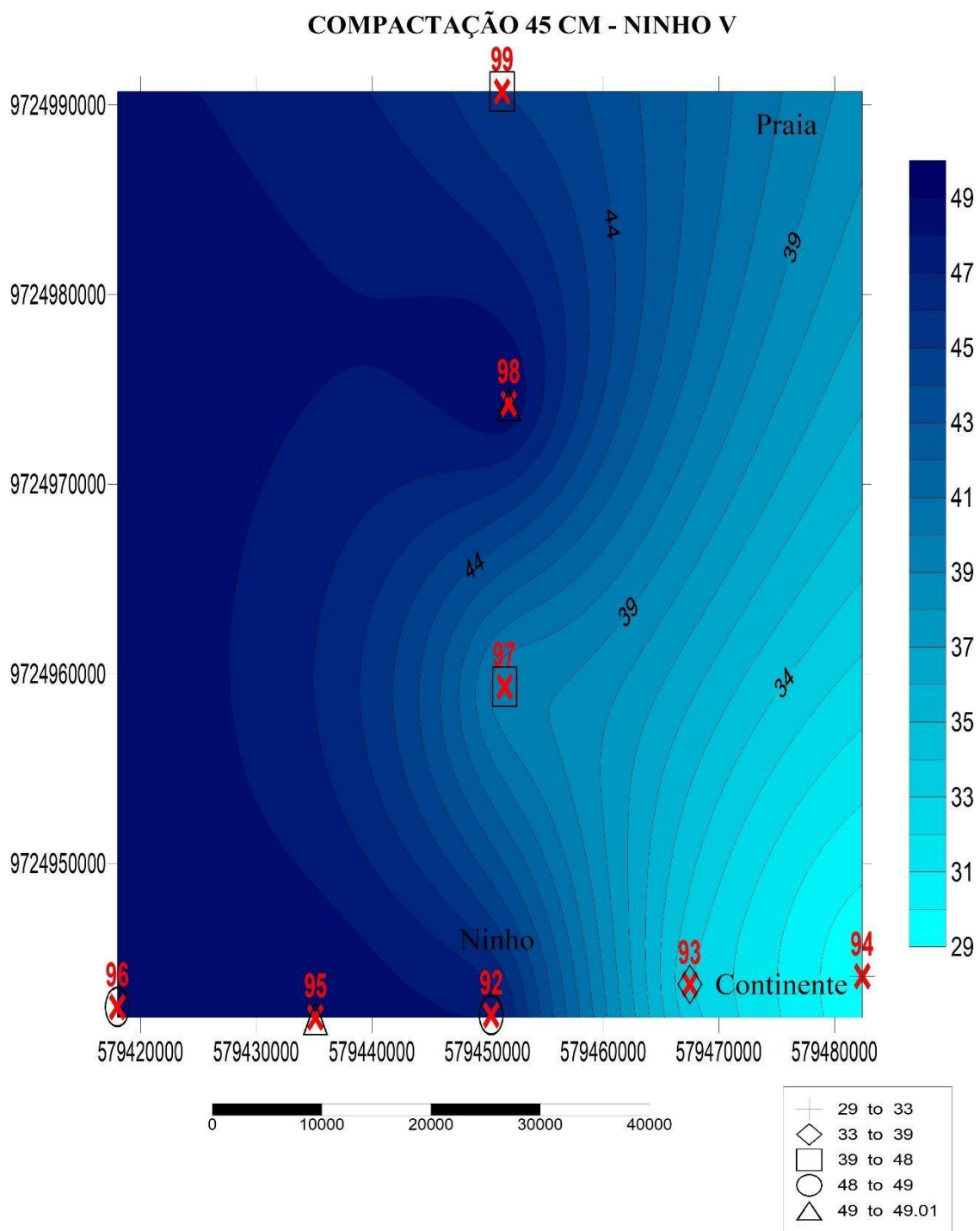


Figura 48 - Mapa de contorno da compactação sedimentológica inferior (30 a 45 cm) do Ninho V (Escala em n° de golpes).



4.1.3. Permeabilidade Sedimentar

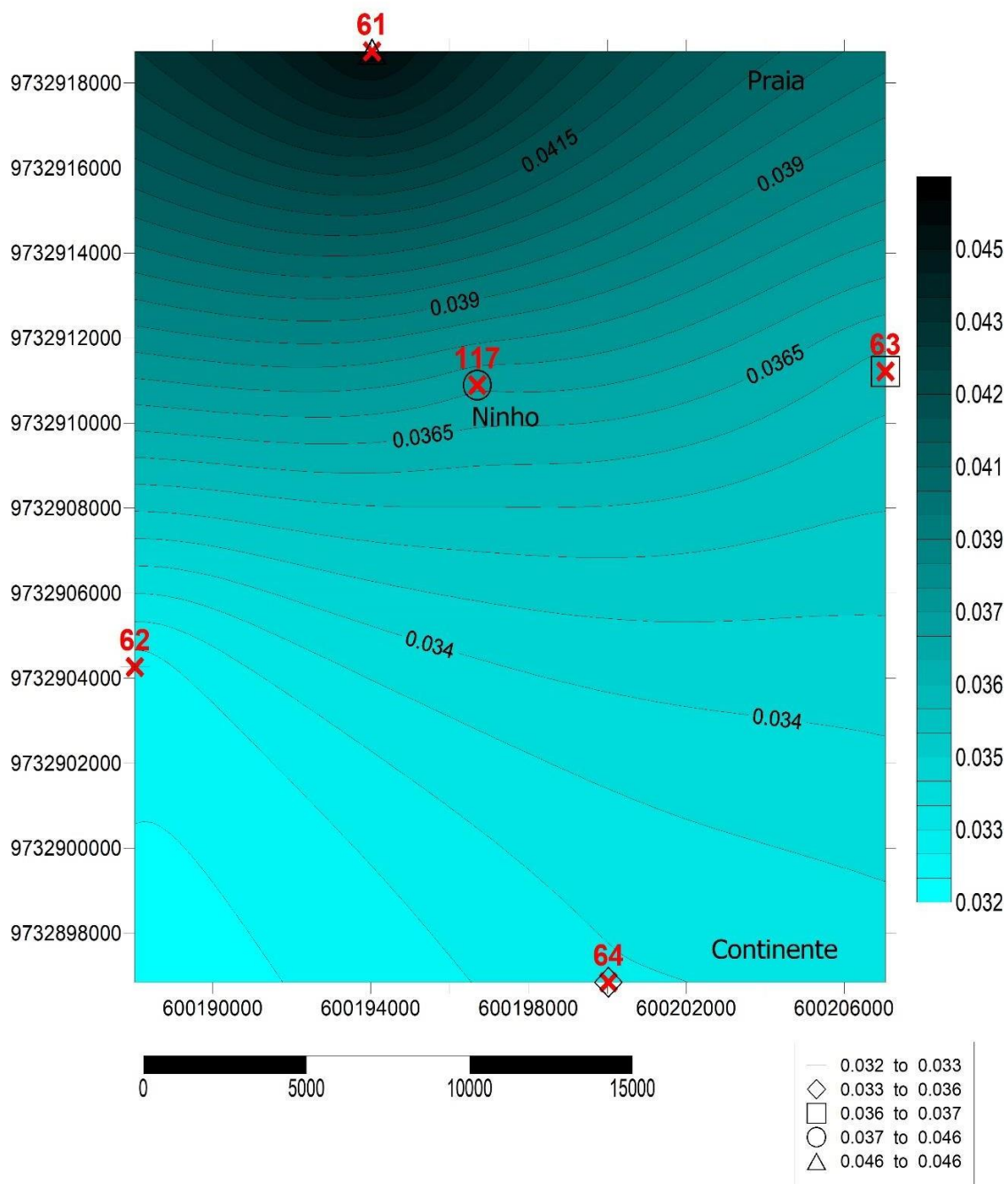
A penetração de água no sedimento de praias arenosas depende, dentre outros fatores, da permeabilidade do substrato, características granulométricas do sedimento e da profundidade do lençol freático (Hayes & Michel, 1999). Sendo assim, o coeficiente de permeabilidade leva em consideração as características do meio, tais como tamanho e distribuição das partículas, porosidade, forma e arranjo das mesmas, além da viscosidade do fluido de escoamento (Selley, 1998). Além desses, dentre outros fatores que podem vir a influenciar na permeabilidade, destaca-se o índice de vazios (empacotamento sedimentar), temperatura, estrutura do solo, grau de saturação e estratificação do terreno.

4.1.3.1 Ninho I

A permeabilidade na localidade do Ninho I apresenta um gradiente transversal à linha de costa (Figura 49) mais elevado no ponto 61 (setor praiial), e diminuí em direção ao pós-praia (setor eólico), semelhante ao gradiente de compactação na camada superficial (0 a 15 cm). O ninho I (ponto 117) mostrou-se com coeficiente de permeabilidade (K) expresso em 0,037 cm/s.

Figura 49 - Mapa de contorno da permeabilidade sedimentológica do Ninho I (Escala em Darcy (k)).

Permeabilidade - Ninho I

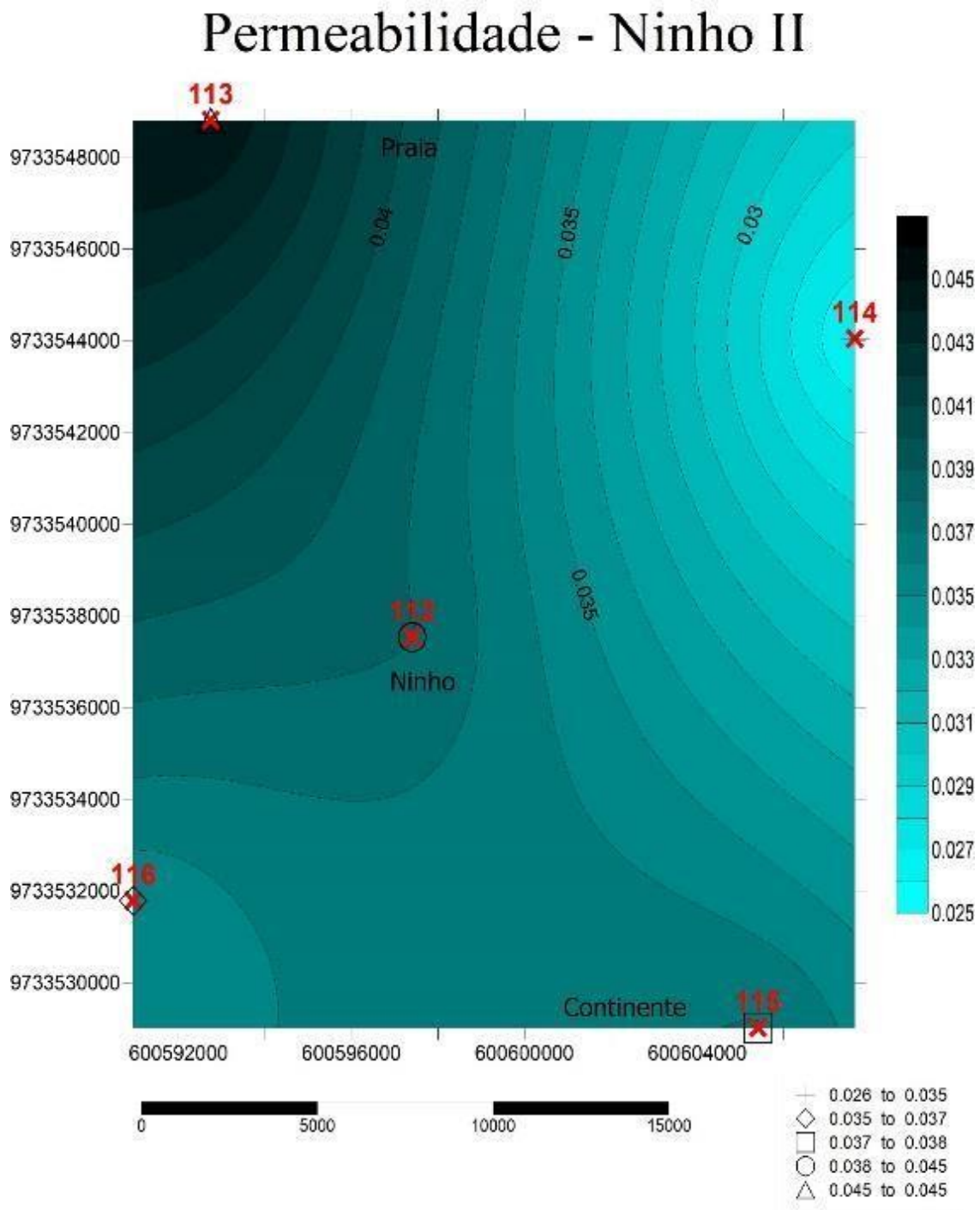


4.1.3.2 Ninho II

Através do mapa de contorno do coeficiente de permeabilidade dessa região (Figura 50) foi possível observar que o gradiente ocorre de forma longitudinal à linha de costa e que os maiores coeficientes encontram-se próximos ponto 113 (setor praiial), em decorrência do sedimento estar saturado pela sua proximidade com a água do mar, facilitando a passagem do fluido neste ponto devido à AUMENTO de sua capilaridade. Além disso, a presença de raízes e partículas com tamanhos distintos criam uma maior quantidade de canais de fluxo, o que torna a permeabilidade média mais elevada nessa região.

No entanto, o ponto 114 apresentou menor coeficiente de permeabilidade em relação aos demais pontos por estar situado em uma região mais compacta, dificultando a percolação da água. O Ninho II (ponto 112) apresentou um coeficiente de permeabilidade de $K = 0,038 \text{ cm/s}$.

Figura 50 - Mapa de contorno da permeabilidade sedimentológica do Ninho II (Escala em Darcy (k)).



4.1.3.3 Ninho III

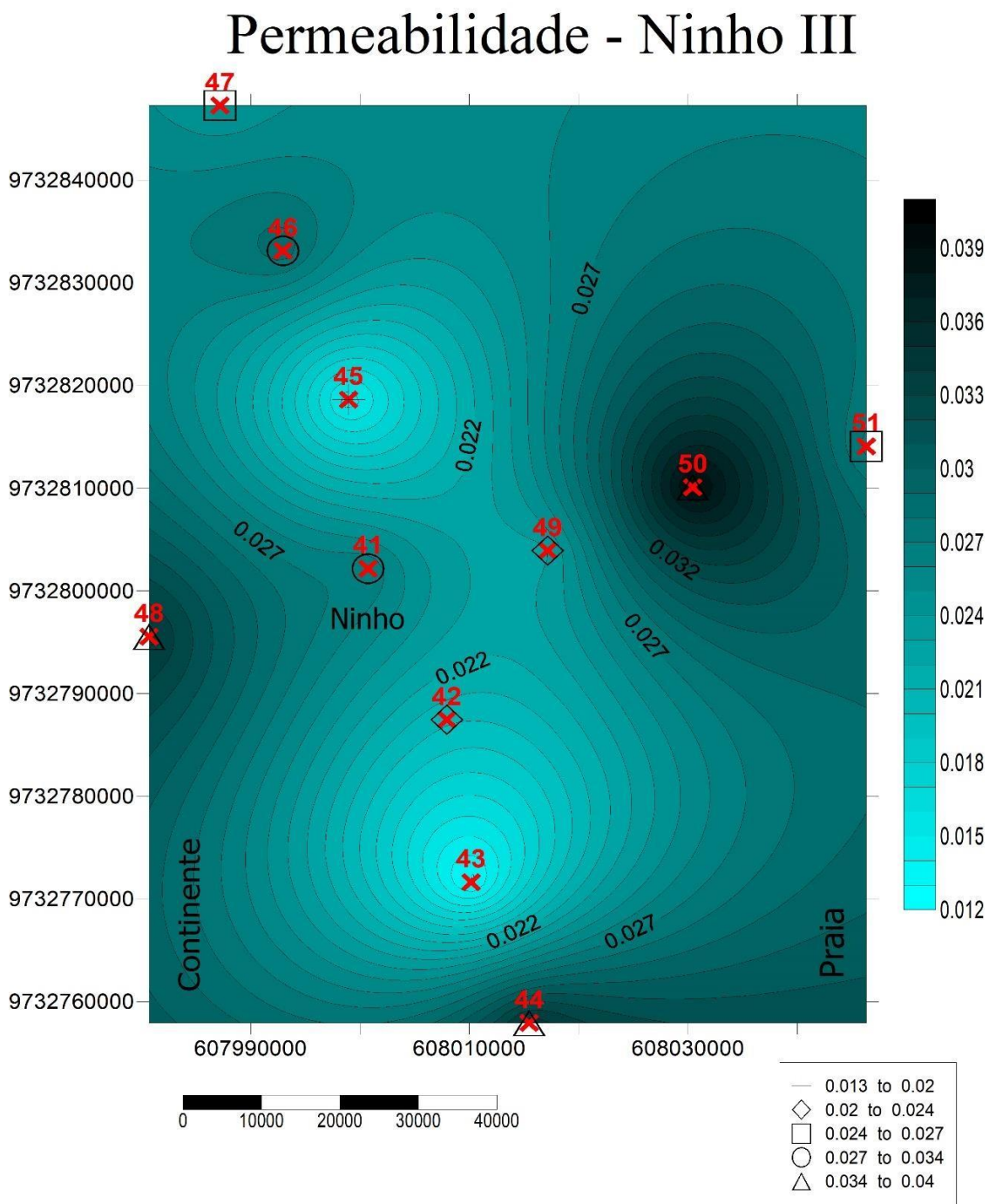
O coeficiente de permeabilidade dessa região de nidificação foi bastante variável (Figura 51), sendo mais elevado no setor praias, em decorrência destes pontos estarem situados em uma região de intermarés que, por sua vez, faz com que o solo se torne mais saturado nessa região, aumentando a capilaridade do sedimento e, assim, facilitando a percolação do fluido.

Como mencionado na metodologia, ocorreu uma chuva no dia anterior à amostragem, formando poças na região traseira do ninho, no ponto 48, e na lateral direita do ninho, próxima ao ponto 46, resultando em um coeficiente de permeabilidade (K) alto nessas regiões em decorrência **da saturação** do solo, que facilitou a percolação da água nestes respectivos pontos.

Os pontos 42, 43 e 45 estão situados sobre os leques de transposição reocupados por sedimentos eólicos. O sedimento dessa região encontrava-se, no momento de aferição, ligeiramente umedecido pela chuva e, portanto, não estava totalmente saturado, pois não houve formação de poça (como nos pontos 46 e 48). Assim, os grãos ficaram mais coesos e com índice de vazios reduzidos (empacotamento tipo romboédrico), dificultando a percolação da água. Além disso, pode-se observar que no ponto 44, localizado na base de uma duna embrionária, a permeabilidade aumentou, uma vez que nessas feições o transporte eólico é predominante, onde os grãos possuem empacotamento sedimentar do tipo cúbico, que resulta em menor resistência à percolação da água, aumentando, desta forma, sua permeabilidade.

O Ninho III (ponto 41) apresentou permeabilidade com K expresso em 0,027 cm/s.

Figura 51 - Mapa de contorno da permeabilidade sedimentológica do Ninho III (Escala em Darcy (k)).



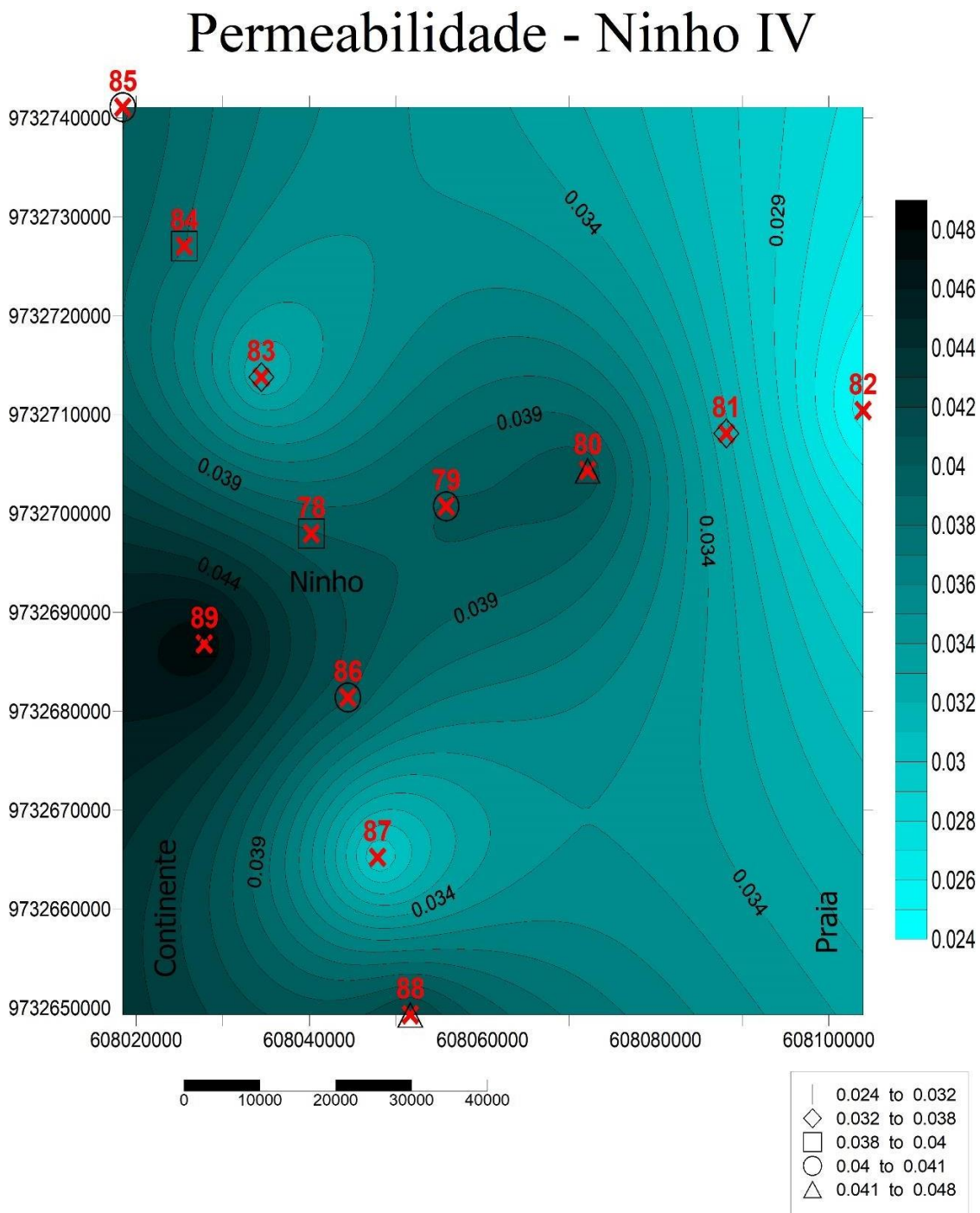
4.1.3.4 Ninho IV

O coeficiente de permeabilidade dessa região de nidificação (Figura 52) foi menor no ponto 82, na área adjacente ao mar, em decorrência dos grãos nesse setor (praial) apresentarem maior compactação sedimentar, expressa nas profundidades de 15 e 30 cm do sedimento, dificultando a percolação da água pelo mesmo, visto que no momento da coleta a maré se encontrava baixa, com solo pouco saturado.

Nas laterais do ninho, os pontos 83, 84, 86 e 87 estão situados em regiões interdunares com ocorrência de leques de transposição, os quais apresentam compactação mais elevada e, portanto, baixo coeficiente e permeabilidade em relação à área escura do mapa, representada pelos remanescentes de duna frontal, onde o transporte eólico sedimentar atua com maior intensidade, fazendo com que os grãos se arranjam de forma cúbica, facilitando a percolação da água no sedimento.

O Ninho IV (ponto 78) apresentou permeabilidade elevada, em relação aos demais pontos dessa amostragem, com coeficiente de permeabilidade (K) expresso em 0,040 cm/s.

Figura 52 - Mapa de contorno da permeabilidade sedimentologica do Ninho IV (Escala em Darcy (k)).



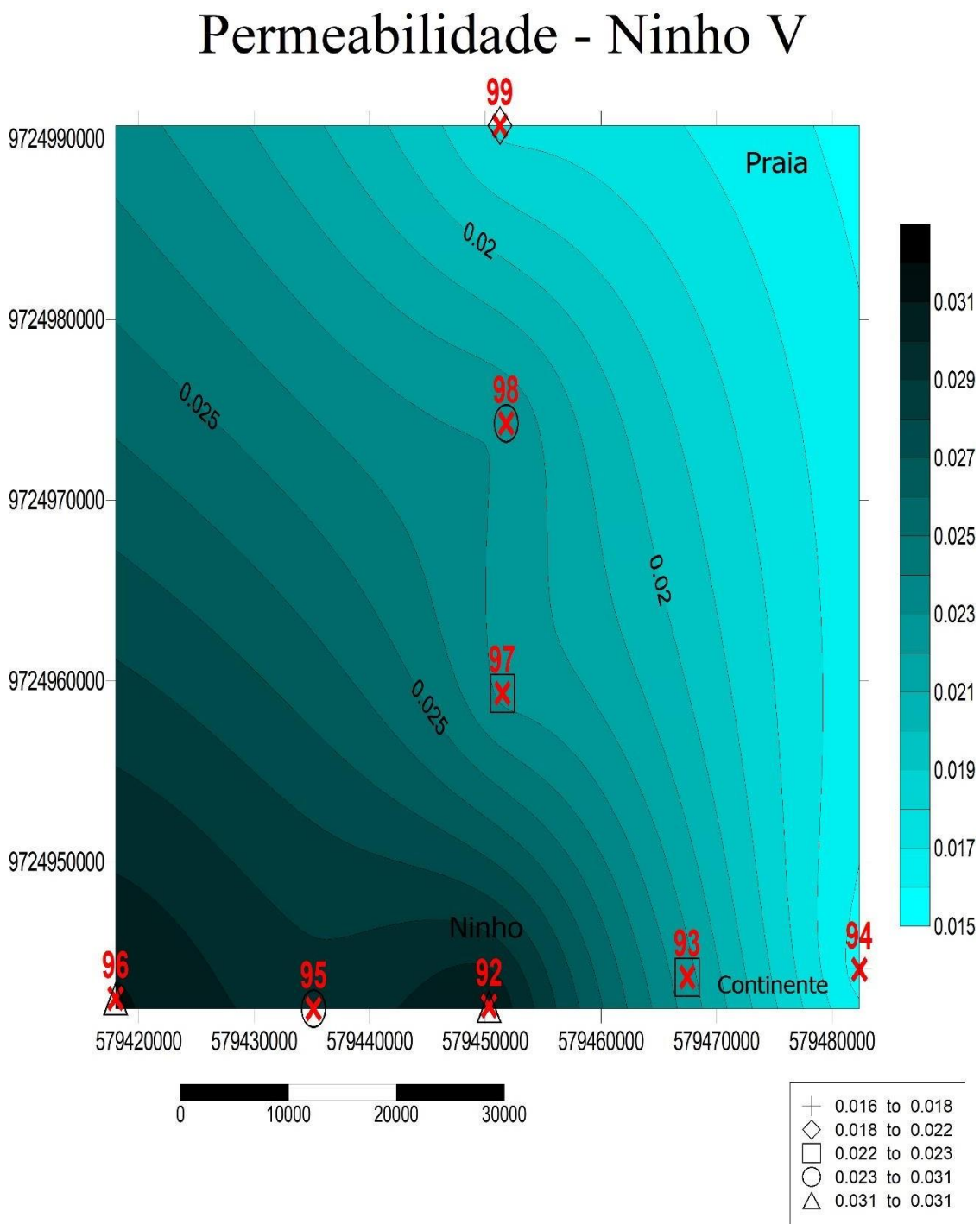
4.1.3.5 Ninho V

O coeficiente de permeabilidade dessa área de nidificação (Figura 53) foi maior na área escura do mapa, nas adjacências de um quiosque, cujo apresenta uma canalização de drenagem pluvial, como mencionado anteriormente, onde coincidem os pontos 92 (desova), 95 e 96, em virtude de o sedimento nessa área estar saturado, uma vez que a percolação do efluente é constante. O maior coeficiente de permeabilidade correspondeu aos pontos 92 (Ninho V) e 96, com $K = 0,031$ cm/s, cada.

As regiões com coeficientes menores compreendem as áreas mais afastadas da percolação do efluente (ponto 94 e 99), tendo em vista que o ponto 99, apesar de estar situado no setor praial, apresentou baixa permeabilidade em virtude da maré estar baixa no momento da coleta e, portanto, o solo não encontrava-se saturado.

As regiões com coeficientes menores compreendem as áreas mais afastadas da percolação do efluente

Figura 53 - Mapa de contorno da permeabilidade sedimentológica do Ninho V (Escala em Darcy (k)).



4.1.4. Granulometria sedimentar

A distribuição sedimentar e sua granulometria dependem do clima, da proximidade da área fonte e da energia de ondas e correntes que irão moldá-los ao fundo, de acordo com os vários processos hidrodinâmicos (NITTROUER *et al.*, 2007). Tendo isso em vista, através da análise granulométrica é possível estabelecer, de forma quantitativa, a distribuição textural das partículas sedimentares (SUGUIO, 1973). Sendo assim, é possível caracterizar, classificar e correlacionar sedimentos de diferentes áreas através de tratamentos estatísticos. Desta forma, a caracterização dos sedimentos por meio da determinação da distribuição de tamanho dos grãos é fundamental para estudos de cunho geológico e biológico de um ambiente praiar (HARDISTY, 1990; MCLACHLAN, 1990).

Portanto, grande parte dos trabalhos de ecologia de praias utiliza a caracterização granulométrica como uma das principais variáveis abióticas que controlam as comunidades biológicas (BORZONE *ET AL.*, 1996; ALVES & PEZZUTO, 2009), podendo aplicar-se ao caso de desovas de tartarugas marinhas.

4.1.4.1 Ninho I

Através da análise granulométrica pode-se observar que essa área de nidificação apresentou uma média amostral variando entre 2,4 e 2,7 *phi*, classificada como areia fina. O grau e seleção variou entre 0,37 e 0,47 mostrando-se bem selecionado. A figura 54 representa a curva de frequência acumulada dos pontos amostrais da área de nidificação e a figura 55 representa o histograma da amostra coletada no Ninho I (ponto 117).

Figura 54 - Distribuição de frequência dos pontos amostrais no Ninho I.

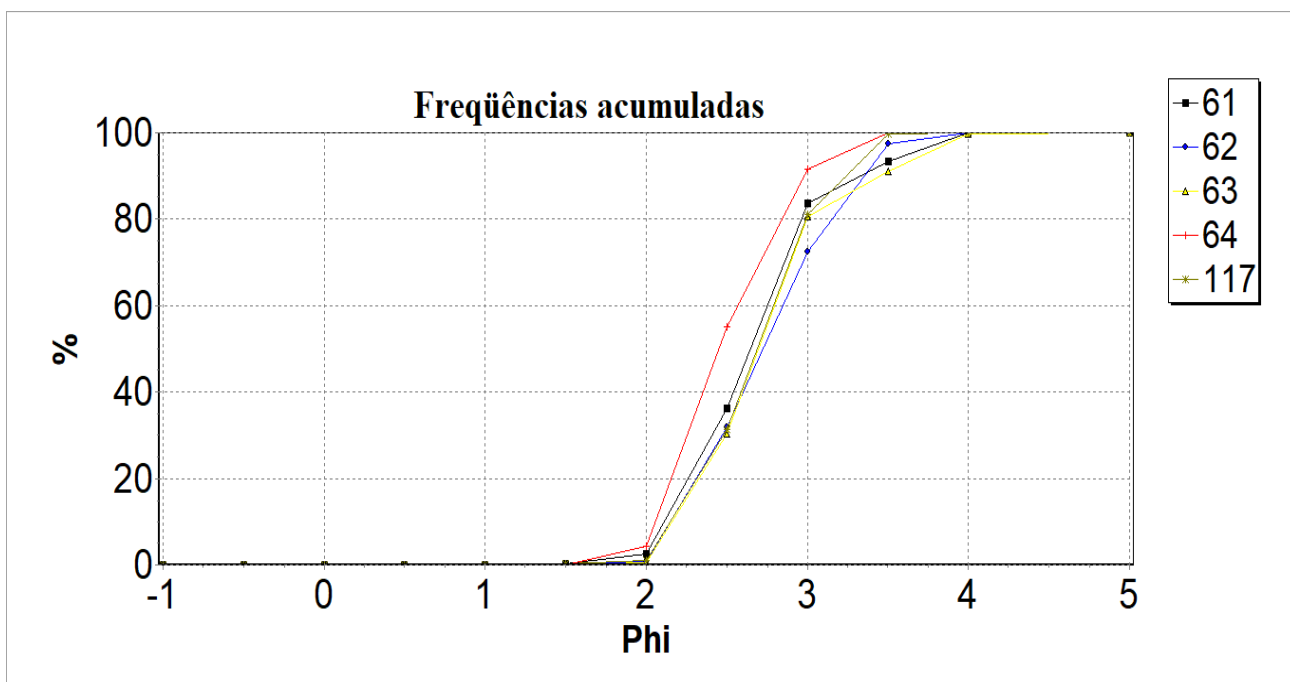
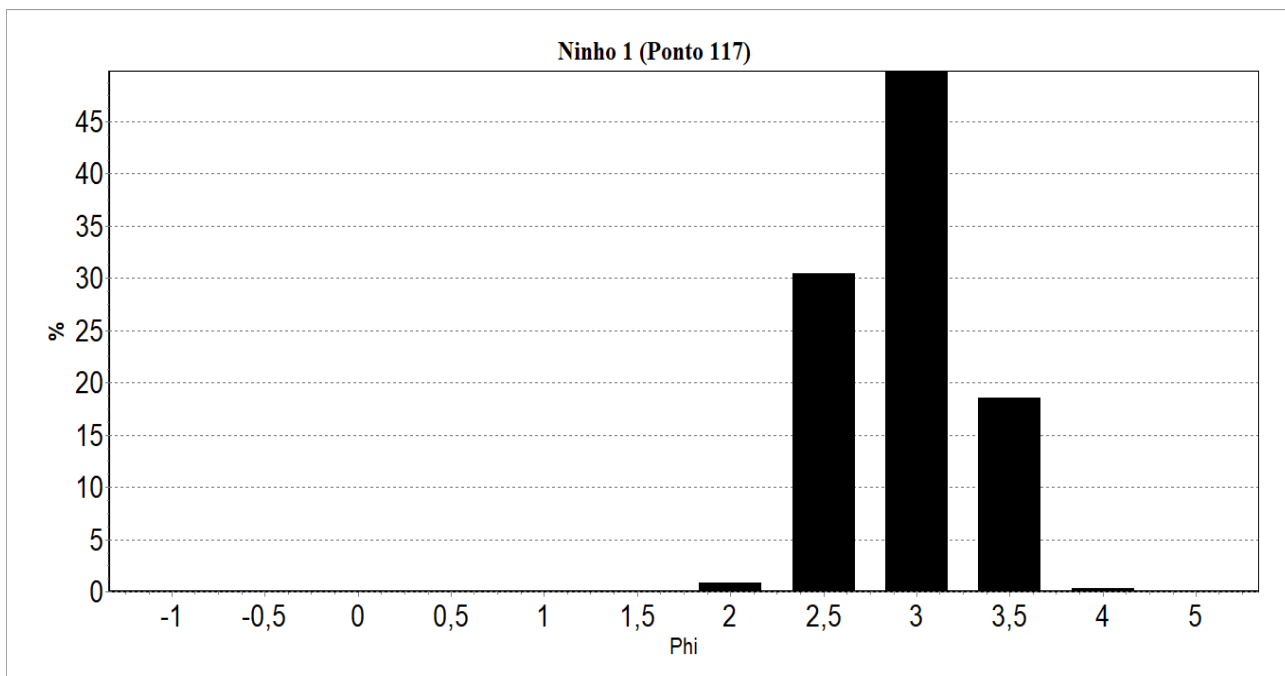


Figura 55 - Histograma de uma amostra superficial sobre o Ninho I.



Sendo assim, é possível observar que a moda da amostra coletada sobre o Ninho I encontra-se no phi 3. A figura 56 representa um mapa de contorno das médias

granulométricas coletadas na região de nidificação I, evidenciando que o ninho (ponto 117) apresenta média 2,6 phi, com uma granulometria mais grossa quando comparado às laterais ao seu entorno (pontos 62 e 63), podendo ser explicado como um ponto isolado, controlado pela dinâmica eólica. Da mesma forma, o parâmetro de seleção, quando plotado em um mapa de contorno (Figura 57), evidencia que o ninho (ponto 117) se aponta bem selecionado e as amostras localizadas no compartimento eólico se apresentam melhor selecionadas quando comparadas ao compartimento praial. Além disso, vale salientar que o ninho (ponto 117) apresenta um parâmetro de seleção melhor quando comparado à antepraia comparado à antepraia, indicando tratar-se de uma localidade regulada pela dinâmica eólica.

Figura 56 - Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação I.

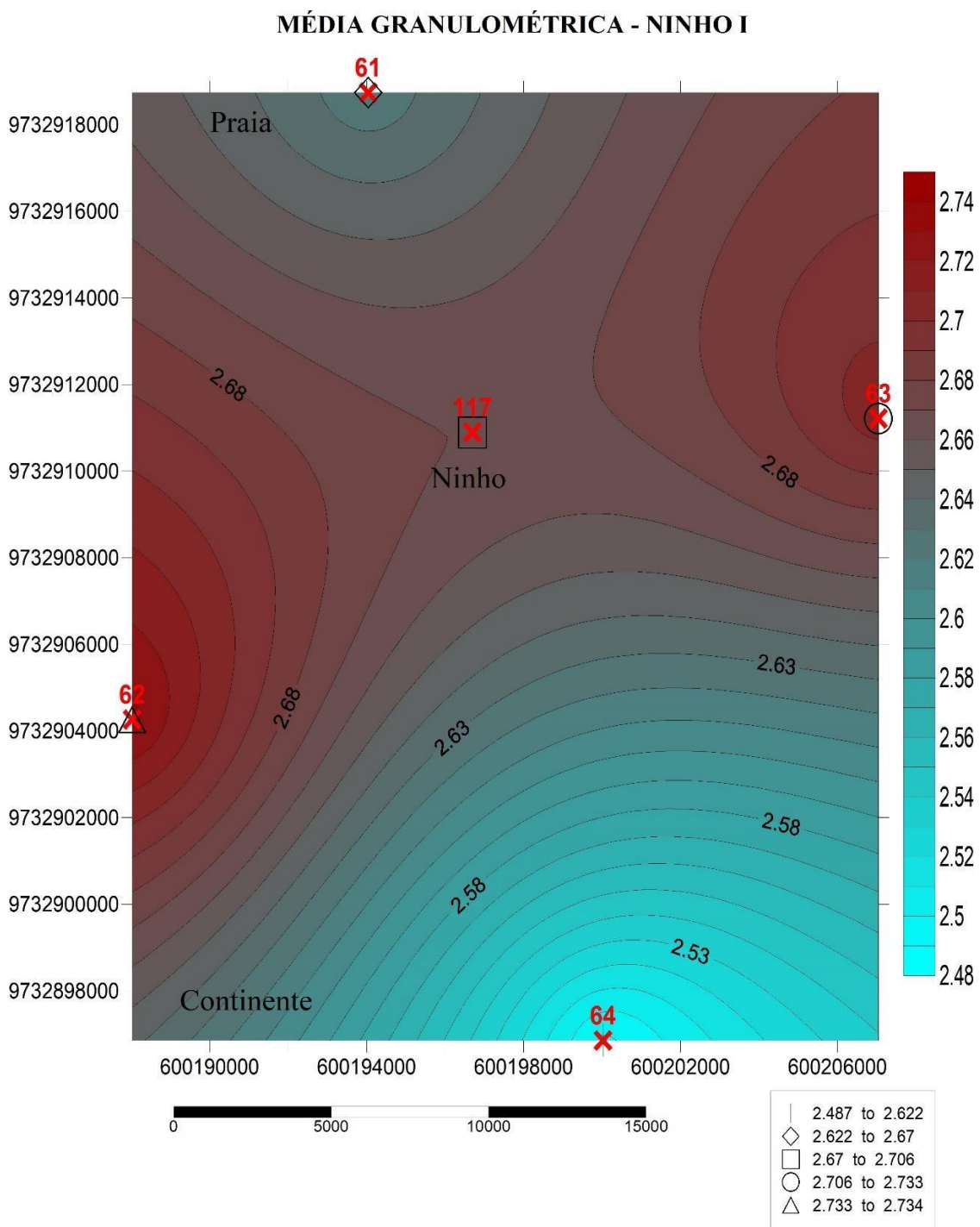
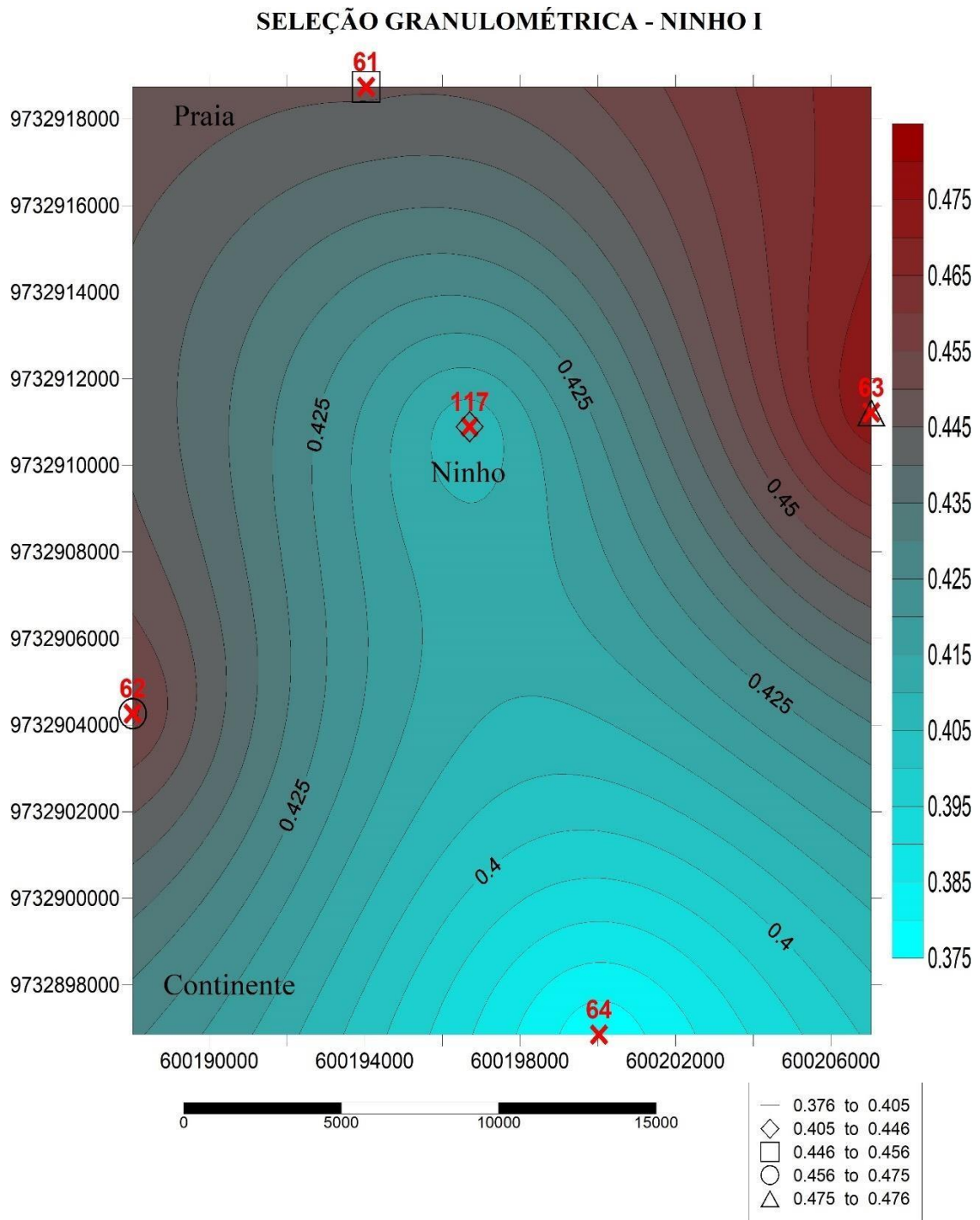


Figura 57 - Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação I.



4.1.4.2 Ninho II

Através da análise granulométrica pode-se observar que essa área de nidificação apresentou uma média amostral variando entre 2,5 e 2,9 ϕ , classificada como areia fina. O grau de seleção variou entre muito bem, bem e moderadamente selecionados (0,34 a 0,69). A figura 58 representa a curva de frequência acumulada dos pontos amostrais da área de nidificação e a figura 59 representa o histograma da amostra coletada no Ninho II (ponto 111).

Figura 58 - Distribuição de Frequência dos pontos amostrais do Ninho II.

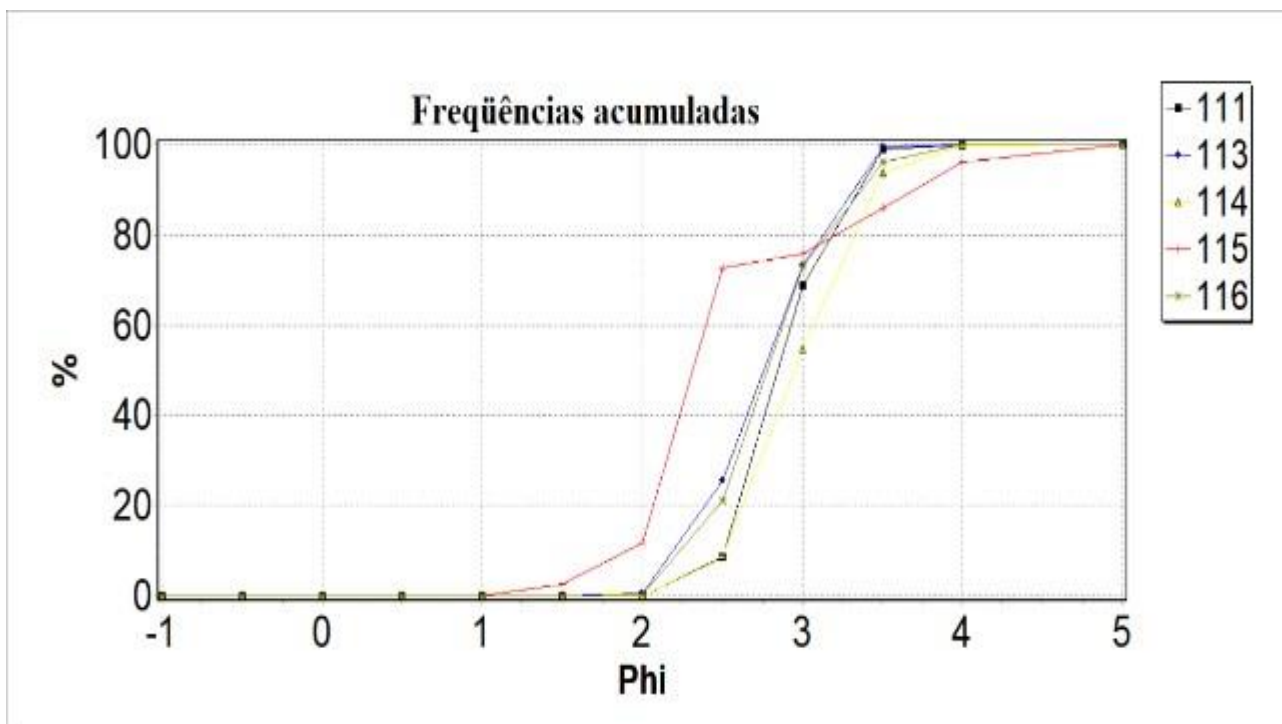
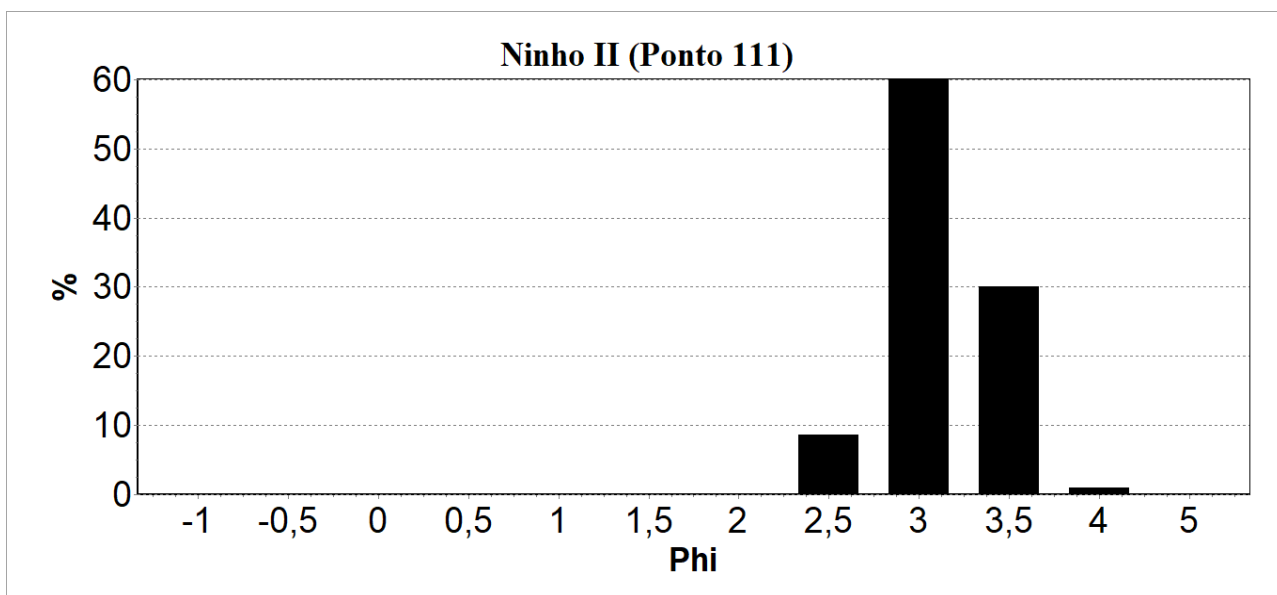


Figura 59 - Histograma do Ninho II.



Tendo isso em vista, é possível observar que o *phi* 3 representa a moda granulométrica, seguidas pelo *phi* 3,5 e 2,5, respectivamente. A figura 60 representa um mapa de contorno das médias granulométricas coletadas na região de nidificação, evidenciando que a lateral esquerda do ninho (ponto 114) e sobre o ninho (ponto 111) apresentam maiores valores de *phi* e, conseqüentemente, grãos menores, bem e muito bem selecionados, respectivamente, como demonstra a figura 61. A região posterior do ninho (ponto 115), situada próxima à duna frontal, apresenta grãos maiores, como observa-se na figura 58 (distribuição de frequências), moderadamente selecionados (0,69), indicando que compartimento eólico se mostra pouco selecionado em relação ao compartimento praial.

Figura 60 - Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação II.

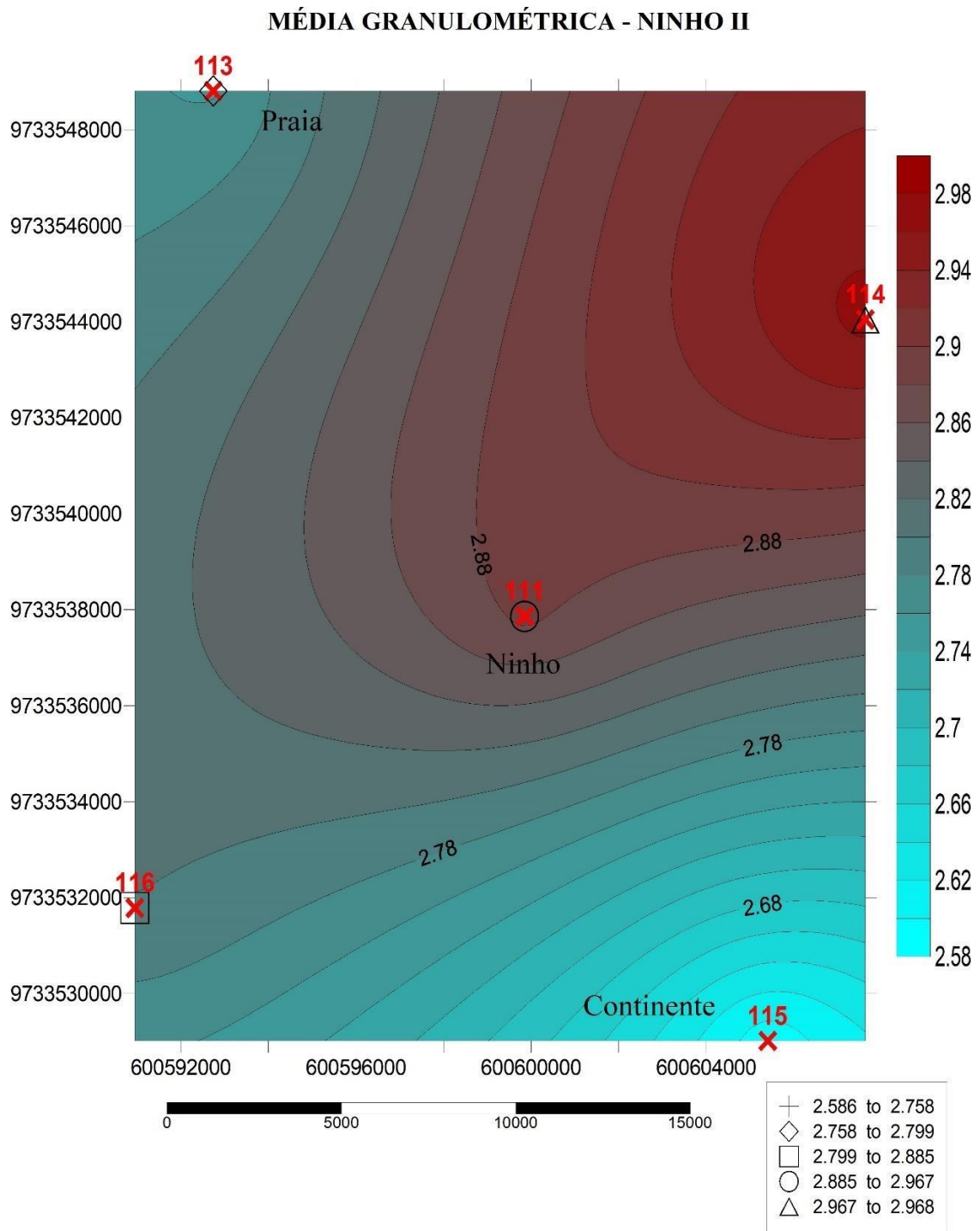
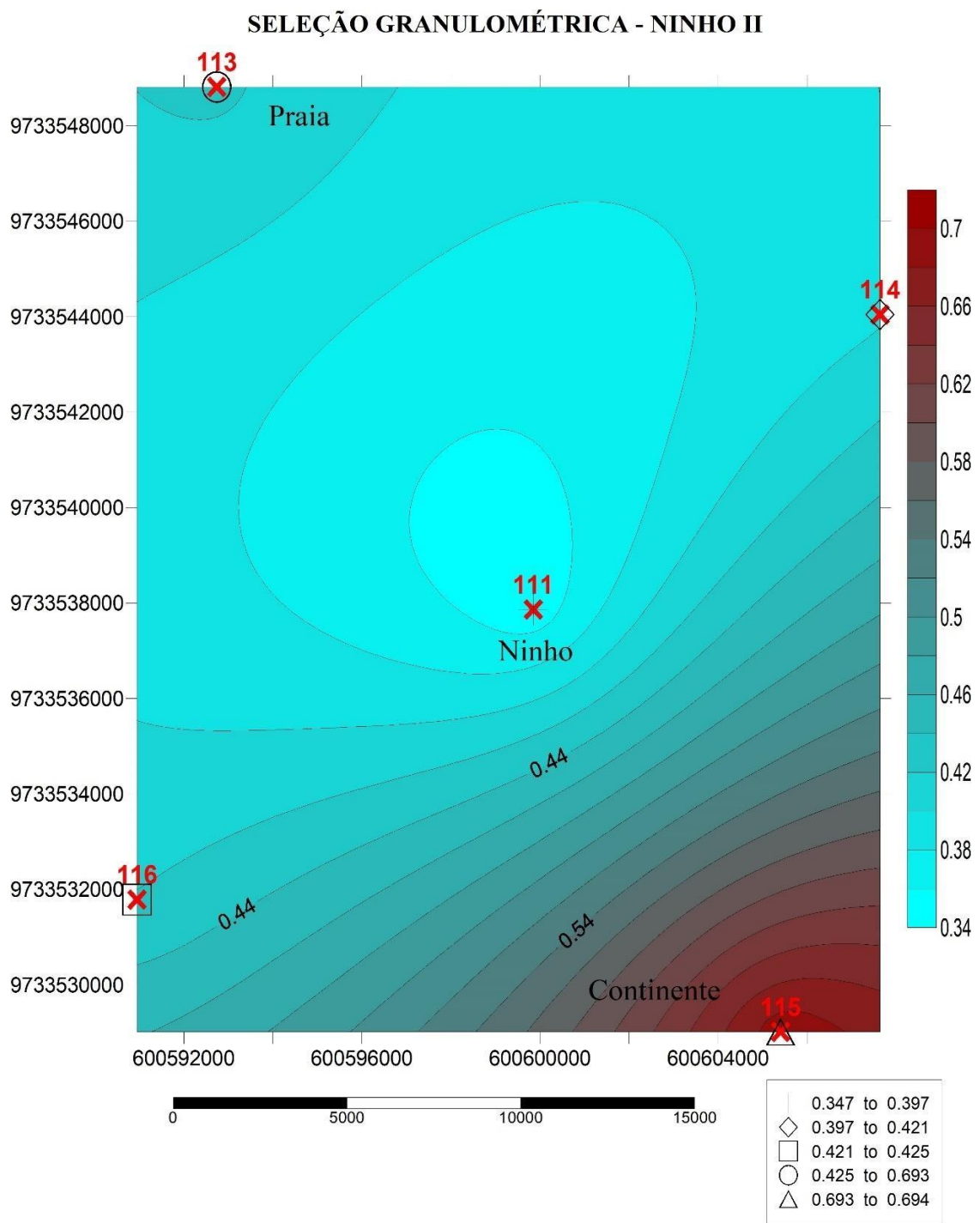


Figura 61 - Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação II.



4.1.4.3 Ninho III

Através da análise granulométrica pode-se observar que essa área de nidificação apresentou uma média amostral variando entre 2,5 a 2,9 ϕ , classificada como areia fina. O grau de seleção variou entre bem e moderadamente selecionados (0,35 a 0,67). A figura 62 representa a curva de frequência acumulada dos pontos amostrais da área de nidificação e a figura 63 representa o histograma da amostra coletada no Ninho III (ponto 104).

Figura 62 - Distribuição de frequência dos pontos amostrais do Ninho III.

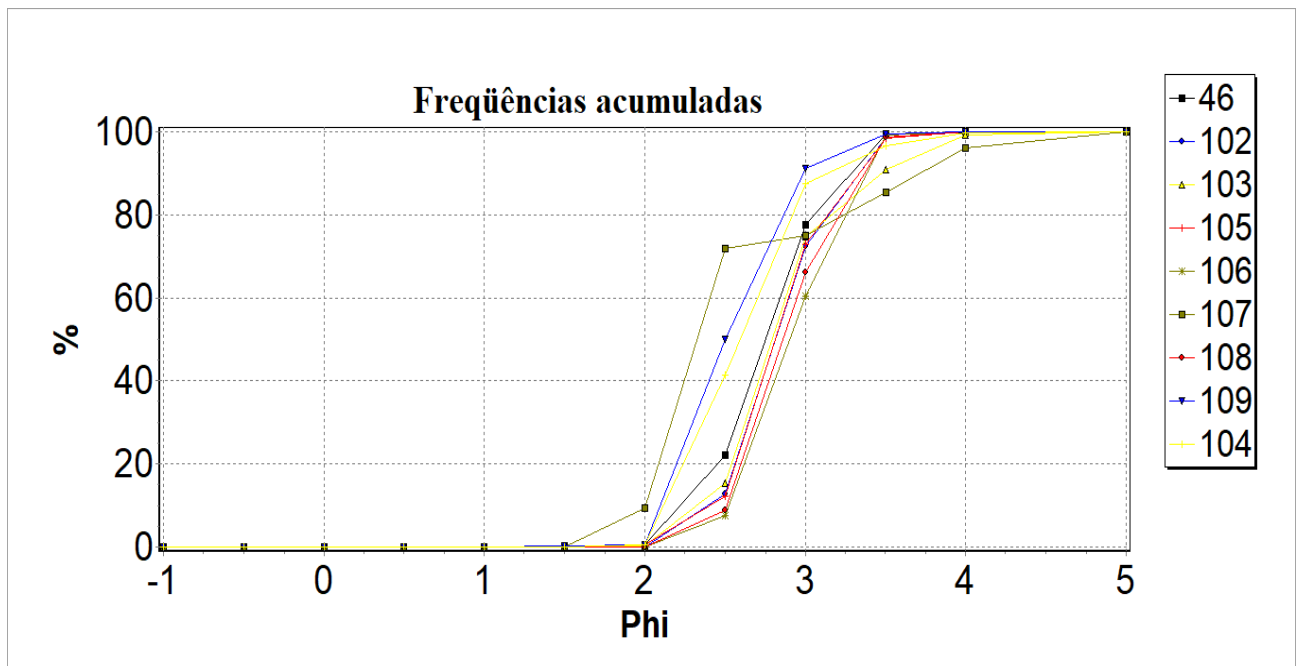
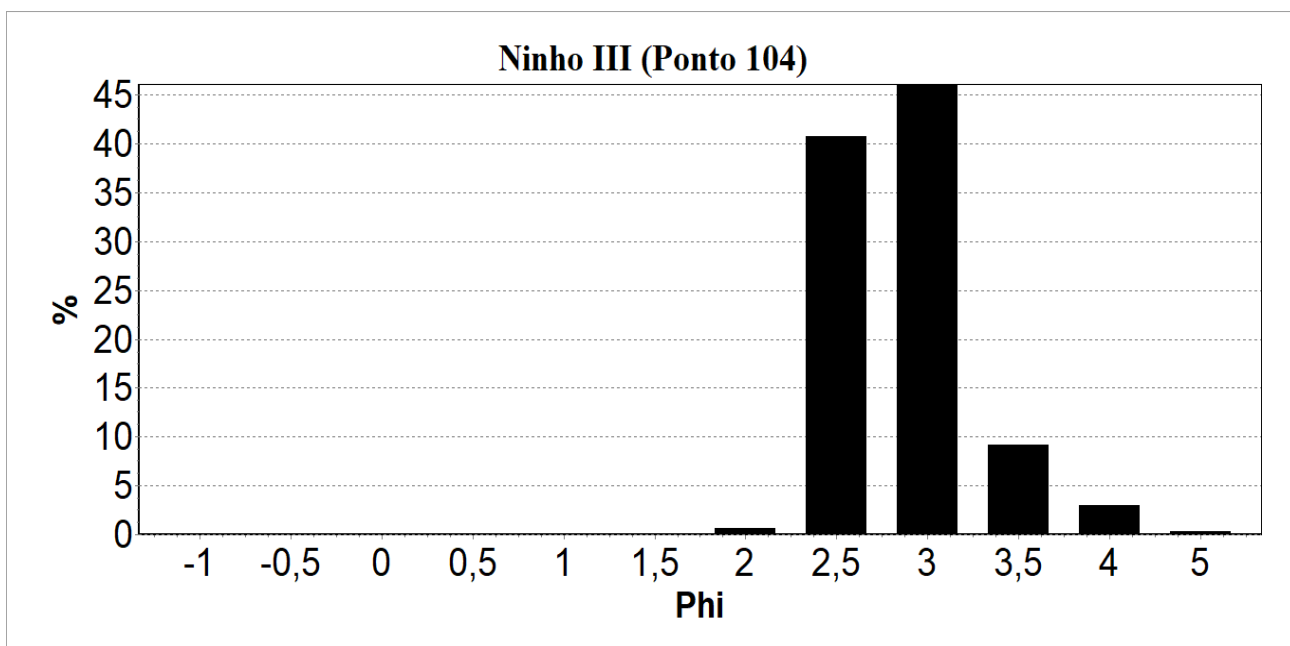


Figura 63 - Histograma do Ninho III.



Tendo isso em vista, é possível observar que a moda da amostra coletada sobre o Ninho III encontra-se no *phi* 3, seguidas pelo *phi* 2,5 e 3,5, respectivamente. A figura 64 representa um mapa das médias granulométricas coletadas na região de nidificação, evidenciando que o ninho apresenta granulometria mais grossa por encontrar-se sobre o compartimento eólico, bem como amostras melhores selecionadas, como mostra a figura 65. O contrário ocorre no ponto 107, localizado muito próximo a praia, na região de meso-maré, apresentando uma granulometria mais fina e pior parâmetro de seleção, quando comparado ao ponto de nidificação. De forma geral, os pontos ao entorno do Ninho III possuem maiores médias e, conseqüentemente grãos menores.

Figura 64 - Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação III.

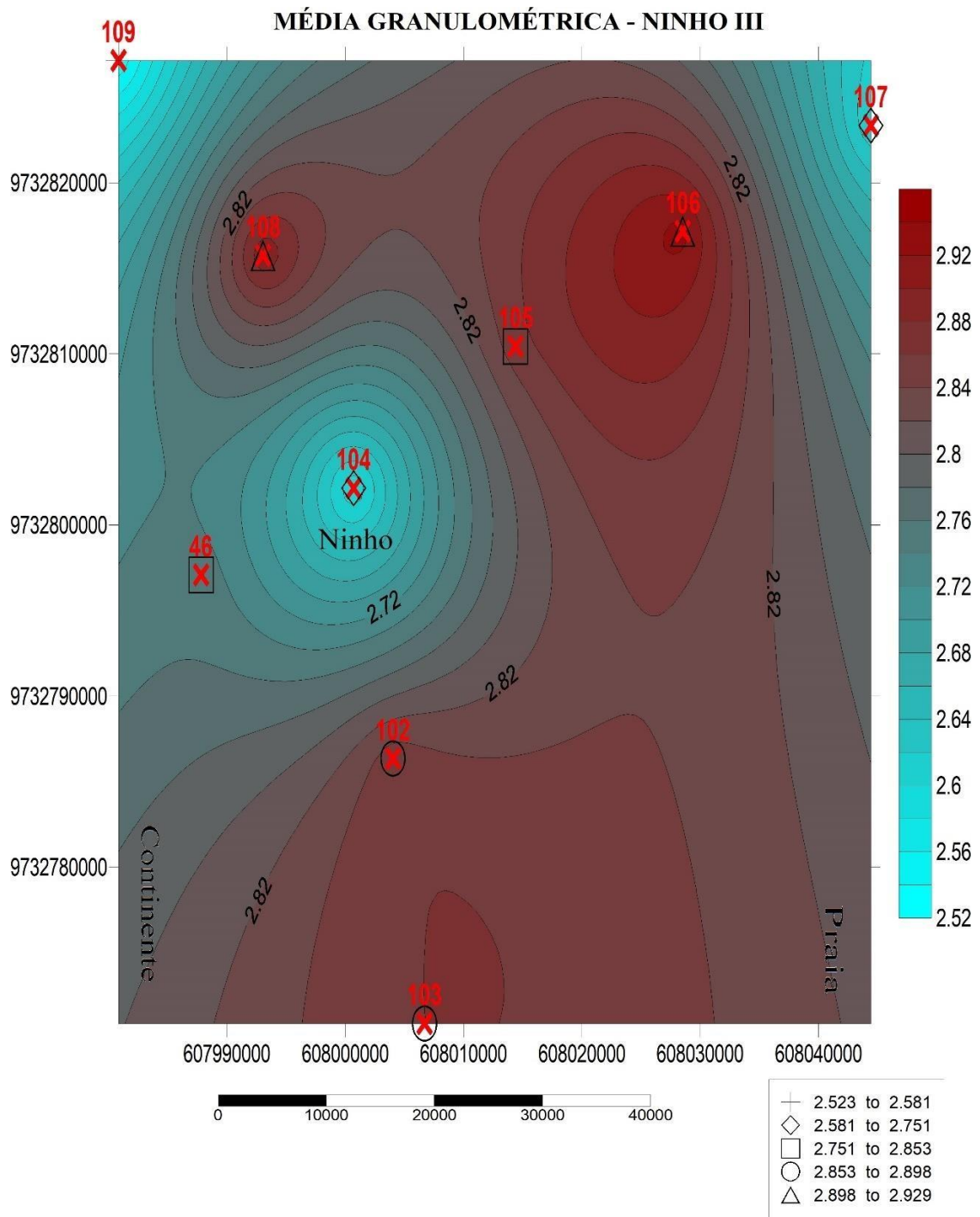


Figura 65 - Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação III.

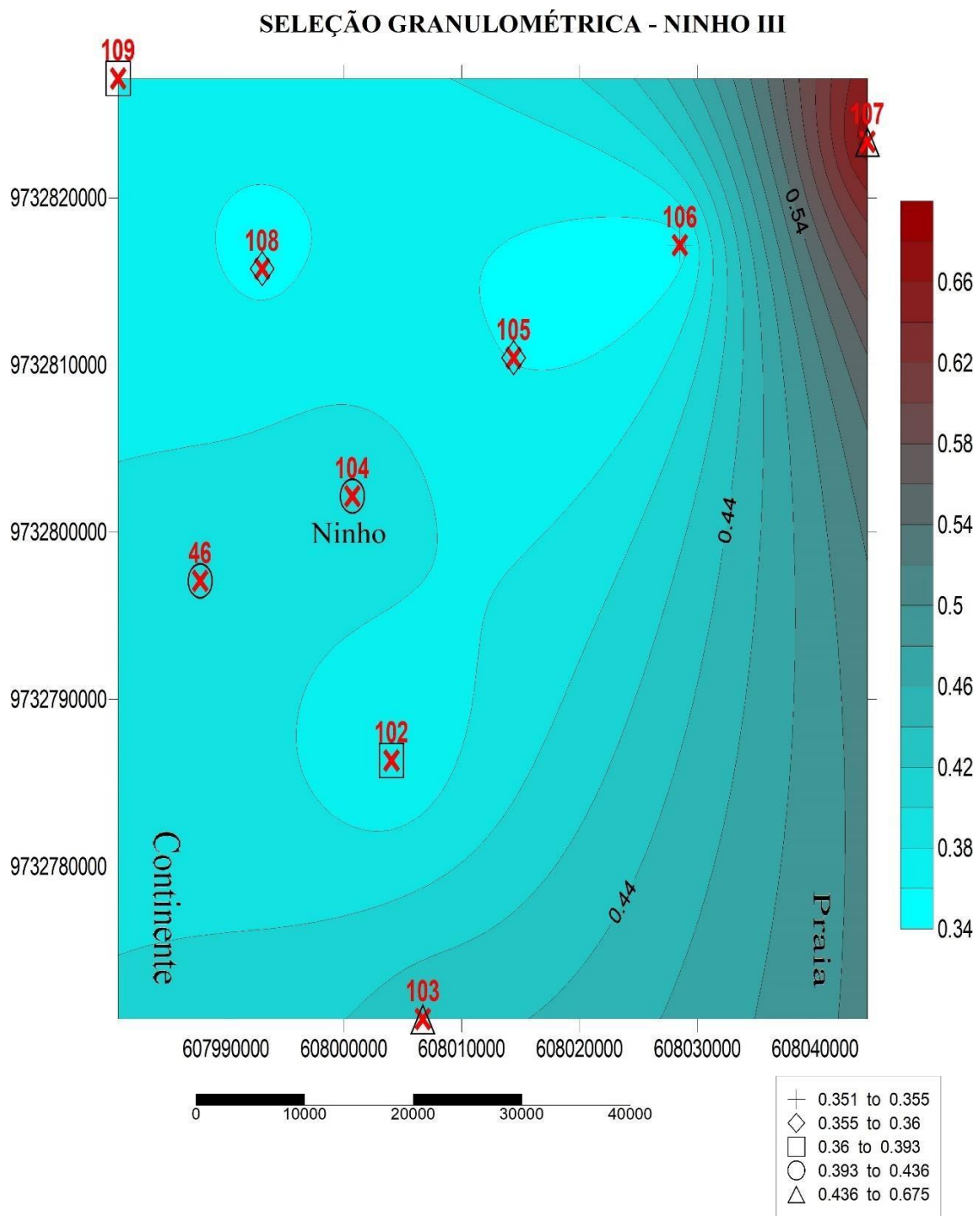
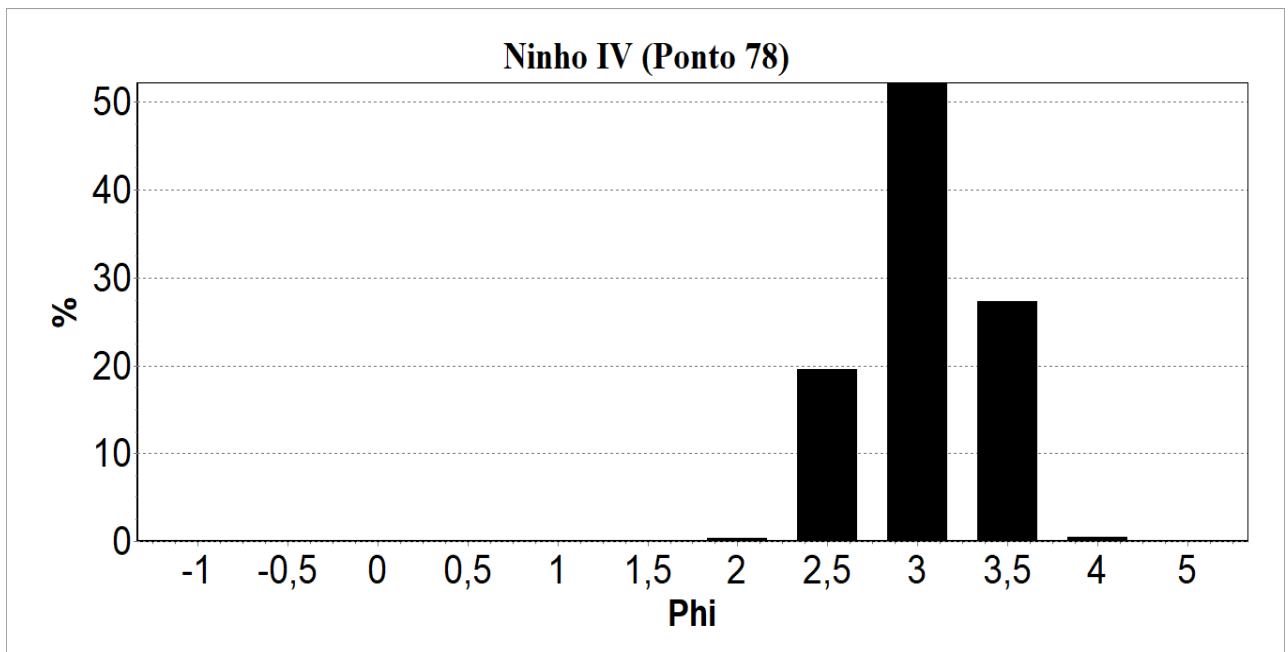


Figura 67 - Histograma do Ninho IV.



Tendo isso em vista, observa-se que a moda da amostra coletada sobre o Ninho IV encontra-se no *phi* 3, seguida pelo *phi* 3,5 e 2,5, respectivamente. A figura 68 representa um mapa das médias granulométricas coletadas na região de nidificação, evidenciando que na direção praial a média granulométrica é maior, portanto, os grãos são menores e os pior selecionados. Em contrapartida, o setor eólico apresenta grãos maiores, indicando que essa região pode ser controlada pela dinâmica eólica. O ninho (ponto 78) apresentou tamanho de grão em 2,8 *phi*, em relação aos demais pontos amostrais dessa área de estudo, bem selecionados, como evidencia a figura 69.

A disposição da média granulométrica indica que o compartimento eólico tem granulometria mais grossa que o setor praial, e que o ninho IV encontra-se exatamente na interface eólico/praiial.

Figura 68 - Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação IV.

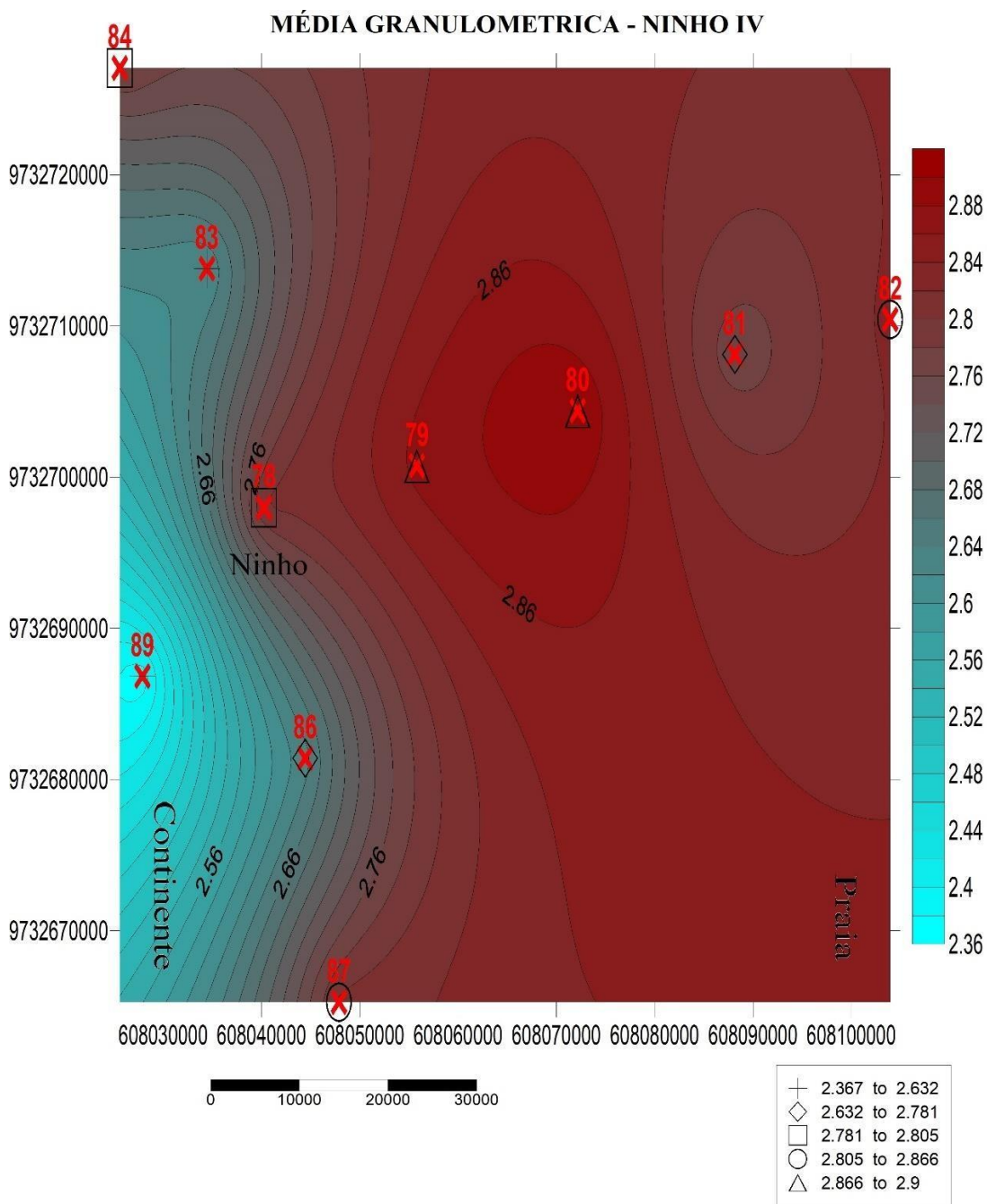
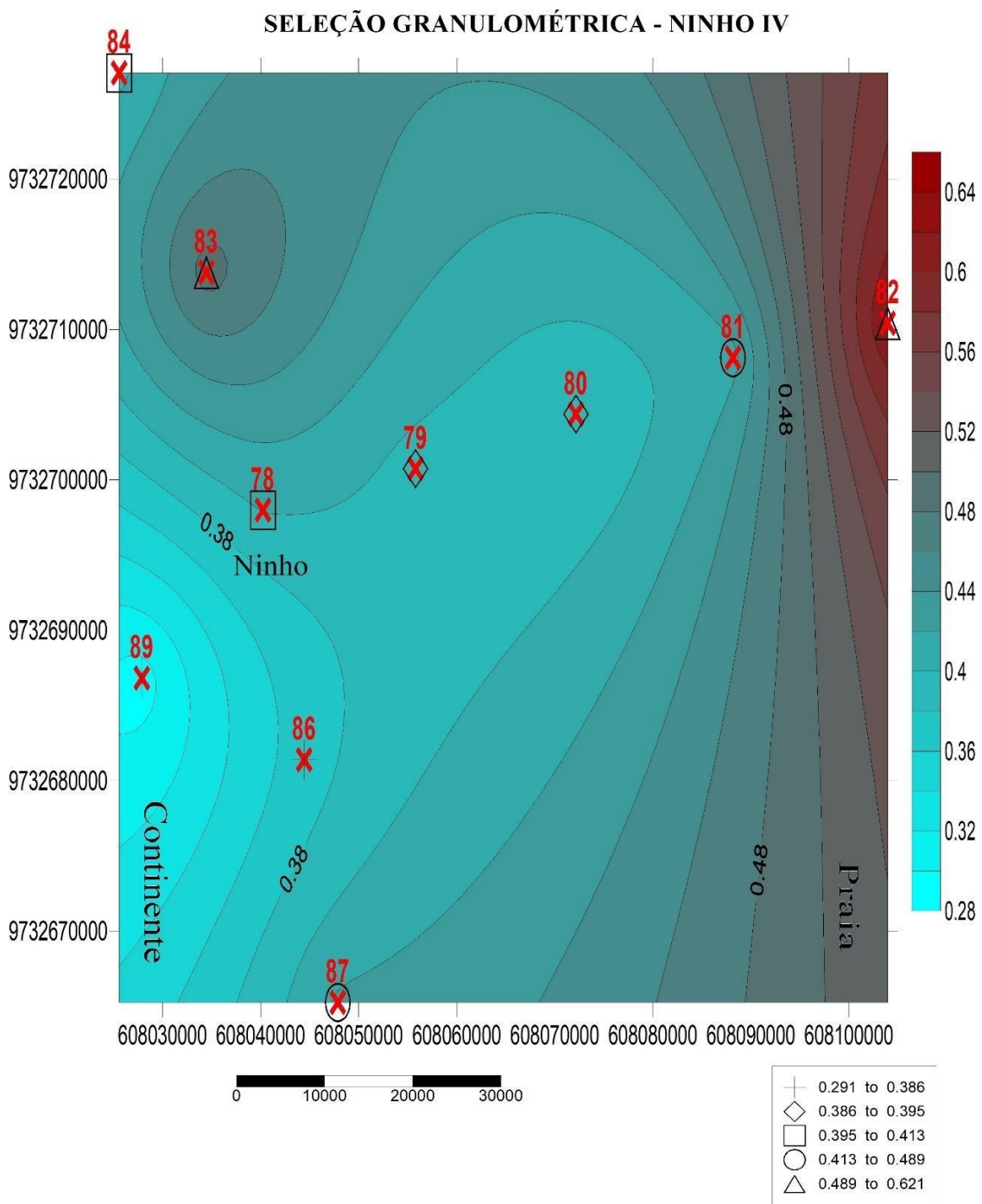


Figura 69 - Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação IV.



4.1.4.5 Ninho V

Através da análise granulométrica pode-se observar que essa área de nidificação apresentou uma média amostral do estirâncio praiar variando entre 2,5 a 2,7 ϕ , classificada como areia fina. O grau de seleção classificou-se como bem selecionado (0,41 a 0,47). A figura 70 representa a curva de frequência acumulada dos pontos amostrais da área de nidificação e a figura 71 representa o histograma da amostra coletada no Ninho V (ponto 92).

Figura 70 - Distribuição de Frequência dos pontos amostrais do Ninho V.

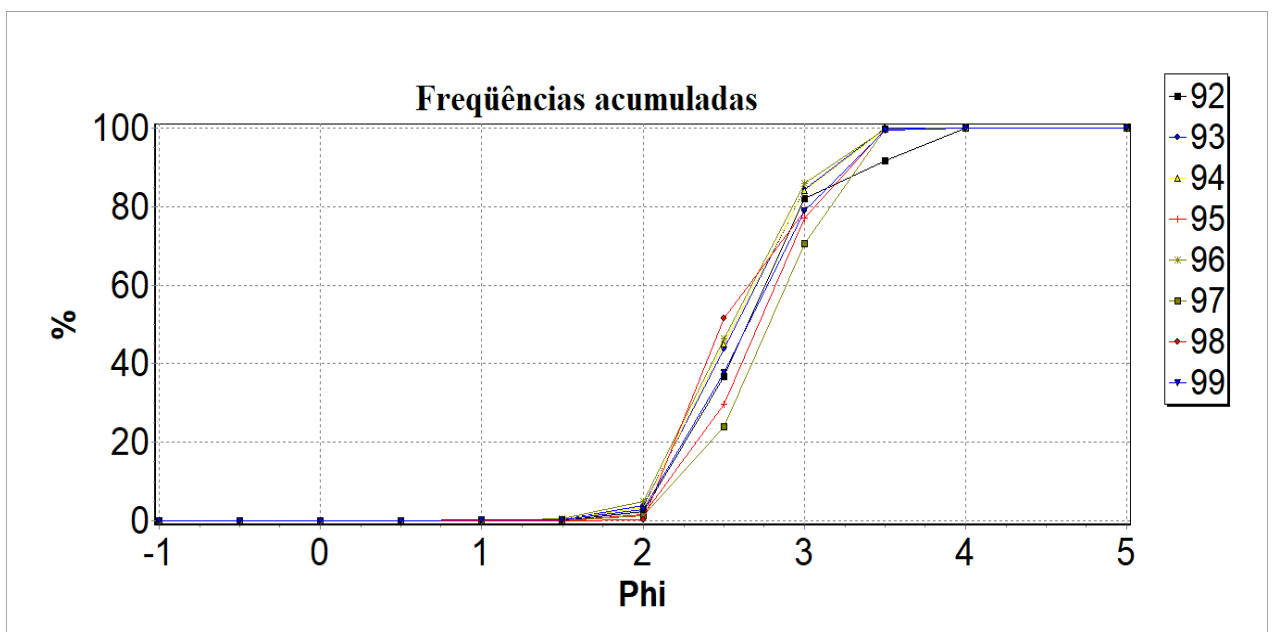
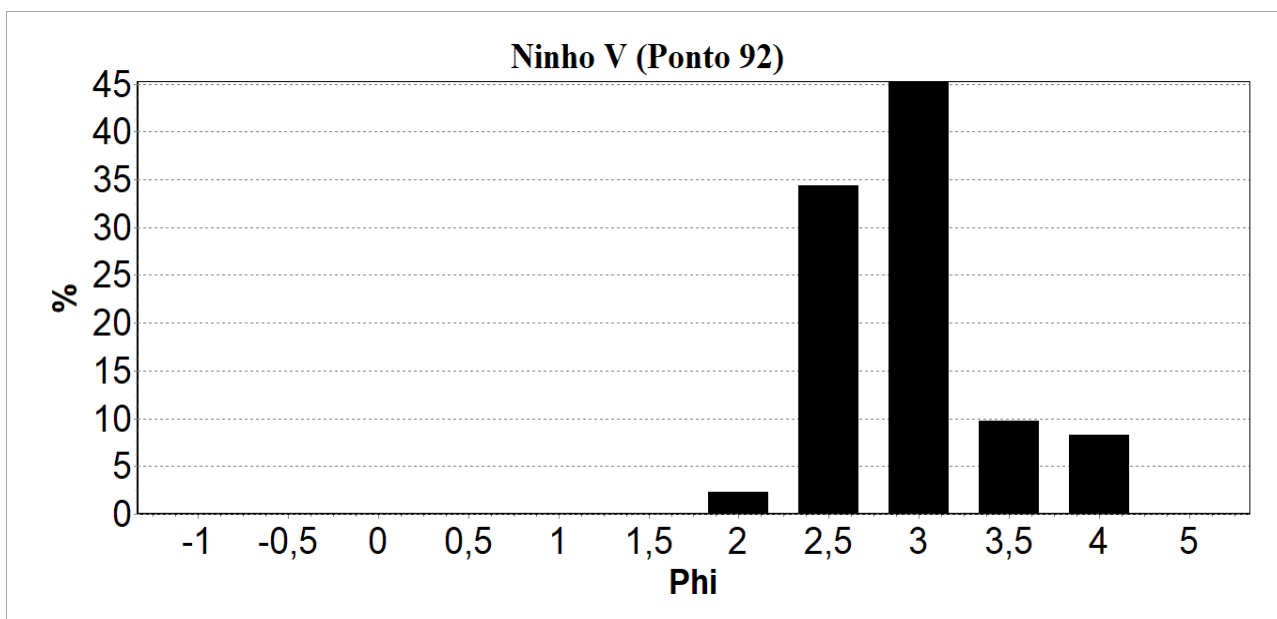


Figura 71 - Histograma do Ninho V.



Tendo isso em vista, observa-se que a moda da amostra coletada sobre o Ninho V se encontra no *phi* 3, seguida pelo *phi* 2,5 e 3,5, respectivamente. A figura 72 representa um mapa das médias granulométricas coletadas na região de nidificação, evidenciando que o ponto 97 possui maior média (2,77 *phi*), seguido pelo ponto 95 (2,70 *phi*), ou seja, menores grãos, coincidindo com a região afetada pelo efluente pluvial oriundo do quiosque presente na área de estudo. Além disso, a região apresenta grãos bem selecionados, com menor parâmetro de seleção no local da nidificação (ponto 92), como mostra a figura 73.

Sendo assim, a área amostral que envolve o Ninho V representa uma região modificada antropicamente e o reflexo disto atua sob os dados, os quais apresentam-se diferentes dos demais ninhos analisados. Em decorrência de o ninho estar sobre uma área de drenagem, a média dos grãos é menor e seu parâmetro de seleção é pior.

Figura 72 - Mapa de contorno da média granulométrica da área de nidificação V.

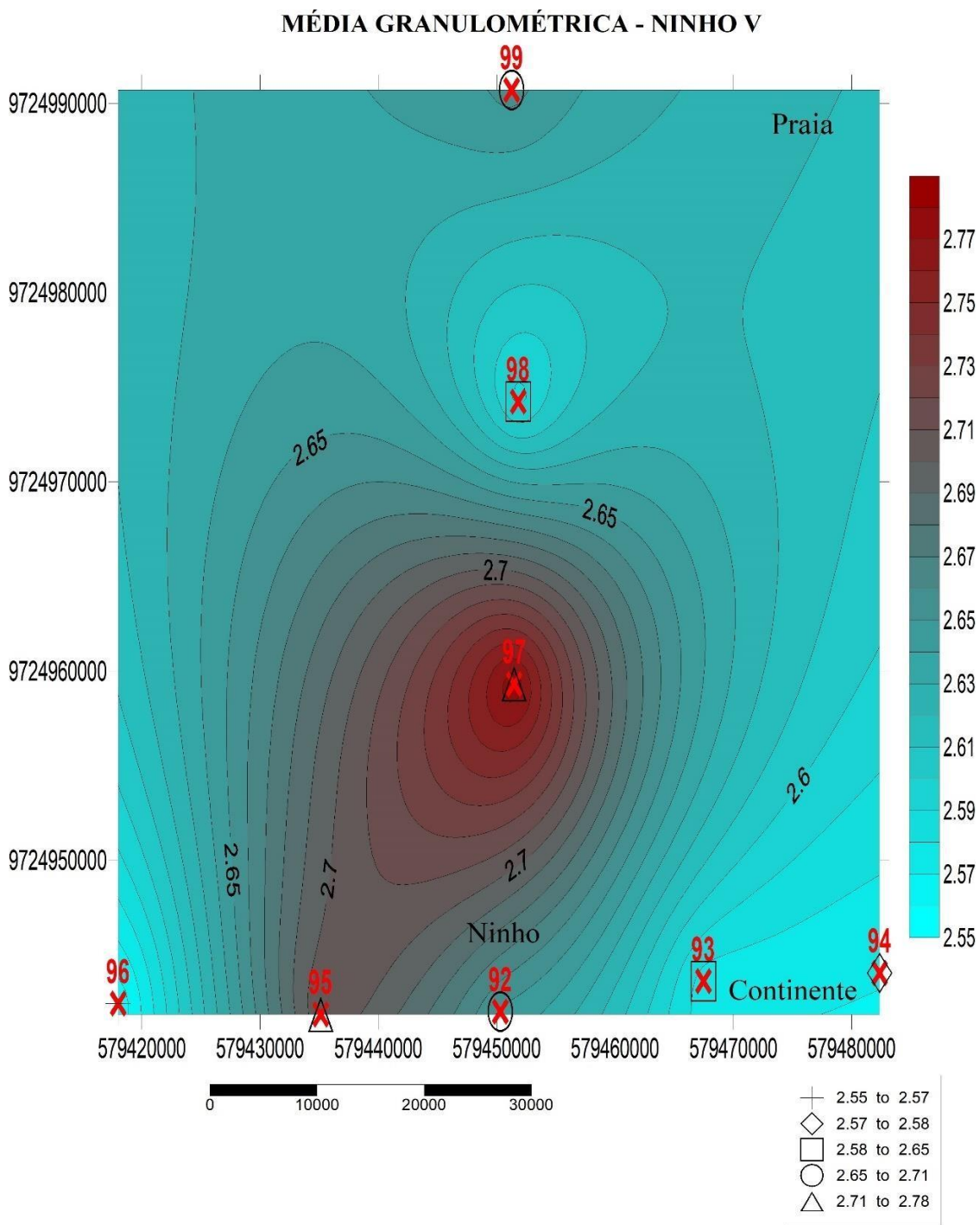
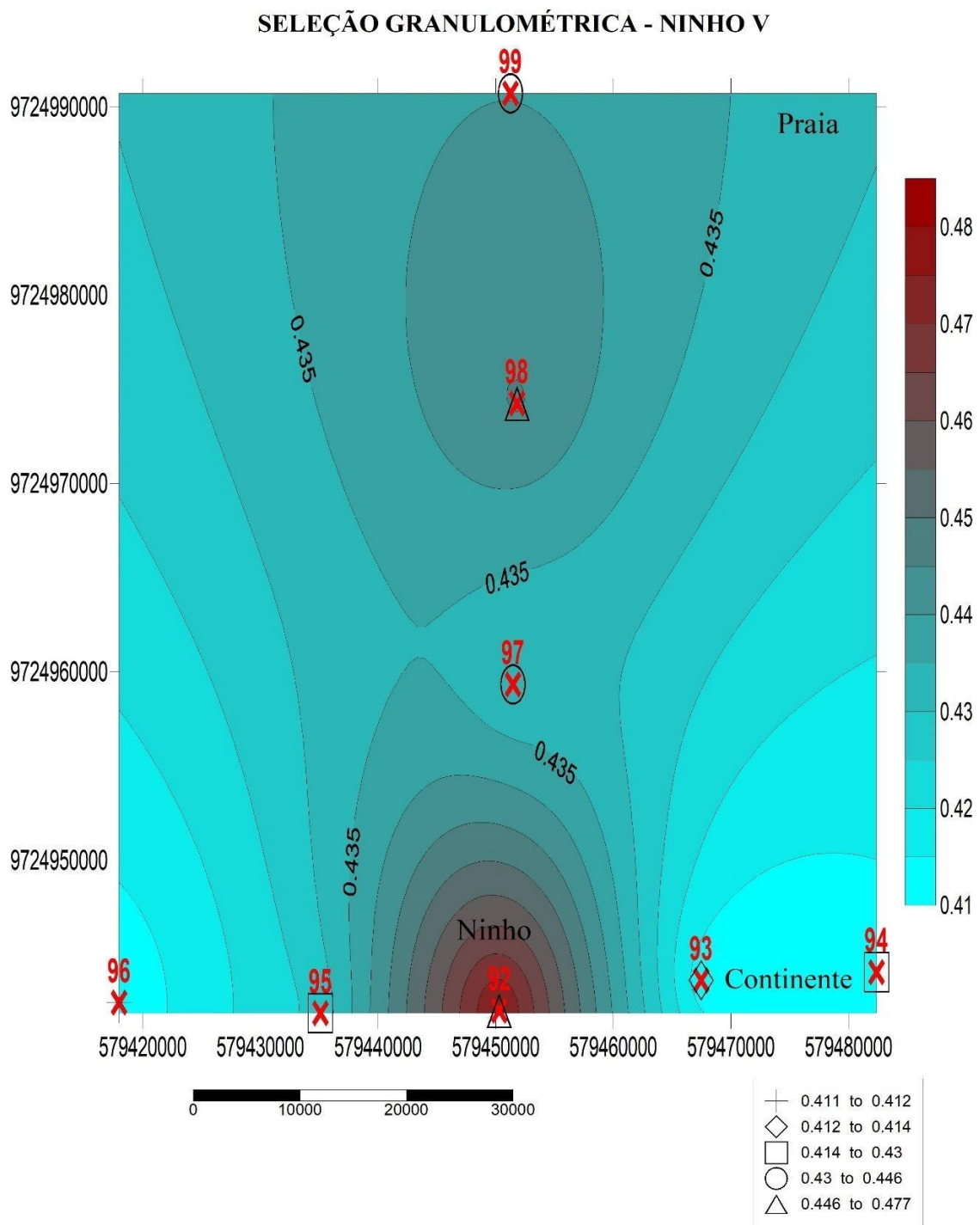


Figura 73 - Mapa de contorno da seleção granulométrica da área de nidificação V.



5. DISCUSSÃO

Não foram encontrados relatos e estudos indicando a existência de sítios de reprodução de tartarugas marinhas em praias situadas próximas ao centro da cidade de São Luís e com grande fluxo de pessoas, como é caso do Ninho V, na Praia de São Marcos. Tendo isso em vista, este episódio pode estar associado a distúrbios comportamentais individuais de determinadas fêmeas, que acabam por desovar equivocadamente em regiões incomuns. Entretanto, ressalta-se aqui a importância do conhecimento dos diferentes aspectos ecológicos do ciclo de vida completo desses animais, por serem essenciais ao entendimento da dinâmica populacional das espécies.

Durante o percurso ninho-mar, as características químicas e físicas da praia onde ocorreu a nidificação são registradas pelos filhotes, fenômeno conhecido como *imprinting* e, acredita-se que esses sinais são responsáveis pelo retorno dos filhotes, anos mais tarde, adultos em idade reprodutiva, para acasalar e desovar (LOHMANN *et al.*, 1997). Este senso de direção tão apurado, que permite o retorno das tartarugas à mesma praia anos depois de seu nascimento, atribui-se também ao campo magnético da terra, que exerce grande influência sobre outras espécies migradoras (LOHMANN *et al.*, 2001). Portanto, embora algumas características morfológicas da praia tenham sido alteradas e/ou danificadas, tornando-a inviável para a nidificação, devido a estes fenômenos algumas tartarugas marinhas ainda insistem em voltar à “praia natal”. Sendo assim, esse fato também pode justificar a ocorrência de desova na praia de São Marcos (Ninho V), por ser uma área de grande interferência antrópica (porém, não se pode afirmar com clareza, pois não havia nenhum estudo de monitoramento anterior na praia citada) e na Ilha de Curupu, onde se encontram os demais ninhos em áreas com estágio erosivo, inviável para a postura de ovos, em que é possível relatar desovas anteriores ao estudo, na região que compreende os ninhos III e IV e VI, segundo moradores e pescadores a região.

Além disso, os padrões de postura de ovos irão determinar a elevação do ninho, a adequação do substrato ao seu entorno, a profundidade dos ovos e a atratividade para os predadores. Tais fatores influenciam na sobrevivência de ovos, sendo a exposição e o afogamento/asfixia os principais fatores de mortalidade em praias de regime deposicional erosivas. Em contrapartida, os parâmetros morfodinâmicos, tais como declividade, granulometria, compactação e tipos de ondas na arrebentação também influenciam na

distribuição das desovas ao longo da praia. Portanto, essas informações são fundamentais para uma ampla e completa intervenção e gerenciamento no caso de impactos e proteção das espécies.

Em decorrência do relevo e a mudança de inclinação nas praias de nidificação vir a influenciar na atividade de desova, maiores concentrações de ninhos da espécie *C. caretta* foram localizadas em praias mais inclinadas/íngremes e, para essas praias, a inclinação foi inversamente correlacionada com a largura da praia (PROVANCHA & EHRHART, 1987). Porém existe uma lacuna no conhecimento referente a preferência de praias marinhas para a postura de ovos de outras espécies de tartarugas. As praias do presente estudo encontram-se num ambiente de macro-marés, sendo classificadas, à grosso modo, como ultradissipativas, tendendo a ocupar o limite da transição para terraços de maré (*tidal flats*). Desta forma, suas baixas declividades são desfavoráveis para a deposição e sobrevivência dos ovos, uma vez que estes são facilmente alcançados por eventos climáticos extremos, marés de sizígia/quadratura, processos de deflação e leques de transposição podendo vir a interferir na sobrevivência dos ovos desses ninhos. Tendo isso em vista, devido a área de estudo ser susceptível ao avanço da linha d'água durante as marés equinociais de sizígia e maré meteorológicas, fica claro a vulnerabilidade deste litoral ao sucesso reprodutivo de tartarugas marinhas.

Alguns estudos demonstram que as tartarugas marinhas fêmeas preferem nidificar em áreas com vegetação e zonas de interface (CHEN & CHENG, 1995; HORROCKS & SCOTT, 1991), possivelmente porque essas áreas se localizam na zona de *backshore*, onde as chances de inundações são pequenas. Além disso, a presença de raízes e seus materiais orgânicos derivados também podem estabilizar o substrato da praia e aumentar a firmeza deste (WAN, 1987) que, por sua vez, aumentará o sucesso da nidificação.

No entanto, a presença de escarpas erosivas nas praias da ilha do Maranhão evidencia que estas praias não são favoráveis à nidificação, tendo em vista que a linha da praia está recuando, deixando o ninho suscetível a ações erosivas, podendo vir a ser destruído e/ou asfixiado. As escarpas erosivas impedem as tartarugas de terem acesso as áreas mais abrigadas no pós-praia. Este processo é evidenciado em toda a área de estudo (Figura 74).

Sendo assim, com exceção do Ninho I e Ninho V que compreendem pequena área coberta por vegetação e ausência de dunas no ponto de postura, os demais ninhos apresentam dunas escarpadas em processo de erosão, especificamente o ninho II, situado sobre um esporão arenoso em recuo. Tais fatos interferem no sucesso da nidificação e emersão das tartarugas marinhas para desovar, uma vez que, nestas condições, as tartarugas apresentam maior dificuldade em alcançar as regiões mais altas das dunas, livre da interferência de marés muito altas, que podem ocasionar a destruição e asfixia dos ovos. Este fato pode ser observado nas figuras 23, 25 e 31 (perfil praial dos ninhos II, III e IV), em que os ninhos não estão situados na base da duna frontal em virtude destas estarem em processo recessão da linha de costa e que, futuramente, pode vir a comprometer o sucesso da nidificação.

Figura 74 - Dunas escarpadas presentes no litoral da Ilha de Curupu.



A elevada compactação aumenta os esforços necessários para a fêmea cavar o ninho, o que pode ocasionar o aborto de sua escavação. Por outro lado, se a praia possui compactação muito baixa, a fêmea também abortará a escavação, uma vez que a cama de ovos desmoronaria facilmente. Além disso, um sedimento pouco compacto também se torna suscetível a ações externas como predação por lagartos, remobilização do sedimento por processos eólicos (eventos de tempestades) e supressão dos ovos pelo transporte de veículos (principalmente moto) na região. Através do mapa de contorno de compactação do Ninho I (Figuras 34, 35 e 36), pode-se observar que a face da praia era dominada por deposição eólica e que, posteriormente, estas camadas foram soterradas por sedimentos praias, evidenciando que esta área sofreu um recuo da linha de costa. Tendo isso em vista, os Ninhos I (ponto 117) e II (ponto 111) apresentaram menores médias de compactação, o que facilita a abertura do ninho para o preparo da “cama de ovos” durante a desova, além da emersão dos filhotes à superfície. No entanto, estes dois ninhos estão situados em uma área sujeita a ação de marés altas de sizígia e à movimentação de pessoas e motocicletas, fato que dificultaria a sobrevivência dos ovos nessas condições ambientais. O Ninho III (ponto 65) e Ninho IV (ponto 78) apresentaram compactação intermediária, em decorrência destes ninhos estarem situados em uma região interposta, menos sujeita a ação da maré (com exceção das marés excessivamente altas, por exemplo marés equinociais, durante os meses de março e setembro) e, portanto, no que tange a compactação, a região se torna propensa ao sucesso da postura e nascimento dos filhotes, uma vez que o sedimento não é pouco e nem muito compacto, como no Ninho V (ponto 97), cujo possui elevada compactação dificultando a escavação do ninho para postura dos ovos e a emersão dos filhotes à praia, tendo em vista que o tempo de saída dos filhotes é crucial para a sobrevivência dos mesmos, para que se evite a predação, exposição solar (que pode levar a desidratação e óbito) e asfixia.

Sendo assim, a discrepância nos valores de compactação do Ninho V se justifica pelo fato de o ninho situar-se próximo a uma drenagem pluvial constante que afeta todo o plano amostral do ninho, levando em conta que o coeficiente de permeabilidade é inversamente proporcional ao grau de compactação da areia (quanto mais compacta for a areia, menor será o espaço para a água percolar por gravidade, aumentando a resistência à penetração das camadas sedimentares).

Praias que possuem uma proporção maior de grãos finos e teor de água intersticial, terá uma coesão aparente maior. Isso proporcionará à praia uma maior compactação e, portanto, um ambiente de nidificação mais estável (ACKERMAN, 1997). Dentre as características geomorfológicas que interferem indiretamente na nidificação das tartarugas marinhas, a permeabilidade do sedimento influencia no sucesso da nidificação e no dimorfismo sexual das mesmas, uma vez que a água possui propriedades condutoras, também conhecidas como “calor específico”. Sendo assim, durante o dia, a água absorve parte do calor do Sol e o conserva no sedimento até a noite, evitando assim, grandes variações de temperatura. Portanto, o que se percebeu neste estudo é que as posturas ocorreram na base da duna frontal, e neste limite a profundidade das areias bem selecionadas e pouco compactas ocorrem somente em superfície, logo abaixo encontra-se as fácies sedimentares praias mais compactas e portanto de menor permeabilidade o que retém umidade mantendo a temperatura mais constante.

O excesso de água no sedimento resultaria em uma possível perda da ninhada por lavagem, remobilização e predação por caranguejos e lagartos, além de que, em temperaturas muito quentes, como na praia, os ovos tenderiam a cozinhar. Sendo assim, a fêmea também enfrentaria problemas na hora de escavar o ninho, tendo em vista que o sedimento, composto por areia fina, ficaria muito mole e pouco maleável. Portanto, regiões muito permeáveis, tornam-se inviáveis para a postura e sobrevivência dos ovos e, com base nas idas à campo e na tabela 2, pode-se observar que nenhum dos ninhos apresenta uma região tão permeável, tal como descrito acima, que possa vir a comprometer o sucesso da nidificação.

Este fato pode ser observado na praia de São Marcos, aonde ocorreu o Ninho V, tendo em vista que as marés equinociais alcançam a região de nidificação, além de ser uma área de drenagem pluvial, o que resulta em uma elevada compactação do sedimento e baixa permeabilidade (Tabela 2), em relação aos demais pontos. Em contrapartida, o Ninho II apresentou-se pouco compacto, indicando que depósitos eólicos prevalecem na região, mostrando-se mais permeável. Os ninhos III e IV evidenciam, através da deposição de leques de transposição, que as marés de sizígia equinociais facilmente alcançaram estas localidades de nidificação.

O Ninho I apresenta gradiente de permeabilidade maior no setor praiial e diminuí em direção ao pós-praia (setor eólico), semelhante ao gradiente de compactação na camada superficial (0 a 15 cm). Isso se deve, principalmente, a este ponto estar situado próximo ao canal de inter-marés, com grandes alterações geomorfológicas, que, por sua vez, umedece o solo, fazendo com que o mesmo se torne saturado de água nessa região, aumentando a pressão capilar do sedimento e, assim, facilitando a passagem do fluido aquoso neste ponto, cujo apresentou coeficiente de permeabilidade (K) ligeiramente alto quando comparado aos demais pontos amostrados desse estudo. Isto pode ser o resultado do empolamento de ondas sobre os antigos substratos de manguezais que hoje formam uma feição de talus (blocos envolvidos ou não por matriz areno-silto-argilosa, freqüentemente saturada) na margem do canal. Esta configuração faz com que ondas quebrem mais próximas da margem depositando material sedimentar mais grosso, elevando a permeabilidade. O Ninho IV apresentou maior coeficientes de permeabilidade (K) levando em conta as camadas superficiais do sedimento compostas por depósito eólico. No entanto, o Ninho III apresentou menor permeabilidade, em relação aos demais ninhos, mesmo em se tratando de uma amostragem que reconheceu os depósitos essencialmente eólicos sob a posição do ninho. Tal fato deve-se, provavelmente, à dificuldade em saturar o sedimento com apenas três medições de permeabilidade. Além disso, partindo do pressuposto que a compactação é inversamente proporcional à permeabilidade, pode-se observar que além disso, outros fatores podem vir a influenciar nessa circunstância, tais como estrutura do solo, vegetação, tamanho dos grãos, grau de saturação e estratificação do terreno.

Tabela 2 - Compactação e permeabilidade dos ninhos monitorados.

Ninho	Coeficiente de Permeabilidade (K)	Compactação		
		15	30	45
I	0,037	1	6	8
II	0,038	0	3	5
III	0,027	1	5	5
IV	0,040	1	6	7
V	0,031	8	18	48

As praias da Ilha de Curupu apresentam uma extensa e bem desenvolvida planície de deflação eólica sujeita ao regime de macro-marés, onde a remoção de sedimentos ocorre, principalmente, por processos eólicos e pode inclusive cruzar as dunas frontais originando corredores erosivos (*blowouts*). Outros processos bem desenvolvidos e evidenciados em campo foram os leques de transposição que, da mesma forma que os processos eólicos, atuam na remoção de sedimentos da face praial e deposição na retaguarda das dunas frontais. A classificação sedimentar do local, é arenosa, constituída por areia fina com grãos bem selecionados, com exceção do Ninho II, onde os grãos apresentam-se muito bem selecionados (Tabela 3), em virtude da sua localização dar-se no extremo do esporão arenoso, sendo este sedimento retrabalho ao longo da praia e depositado por processos eólicos. MORTIMER (1995) afirma que as tartarugas marinhas podem cavar e fazer ninhos em diferentes tipos de substrato, tolerando uma ampla variação de tamanhos de partículas. Sendo assim, o tamanho dos grãos na Ilha de Curupu, de maneira direta, pouco influencia na tomada de decisão para a fêmea desovar. No entanto, o tamanho dos grãos pode vir a influenciar indiretamente em outros fatores, como a compactação e permeabilidade do sedimento. Por exemplo, partículas muito grossas de sedimento podem aumentar a tensão de cisalhamento e resultar em maior compactação do substrato, se tornando um local pouco propício para a construção de ninhos e sobrevivência dos ovos.

Foi possível constatar na face praial, próxima ao Ninho IV, a presença de sedimentos lateríticos, que consistem basicamente no retrabalhamento de depósitos geológicos remanescentes da formação Alcântara. Isto implica que as rochas e materiais superficiais de outras localidades estão em constante retrabalhamento na região ou foram carregados pela zona de arrebenção de regiões próximas (foz do Rio Paciência). Destaca-se que, devido a cor escura destas lateritas, o acúmulo desse mineral pode afetar, em muito, a temperatura do sedimento e, conseqüentemente, a temperatura de incubação dos ninhos.

Através da visualização dos histogramas e mapas de contornos, pode-se observar que a média amostral modal dos ninhos se encontra no *phi* 3, sendo o Ninho I considerado um ponto isolado controlado pela dinâmica eólica, tendo em vista que sua granulometria é mais grossa acompanhada por melhor parâmetro de seleção, quando comparado com as

laterais do ninho. Na região amostral do Ninho II, o ponto 115 (mais próximo ao continente) diferiu dos outros pontos do plano, devido a granulometria mais grossa e parâmetro de grãos bem selecionados, tendo em vista que este ponto é controlado pela dinâmica e evolução do esporão arenoso. Neste ponto afloram sedimentos de paleomangues, os quais apresentam sedimentos finos, compostos por argila (não entraram dentro do plano amostral) e, conseqüentemente, mal selecionados. Onde os grãos apresentaram-se mais finos (ponto 114) a permeabilidade foi menor.

A distribuição espacial da granulometria do Ninho III se assemelha com a permeabilidade (Figura 51), indicando que onde a permeabilidade foi menor, os grãos são menores. De forma geral, os pontos ao entorno desse ninho possuem maiores médias e, conseqüentemente grãos menores, em decorrência do ninho estar situado sobre o setor eólico e o entorno sobre leques de transposição que, conseqüentemente, são piores selecionados e possuem granulometria mais fina. Já na área amostral do Ninho IV, é possível observar que na direção do oceano os grãos são menores e pouco selecionados e, em contrapartida, nos pontos onde a permeabilidade foi menor, os grãos são maiores. Isto ocorre devido a amostragem de permeabilidade não ter conseguido saturar completamente o sedimento com o uso de réplicas. O plano amostral do Ninho V evidencia que a região apresenta grãos bem selecionados, com exceção do ninho em si, que apresentou pior parâmetro de seleção e grãos relativamente pequenos quando comparados aos demais ninhos do estudo, em virtude das alterações físicas causadas na praia em decorrência de interferências antrópicas, como o pisoteio e a saturação hídrica por conta do desague da drenagem pluvial.

Tendo isso em vista, os sedimentos da zona da praia acima do nível da maré alta são continuamente retrabalhados pelos ventos, que removem as frações mais finas da areia, movendo-as em direção do continente. Alternâncias de deposição eólica e praias nos estratos amostrados pelo penetrômetro foram frequentes, indicando que não existe predomínio de deposição neste setor costeiro.

Tabela 3 - Classificação verbal das amostras sedimentares coletadas sobre as áreas de nidificações definidas neste trabalho.

A composição mineral do sedimento também afeta a temperatura dos ninhos. Os ninhos que contém sedimentos ricos em quartzo têm temperaturas até 3,4 °C superiores às localizadas nas areias biogênicas (MILTON *et al.* 1997). Tendo em vista que a temperatura do ninho afeta a proporção sexual das tartarugas marinhas, o Maranhão pode vir a contribuir com essa relação, uma vez que, no geral, fêmeas apresentam maiores temperaturas médias de incubação e o litoral ludovicense apresenta uma composição sedimentológica rica em quartzo, aumentando a razão sexual de fêmeas reprodutoras na região. De acordo com Hays *et al.* (2001), o albedo da areia, que consiste na capacidade da areia de refletir a radiação solar que recebe, também afeta a temperatura do ninho. As áreas de nidificação localizadas em regiões com areias mais escuras absorvem mais radiação solar e, portanto, aumentam as temperaturas quando comparados aos ninhos que ficam na areia mais clara, que reflete mais a radiação recebida. Além disso, regiões com sombreamento também pode afetar a temperatura da areia e causar diferenças na proporção de sexo no mesmo local de nidificação (MORREALE *et al.* 1982, SPOTILA *et al.* 1987). Portanto, a presença de depósitos lateríticos no Ninho IV escurece o sedimento e, conseqüentemente, eleva a temperatura de incubação dos ninhos.

Sendo assim, as áreas de nidificação do presente estudo encontram-se altamente expostas à radiação solar, com exceção do Ninho V, situado muito próximo a um quiosque, o qual faz sombra na região da desova em determinadas horas do dia. Este fato indica que as diferenças nas proporções sexuais dos ninhos monitorados seria baixa, e com grande possibilidade de serem compostas, em sua maioria, por fêmeas, o que não pode se afirmar com clareza, tendo em vista que o sucesso da eclosão (o quociente do número de filhotes vivos até o número total de ovos em cada ninho) e a duração da

incubação (o período que se estende do ninho à primeira emergência de filhotes) não pode ser calculado em virtude de: O Ninho V, após confirmação de guarda-vidas que testemunharam e comunicaram o Laboratório de Quelônios Aquáticos do Maranhão (QUEAMAR) que a tartaruga marinha havia emergido do mar e cavando para desovar, deixando rastros. Quando realizou-se o monitoramento na região, não foram encontrados o ovos, existindo várias razões para isso, dentre as quais se destacam: por ser uma área de grande interferência antrópica, os ovos podem ter sido retirados; remobilizados pela ação da maré de sizígia, que ocorreu dias antes; segundo Hailman *et. al* (1992), pode ser uma toca de teste, não verdadeira, como citado na introdução ou ainda distúrbios comportamentais individuais das fêmeas. O Ninho III e IV eclodiram em dezembro e, no momento do ocorrido, não havia nenhum estagiário no local, com exceção de moradores locais que nos comunicaram o episódio (Figura 75). A desova do Ninho VI (Figura 76) foi assistida e fotografada no ano anterior, por integrante do Projeto QUEAMAR. E, por fim, os Ninhos I e II, foram mobilizados (Ninho I) e retirados por moradores locais, uma vez que estes dois pontos situam-se muito próximos ao município de Raposa e contém constante fluxo de pessoas, em que muitas delas sabiam onde se encontravam os dois ninhos. Portanto, ressalta-se aqui a necessidade de um monitoramento amplo e constate, além de palestras socioambientais e educativas a respeito da preservação desses animais e sua ninhada na região.

Figura 75 – Postura dos ovos de tartaruga marinha do Ninho III.



Figura 76 - Nascimento de filhotes *Lepidochelys olivácea* na Ilha de Curupu.



No entanto, a vegetação na praia onde ocorreu a desova pode induzir o acúmulo de areia e estabilizar a camada superficial (BUSTARD & GREENHAM, 1968; CHANG, 1988) reduzindo a possibilidade de desabamento do ninho durante o processo de escavação. Porém, se a vegetação for muito densa, aumentará a compactação da camada superficial em decorrência dos sistemas de raízes, o que acarretará no aumento de esforço necessário para a tartaruga cavar, somado ao fator da zona de lixo (Figura 77), dificultando o acesso para as tartarugas desovarem e o retorno dos filhotes ao mar. Além disso, a cobertura vegetal pode não só influenciar a compactação do substrato, mas também atuar como indutor fator para cavar, uma vez que o sistema radicular da vegetação, acumulando mais água e grãos de areia, tende a aumentar a compactação do substrato.

Figura 77 - Barreira formada por acúmulo de lixo e raízes de mangue.



De maneira geral, a compactação da camada superior de sedimento (0 a 15 cm) deve estar seca e solta, possibilitando as tartarugas marinhas cavarem com facilidade. Porém, abaixo dessa camada (15 a 45 cm) de profundidade, o substrato deve ser firme o suficiente para estabilizar a câmara de ovo. Portanto, se não fosse pela localização de fácil alcance pelas marés altas de sizígia, o Ninho I seria um bom local para o sucesso da nidificação e nascimento dos filhotes, uma vez que este ainda conta com a presença de vegetação de mangue e salsa (*Ipomoea pes-caprae*), a qual desempenha papel importante em esconder o ninho e promover um pequeno acúmulo de água através das raízes e grãos, deixando o ambiente mais estável. O Ninho II, apesar de apresentar a camada de sedimento superficial (0 a 15 cm) seca e solta, as camadas intermediárias (15 a 30 cm) apresentaram-se pouco compactas, indicando que este ninho pode sofrer desmoronamento, além de estar situado em uma região muito sujeita ao tráfego de motos, podendo ser suprimida, causando morte/asfixia dos ovos, além de estar suscetível ao alcance de marés muito altas de sizígia. O Ninho III e IV mostraram-se um bom local para o sucesso da nidificação e nascimento dos filhotes, apesar de o Ninho IV apresentar alta permeabilidade, com topografia ligeiramente íngreme favorecendo menor gasto energético das tartarugas, se não fosse pelo fato de toda a área do estudo sofrer com o recuo da linha de costa e, conseqüentemente, riscos de inundação dos ninhos durante as marés equinociais de sizígia. O Ninho V apresentou compactação elevada nas camadas

superficiais (15 a 30 cm) e intermediárias (15 a 30 cm) do sedimento, o que pode ter desmotivado a tartaruga a desovar no local, além de ser uma área de risco, com grandes interferências antrópicas e suscetível ao alcance de marés altas.

BJORNDAL e BOLTEN (1992) sugerem que as tartarugas marinhas podem ser incapazes de avaliar se um local de nidificação é adequado ou não, antes de um teste de escavação. Isso pode justificar alguns ninhos não encontrados durante o monitoramento, como o Ninho V, na praia de São Marcos. Portanto, na influência de um microambiente de praia único, o padrão de distribuição dos ninhos pode ser diferente de uma praia para a outra. A partir da análise de dados, este estudo sugere que a seleção do local para a nidificação de tartarugas marinhas pode ser influenciada por vários fatores ambientais. Cada fator apresenta uma maneira diferente de interagir e induzir o mecanismo de escavação. Assim, com base nos resultados deste estudo, a morfologia praial influencia o comportamento de nidificação das tartarugas marinhas de forma geral, tendo em vista que estes podem variar de acordo com as espécies, indicando que depois que eles emergem do mar, a maioria das tartarugas seguem para a berma ou duna e usam a linha de vegetação como uma indicação de locais de nidificação seguros. Assim, a chance de inundar o ninho é minimizada. Ela inicia a escavação quando o sedimento apresenta condições de compactação e permeabilidade adequadas. Essas características determinam se a tartaruga pode ou não construir o ninho dela com sucesso.

6. CONCLUSÃO

Apesar das praias estudadas apresentarem diferentes compartimentos geomorfológicos relacionados a face praial (dunas móveis, dunas fixas por vegetação, dunas frontais, dunas secundárias, zona inter-marés, planícies de deflação eólica, leques de transposição, áreas úmidas interdunares), o que se evidenciou foi a preferência que as tartarugas marinhas apresentam, quase sempre desovando na base da duna frontal.

Os ninhos estudados encontram-se posicionados no limite do sistema praia/duna ora existindo uma duna frontal ora não, mas sempre após o relaxamento da compactação observado ao se adentrar nos sedimentos depositados sob ação eólica. É provável que a

compactação seja o principal fator na tomada de decisão para a fêmea cavar o ninho. Isto se dá em função da interface sedimentar eólico/praiial ser muito acentuada, com os maiores gradientes observados dentre os parâmetros analisados. Ou seja, ao sentir a mudança da compactação dos sedimentos em superfície (mais compacta para menos compacta) a tartaruga cava um ninho.

O tamanho dos grãos diferiu pouco entre as praias monitoradas, constituídas por areia fina com grãos bem e muito bem selecionados. No entanto, as diferenças entre sistema eólico e praiial (fácies sedimentares) foram acentuadas e perceptíveis em todas as localidades amostradas quanto aos dados de compactação, permeabilidade, tamanho dos grãos, seleção sedimentar, geomorfologia e topografia.

Observou-se que a permeabilidade variou ao longo das áreas monitoradas em decorrência dos fatores ambientais (estrutura do solo, vegetação, grau de saturação e compactação do terreno). Foi possível constatar que as tartarugas marinhas optaram por locais estratégicos com pequena vegetação, não muito úmidos, longe da linha d'água e de locais desabrigados passíveis de acumular água (poças). A permeabilidade das áreas monitoradas indicou forte dependência deste parâmetro ao grau de saturação dos sedimentos eólico e praiial.

A maior vulnerabilidade dos ninhos esteve relacionada com a geomorfologia dos ambientes deposicionais associada a baixa declividade da costa, desfavorável para a postura e sobrevivência dos ovos, devido a área de estudo ser susceptível ao avanço da linha d'água. Este fato pode ser confirmado pela destruição (evento erosivo) do Ninho II, instalado sobre a extremidade de um esporão arenoso em recessão, além de encontrar-se numa cota (2,75 m) suscetível às grandes marés (equinócio de primavera), bem como o Ninho VI. Tendo isso em vista, os ninhos III e IV estiveram à um passo de sua destruição, devido a ação dos leques de transposição que envolveram os ninhos em seu avanço e deposição.

Este é um estudo precursor em demonstrar quantitativamente a influência das características morfológicas praiiais quanto à seleção do local de nidificação das tartarugas marinhas no litoral maranhense. Os resultados do presente estudo revelam a importância de proteger essas áreas com grande diversidade geológica, uma vez que características

morfológicas podem afetar o sucesso de nidificação e sobrevivência dos embriões. Portanto, o levantamento de dados do presente estudo é importante para o desenvolvimento das atividades de manejo na região.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. *Notícia Geomorfológica*, v.3, n.5, p.35-45, 1960.
- ACKERMAN, R. A. Aspectos Fisiológicos e Ecológicos das Trocas Gasosas de Ovos de Tartarugas Marinhas. *Am. Zool.*, 20 (1980), pp. 575-583.
- ACKERMAN, R.A. O ambiente do ninho e o desenvolvimento do embrião de tartarugas marinhas. In: LUTZ, P.L. e MUSICK, J.A. (eds.), *The Biology of Sea Turtles*. Boca Raton, Flórida: CRC Press, pp. 83–106, 1997.
- AIROLDI, L.; BECK, M.W. Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. R.N. Gibson, R.J.A. Atkinson, J.D.M. Gordon (Eds.), *Oceanography and Marine Biology: an annual review*, *Oceanography and Marine Biology: an annual review*, 45, CRC Press, Boca Raton (2007), pp. 345-405.
- ALVES, E.S. & PEZZUTO, P.R. Effect of morphodynamics on annual average zonation pattern of benthic macrofauna of exposed sandy beaches in Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57:189-203, 2009.
- BARRETO, L.; LIMA, L.C.P.; BARBOSA, S.G. Observation on the ecology of *Trachemys diutrix* an *Kinosternons corpiodes* on Curupu island, Brazil. *Herpetological Review* 40: 283-286, 2009.
- BIRKEMEIER, W. A. Fast, Accurance Two-Person Beach Surveys. *National Technical Information Service*, Virginia, v. 285, p.6-15, ago. 1981.
- BJORNDAL, K. A. & BOLTEN, A. B. Distribuição espacial de ninhos de tartarugas verdes (*Chelonia mydas*) em Tortuguero, Costa Rica. *Copeia*, 1, 45–53, 1992.
- BJORNDAL, K. A. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. *The biology of sea turtles*, 1: p. 199-231, 1997.

BORZONE, C.A.; SOUZA, J.R.B. & SOARES, A.G. Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69:565-577, 1996.

BOUCHARD, S. S.; BJORN DAL, K. A. Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. *Ecology*, v. 81, n. 8, p. 2305-2313, 2000.

BOWEN, B.W.; AVISE, J.C.; RICHARDSON, J.I.; MEYLAN, A.B.; MARGARITOU LIS, D.; HOPKINS MURPHY, S.R. Population-structure of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the Northwestern Atlantic-Ocean and Mediterranean-Sea. *Conserv. Biol.*, 7 (4) (1993), pp. 834-844.

BOWEN, B.W.; BASS, A.L.; SOARES, L.; TOONEN R.J. Conservation implications of complex population structure: lessons from the loggerhead turtle (*Caretta caretta*). *Molecular Ecology*, 14 (8) (2005), pp. 2389-2402.

BOWEN, B.W.; MEYLAN, A.B.; ROSS, J.P.; LIMPUS, C.J.; BALAZS, G.H.; AVISE, J.C. Global population-structure and natural-history of the green turtle (*Chelonia mydas*) in terms of matriarchal phylogeny. *Evolution*, 46 (4) (1992), pp. 865-881.

BUGONI, L. et al. Potential bycatch of seabirds and turtles in hook-and-line fisheries of the Itaipava Fleet, Brazil. *Fisheries Research*, 90 (1/3) (2008), pp. 217-224.

BUGONI, L.; KRAUSE, L.; PETRY, M.V. Marine debris and human impacts on sea turtles in southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (12) (2001), pp. 1330-1334.

BUSTARD, H. R. & GREENHAM, P. M. Fatores físicos e químicos que afetam a eclosão de tartarugas verdes marinhas, *Chelonia mydas*. *Ecology*, (1968), 49, 269-276.

CALLIARI, L.J., MUEHE, D., HOEFEL, F.G. & TOLDO JR., E. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51:63-78, 2003.

CAMARGO, M. G. Sysgran: Um Sistema de Código Aberto Para Análises Granulométricas do Sedimento. P. 345-352. *Revista Brasileira de Geociências*, 2006.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos Solos e suas aplicações fundamentais. Ed. Rio de Janeiro: LCT, 1988. V. 1, n. 6.

- CARR, M.H. CARR. Site fixity in Caribbean green turtle. *Ecology*, 53 (3) (1972), pp. 425-429.
- CHAN, E. H. & LIEW, H.C. Hawksbill turtles, *Eretmochelys imbricata* nesting on Redang Island, Malaysia, from 1993-1997. *Chelonian Conservation and Biology*., 3 (2) (1999), pp. 326-329.
- CHANG, J. M. Ciência Fundamental do Solo. Taipei, Taiwan, R.O.C.: National Translation Bureau, 460p, 1988.
- CHEN, T. H. & CHENG, I. J. Biologia Reprodutiva da Tartaruga Verde, *Chelonia mydas*. (Reptilia: Cheloniidae) na Ilha Wan-An, Arquipélago Peng-Hu, Taiwan. I. Ecologia de aninhamento. *Marine Biology*, 124, 9-15, 1995.
- CORCORAN, P.L.; BIESINGER, M.C.; GRIFI, M. Plastics and beaches: a degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*., 58 (1) (2009), pp. 80-84.
- DAVENPORT, J. Temperature and the life-history strategies of sea turtles. *Journal of Thermal Biology*., 22 (6) (1997), pp. 479-488.
- DIRETÓRIO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. Centro de Hidrografia da Marinha o Brasil, 2019. Página de dados de maré. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>. Acesso em out/2019.
- DODD C. K. JR. Synopsis of the biological data on the Loggerhead Sea Turtle *Caretta caretta* (Linnaeus. 1758). Fish and Wildlife Service, 88 (14) (1988), pp. 1-110.
- FADINI, L. S.; SILVA, A. G.; JÚNIOR, P.D.F. Sedimentary characteristics and their effects on hatching success and incubation duration of *Caretta caretta* (Testudines: Cheloniidae) in Espírito Santo, Brazil. *ZOOLOGIA* 28 (3): 312–320, June, 2011.
- FEITOSA, A. C. Dinâmica dos processos geomorfológicos nas áreas costeiras do Nordeste do Maranhão. Tese (Doutorado em Geociências) – UNESP, Rio Claro, 1996.
- FISH, M.R.; COTE, I.M.; GILL, J.A.; JONES, A.P.; RENSHOFF, S.; WATKINSON, A.R. Predicting the impact of sea-level rise on Caribbean sea turtle nesting habitat. *Conserv. Biol.*, 19 (2) (2005), pp. 482-491.

FRANCO, C. G. “Ilha de Curupu: Potencialidade Turística E Sustentabilidade”. Caminhos da Geografia – Revista online, 2009. Disponível em: <http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br>. Acesso em out/2019.

FREIRE, M. C. C. M.; MONTEIRO, R. Praias e dunas da Ilha de São Luís, estado do Maranhão (Brasil): florística e topografia. Arquivos de Biologia e Tecnologia, São Luís, v.37, n.4, 1994.

FUENTES, M.; HAMANN, M.; LIMPUS, C.J. Past, current and future thermal profiles of green turtle nesting grounds: Implications from climate change. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 383 (1) (2010), pp. 56-64.

FUJISAKI, L; LAMONT M.M. The effects of large beach debris on nesting sea turtles. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 482 (2016), pp. 33-37.

HAILMAN, J.P. & A.M. ELOWSON. Ethogram of the nesting female loggerhead (*Caretta caretta*). Herpetologica (1992) 48: 1-30.

HARDISTY, J. Beaches: Form and Process. Unwin Hyman, London, 342p, 1990.

HAWKES, L. A.; BRODERICK, A. C.; COYNE, M. S.; GODFREY, M. H.; GODLEY, B. J. Only some like it hot – quantifying the environmental niche of the loggerhead sea turtle. Diversity and distributions, v. 13, n. 4, p. 447-457, 2007.

HAYES, M. O. & MICHEL, J. Factors Determining the Long-Term Persistence of Exxon Valdez Oil in Gravel Beaches. Marine Pollution Bulletin v. 38 n. 2: p. 92-1001, 1999.

HAYS, G.C.; ASHWORTH, J.S.; BARNESLEY, M.J.; BRODERICK, A.C.; EMERY, D.R.; GODLEY, B.J.; HENWOOD, A. & JONES, E.L. The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. Oikos, 2001, 93 (1): 87-95.

HAYS, G.C.; SUTHERLAND J.M. Remigration and beach fidelity of loggerhead turtles nesting on the Island of Cephalonia, Greece. J. Herpetol., 25 (2) (1991), pp. 232-233.

HORROCKS, J.A. e SCOTT, N.M.. Localização do local do ninho e sucesso do ninho no imbricado da tartaruga-de-pente *Eretmochelys* em Barbados, Índias Ocidentais. Marine Ecology Progress Series, 69, 1-8, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Banco de Dados Geodésicos – BDG, 2019. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias>. Acessado em nov./2019.

IUCN – INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. The IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2016-1. Disponível em www.iucnredlist.org. Acessado em 26/09/2019.

KELLE L. et al. De Thoisy. Monitoring of nesting leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*): contribution of remote sensing for real-time assessment of beach coverage in French Guiana. *Chelonian Conserv. Biol.*, 6 (1) (2007), pp. 142-147.

LAURANCE, W.F. Habitat destruction: death by a thousand cuts. N.S. Sodhi, P.R. Ehrlich (Eds.), *Conservation Biology for All*, Oxford University Press, Oxford (2010), pp. 73-87.

LEWISON, R.L.; CROWDER, L.B. Putting Longline Bycatch of Sea Turtles into Perspective. *Conservation Biology.*, 21 (1) (2007), pp. 79-86.

LOHMANN, K. J.; CAIN, S. D.; DODGE, S. A.; LOHMANN, C. M. F. Regional magnetic fields as navigational markers for sea turtles. *Science*. 294, p. 364-366. 2001.

LOHMANN, K. J.; WITHERINGTON, B. E.; LOHMANN, C. M. F.; SALMON, M. Orientation, navigation and natal beach homing in sea turtle. In: *The Biology of Sea Turtles* (eds. P. L. Lutz; J. A. Musick). CRC Press, 432 p. 1997.

LÓPEZ-BARRERA, E.A.; LONGO, G.O.; MONTEIRO-FILHO, E.L.A. Incidental capture of green turtle (*Chelonia mydas*) in gillnets of small-scale fisheries in the Paranaguá Bay, Southern Brazil. *Ocean and Coastal Management.*, 60 (2012), pp. 11-18.

LOTZE, H.K.; LENIHAN, H.S.; BOURQUE, B.J.; BRADBURY, R.H.; COOKE, R.G.; KAY, M.C.; KIDWELL, S.M.; KIRBY, M.X.; PETERSON, C.H.; JACKSON, J.B.C. Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas. *Science.*, 312 (5781) (2006), pp. 1806-1809.

LUND, P.F. Nest production and nesting-site tenacity of the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, on Jupiter Island, Florida. M.S. [Tese]. University of Florida, Gainesville (1986).

MARANHÃO. Atlas do Maranhão. São Luís: GEPLAN, 2002.

MARCO A.; ABELLA-PEREZ, E.; TIWARI M. Vulnerability of loggerhead turtle eggs to the presence of clay and silt on nesting beaches. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 486 (2017), pp. 195-203.

MARCOVALDI, M.A.; MARCOVALDI, G.G. Marine Turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. *Biological Conservation.*, 91 (1) (1999), pp. 35-41.

MÁRQUEZ, M.R. FAO Species Catalogue. FAO Fisheries Synopsis, Sea turtles of the world: an annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date, v. 11, FAO, Rome (1990) n. 125.

MÁRQUEZ, M.R. Synopsis of biological data on the Kemp's Ridley turtle *Lepidochelys kempii* (Garman, 1880). NOAA Technical Memorandum, Rome (1994), NMFS-SEFSC-343.

MCLACHLAN, A. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. *Journal of Coastal Research*, 6:57-71, 1990.

MEYLAN, A.B.; MEYLAN, P.A. An Introduction to the evolution, life history, and biology of sea turtles. K.L. Eckert, K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*, IUCN/SSC Publication, 4, Consolidated Graphic Communications, Pennsylvania (1999), pp. 3-5.

MILLER, J. D. Reproduction in sea turtles. In: Lutz, P. L.; Musick, J. A. (eds.). *The Biology of Sea Turtles*. Boca Raton, FL: CRC Press. p. 51–81, 1997.

Milton, L.; A.A. Schulman & P.L. Lutz. 1997. The effect of beach nourishment with aragonite versus silicate sand on beach temperature and loggerhead sea turtle nesting success. *Journal of Coastal Research* 13 (3): 904-915.

MILTON, S.; LUTZ, P. Natural and human impacts on turtles. G. Shigenaka (Ed.), *Oil and sea turtles: biology, planning, and response*, NOAA National Atmospheric Administration, USA (2010), pp. 27-34

MORREALE, S. J.; RUIZ, G. J.; STANDORA, E. A. Temperature-dependent sex determination: current practices threaten conservation of sea turtles. *Science*, v. 216, n. 4551, p. 1245-1247, 1982.

MORTIMER J. A. The influence of beach sand characteristics on the nesting behavior and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). Source: *Copeia*, 19 (1990), pp. 802-817.

MORTIMER, J.A. Fatores que influenciam na seleção de praias de nidificação de tartarugas marinhas. In: BJORN DAL, K.A. (ed.), *Biologia e Conservação de Tartarugas Marinhas*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, pp. 45–51, 1995.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (organizadores). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. p. 253-308, 1994.

National Research Council. *Decline of sea turtles: causes and prevention*. Committee on Sea Turtle Conservation, National Academy Press, Washington (1990).

OWENS, D.W. Hormones in the Life History of Sea Turtles. P.L. Lutz, J.A. Musick (Colaboradores), *The Biology of Sea Turtles*, v. 1, CRC Press, Florida (1997), pp. 315-342.

PEREIRA, DANIEL DE MATOS. *Caracterização Sedimentar Das Praias Da Ilha Do Maranhão*. p.35. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, 2018.

PROVANCHA, J.A.; EHRHART, L.M. Sea nesting trends at John F. Kennedy Space Center and Cape Canaveral Air Force Station, Florida, and relationships with factors influencing nest site selection. *NOAA Tech. Rept. NMFS*, 53 (1987).

RIBEIRO, A. B. N.; BARRETO, L.; RIBEIRO, L. E. DE S., & AZEVEDO, R. R. Conservation aspects of sea turtles in Maranhão island, Sao Luis, Brazil. *Bioscience Journal*, 30(3), 2014.

SALMON, M.; REINERS, R.; LAVIN, C.; WYNEKEN, J. Behavior of loggerhead sea turtles on an urban beach. II. Correlates of nest placement. *J. Herpetol.*, 29 (1995), p. 560-567.

SELLEY, R.C. *Elements of Petroleum Geology*. 2ª edição. Londres: Academic Press. 470 (1998) p.

SPOTILA, J.R.; STANDORA, E.A.; MORREALE, S.J. & RUIZ, G. Temperature dependent sex determination in the turtle (*Chelonia mydas*): effects on the ratio on a natural nesting beach. *Herpetologica*, 43 (1): 74-81p, 1987.

STANDORA, E. A.; SPOTILA, J. R. Temperature dependent sex determination in sea turtles. *Copeia*, p. 711-722, 1985.

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blucher, São Paulo, 317p, 1973.

TUCKER, A.D. Nest site fidelity and clutch frequency of loggerhead turtles are better elucidated by satellite telemetry than by nocturnal tagging efforts: implications for stock estimation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 383 (1) (2010), pp. 48-55.

VIEIRA, H.; CALLIARI, L.; OLIVEIRA, G. O estudo do impacto da circulação de veículos em praias arenosas através de parâmetros físicos: um estudo de caso. *Engevista* v. 6, n. 3, p. 54-63, 2004.

WAN, K. S. *Física Fundamental do Solo*. Taipei, Taiwan, R.O.C. National Translation Bureau, (1987) 448p.

WEISHAMPEL, J. F.; BAGLEY, D. A.; EHRHART, L. M. Earlier nesting by loggerhead sea turtles following sea surface warming. *Global Change Biology*, v. 10, n. 8, p. 1424-1427, 2004.

WENTWORTH, C. K. A scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *J. Geology*, 1922. 30:377-392.

WOOD, D.W.; BJORN DAL, K.A.; ROSS, S.T. Relation of temperature, moisture, salinity, and slope to nest site selection in loggerhead sea turtles. *Copeia*, 2000 (2000), pp. 119-128.

WRIGHT L.D. & A.D. SHORT. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: A Synthesis. *Marine Geology*, 56 (1984) 93—118. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam - Printed in The Netherlands, 1984.

YAMAMOTO K. H.; ANDERSON S. J.; SUTTONA P. C. Measuring the effects of morphological changes to sea turtle nesting beaches over time with LiDAR data. *Journal of Sea Research*. Volume 104, October 2015, Pages 9-15.

YNTEMA, C.L.; MROSOVSKY, N. Sexual-differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica*, 36 (1) (1980), pp. 33-36.