

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH

**ESTIMATIVA DE RETENÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO NA LAGOA DO  
ARAÇA, RS, BRASIL, ATRAVÉS DA TAXA DE SEDIMENTAÇÃO MÉDIA,  
MORFOLOGIA DE FUNDO E PADRÕES DE CIRCULAÇÃO HÍDRICA**

**REGIS ALEXANDRE LAHM**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

**Orientador: Prof. Dr. Albano Schwarzbold**

**CO-orientador: Prof. Dr. Luiz Emílio Sá Brito Almeida**

**Banca examinadora**

**Prof. Dr. Roberto Naime**

**Fevale/RS**

**Prof. Dra. Teresinha Guerra**

**Ecologia/UFRGS**

**Prof. Dr. Luis Olinto Monteggia**

**IPH/UFRGS**

Porto Alegre, fevereiro de 2005

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Ana Claudia e aos meus filhos Julia e Lucas.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao orientador Albano Schwarzbald, pelo empréstimo de sua experiência, dedicação e paciência no decorrer desse trabalho.

Ao Co-orientador Luis Emílio Sá Brito Almeida pela dedicação prestada no decorrer dessa caminhada.

Ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – CECO, pelo suporte técnico fornecido, em especial a Gilberto Silveira dos Santos.

Aos meus bolsistas de iniciação científica do Laboratório de Tratamento de Imagens e Geoprocessamento, incansáveis e sempre dispostos, Roger dos Santos, Rafaela Printes, Wagner Finger, Patrícia Pietrobon e Gabriel Katz que me acompanharam nesta pesquisa.

Ao professor Alejandro Borche do IPH-UFRGS, pelas orientações fornecidas para o aplicativo de modelação de circulação superficial de lagos e lagoas.

Ao professor Jorge Alberto Villwock o qual inspirou o tema do presente trabalho, e toda equipe do Instituto de Meio Ambiente da PUCRS.

Aos colegas do Curso de Geografia da PUCRS, pelo incentivo e auxílio à esse professor.

À equipe do Laboratório de Dinâmica Populacional da PUCRS pelo fornecimento de suporte técnico e de pessoal para as análises morfológicas das amostras de campo, em especial a Andréa Gama e aos colegas Paulo Milani, Maria Lúcia Antunes e Aloísio Braun.

Aos colegas e amigos Eliseu Weber e Henrich Hasenack pelo apoio técnico fornecido na elaboração de cartas e mapas para esse trabalho.

A todos os funcionários do PPG – IPH, pela dedicação prestada a esse doutorando nessa empreitada.

À minha família pela compreensão que tiveram durante a realização desse trabalho, nos momentos de minha ausência.

A PROPESQ da UFRGS, à PUCRS e à FAPERGS (Processo 01/0328.0) pelo apoio financeiro a essa pesquisa.

E por fim, mas o mais importante dos agradecimentos, é um agradecimento especial ao professor Doutor e amigo Néelson Ferreira Fontoura, ao qual não tenho palavras para descrever o apoio prestado durante o desenvolvimento desse trabalho. Convivemos juntos em laboratórios, em campo e em seu barco. Tivemos momentos agradáveis, mas também momentos difíceis durante nossas expedições náuticas, porém sempre controlados por sua experiência e calma. Capitão, marinheiro e amigo, mas antes de tudo, professor: sua paciência e sensatez conjugada a uma visão científica de altas proporções, durante esses anos de convivência, realmente me ensinaram.

## RESUMO

Nos últimos anos, os processos sedimentares em corpos de água vêm merecendo particular atenção, principalmente no que diz respeito ao transporte dos sedimentos em suspensão e padrões de circulação hídrica, tendo em vista à necessidade de vários estudos para o manejo racional dos recursos hídricos. Também os processos sedimentares atuantes nos corpos de água em geral, principalmente os relacionados às taxas de sedimentação, são os mecanismos responsáveis diretos pela retenção de carbono orgânico nos mananciais hídricos, servindo de indicadores para a captura ou seqüestro de  $\text{CO}_2$  da atmosfera. Na planície costeira do Rio Grande do Sul, localiza-se um dos maiores sistemas lagunares do planeta. O maior desses sistemas, a laguna dos Patos, possui em sua extremidade nordeste corpos de água ainda pouco explorados. Toda essa região requer um estudo completo e minucioso, com acompanhamento sistemático de monitoramento interdisciplinar, na busca de uma análise e entendimento integrado das condições que regulam os mecanismos de transporte e deposição de sedimento e sua circulação hídrica. A área de estudo desse trabalho compreende a Lagoa do Araçá. Esta lagoa constitui-se no braço nordeste da Laguna dos Patos, apresentando uma superfície alagada de aproximadamente 20,77  $\text{km}^2$ . A lagoa drena a planície costeira entre os paralelos  $30^{\circ}11'$  e  $30^{\circ}15'$  S, a oeste do meridiano  $50^{\circ}31'$ . O objetivo do presente trabalho é estimar a contribuição relativa de sistemas límnicos rasos no processo de retenção de carbono orgânico em regiões de clima subtropical, identificar a deposição de sedimentos na Lagoa do Araçá para a quantificação do carbono orgânico retido; analisar os padrões morfológicos e sedimentológicos de fundo relacionando-os aos padrões de circulação hídrica, visando elaborar uma metodologia que possa ser aplicada em corpos de água límnicos rasos na retenção de carbono orgânico. Para a consecução dos objetivos propostos foram realizadas coletas de amostras na superfície de fundo na área de estudo, tendo por base uma matriz cartesiana disposta regularmente a cada 500 metros ao longo de paralelos de latitude e meridianos de longitude de forma a abranger toda a superfície da lagoa, totalizando 86 pontos amostrais relativos a granulometria, batimetria e teor de matéria orgânica. Dados referentes a ventos na região de estudo foram coletados através de um anemógrafo gráfico, na localidade de Solidão, município de Palmares do Sul, com objetivo de simular os padrões de circulação hídrica e velocidade orbital de onda na Lagoa do Araçá. Para a estimativa da taxa de sedimentação média e a retenção de carbono orgânico na lagoa foi perfurado um testemunho, tendo como referencia os produtos cartográficos de superfície de fundo e teor de matéria orgânica elaborados, sendo realizada sua datação geocronológica através do método de Radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ). A taxa de sedimentação média obtida foi  $0,0876 \text{ mm.ano}^{-1}$  sendo a taxa histórica de retenção de carbono orgânico retido estimado em  $624,59 \text{ Kg.Km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  e para a superfície da lagoa de  $12.972,75 \text{ kg.ano}^{-1}$  ou  $12,9 \text{ t.ano}^{-1}$ . A presente pesquisa demonstra que lagos, lagoas e outros corpos de água têm um papel importante na contribuição de retenção de carbono orgânico, mostrando-se de grande importância em seu ciclo. Evidentemente isso não compensa as emissões de gases causadas por atividades antrópicas nos dias de hoje.

**Palavras-chave:** Lagoa do Araçá, Sedimentação, Circulação, Carbono.

## ABSTRACT

In the last years, sedimentary processes in water bodies have been receiving a lot of attention, mainly regarding the transport of sediments in suspension and patterns of hydric circulation, having in mind the necessity of many studies for the rational management of hydric resources. Sedimentary processes acting on water bodies in general, mainly the ones related to sedimentary rates are also the direct mechanisms responsible for the retention of organic carbon in hydric springs, acting as indicators for the capture or seizure of CO<sub>2</sub> from the atmosphere. In the coastal plains of Rio Grande do Sul, there is one of the biggest lagoon systems of the planet. The biggest of these systems, Patos lagoon, has almost unexplored water bodies in its northeastern tip. This region requires a complete and detailed study, with a systematic tracking of interdisciplinary monitoring, in search of an integrated analysis and understanding of the conditions that regulate the mechanisms of transport and deposition of sediments and their hydric circulation. The area studied in this article comprises the Araçá Lagoon. This lagoon is the northeastern part of the Patos Lagoon, presenting a swampy surface of approximately 20.77 km<sup>2</sup>. The lagoon drains the coastal plain between parallels 30°11' and 30°15' S, located to the west of meridian 50°31'. The objective of this article is estimating the relative contribution of flat limnologic systems in the process of retention of organic carbon in regions of subtropical climate; identifying the deposition of sediments at Araçá Lagoon for the quantification of restrained organic carbon; analyzing the morphological and sedimentological background patterns, relating them to the patterns of hydric circulation, aiming at elaborating a methodology that can be applied to flat limnologic water bodies in the retention of organic carbon. For the consecution of the proposed objectives, sample collecting was carried out on the bottom surface in the studied area, having, as its base, a Cartesian matrix regularly disposed every 500 meters along latitude parallels and longitude meridians in order to comprise the whole surface of the lagoon, totaling 86 sample points related to granulometry, bathymetry and organic matter content. Data related to the winds in the studied region were collected through a graphic anemograph, in Solidão, a county in Palmares do Sul, with the objective of simulating the patterns of hydric circulation and orbital speed in the Araçá Lagoon. For the estimate of the average sedimentary rate and the retention of organic carbon in the lagoon, a core was drilled, having as a reference the elaborated cartographic products of the bottom surface and the content of organic matter. Its geochronological dating was carried out through the Radiocarbon method (<sup>14</sup>C). The rate of obtained average sedimentation was 0.0876 mm.year<sup>-1</sup>. The historical rate of retention of retained organic carbon was estimated in 624.59 Kg.Km<sup>-2</sup>.year<sup>-1</sup>; for the surface of the lagoon 12 972.75 Kg.year<sup>-1</sup> or 12.9 t.year<sup>-1</sup>. The current research demonstrates that lakes, lagoons and other water bodies play an important role in the contribution of retention of organic carbon, being extremely important in its cycle. Evidently, this does not compensate the emission of fumes originated from current antropic activities.

**Key words:** Araçá Lagoon, Sedimentation, Circulation, Carbon.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	4
FIGURA 2: LOCALIZAÇÃO EM DETALHE DA LAGOA DO ARAÇÁ, RS .....	5
FIGURA 3: MAPA DE SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO.....	15
FIGURA 4: PADRÕES DE CIRCULAÇÃO DA LAGOA DO CASAMENTO.....	18
FIGURA 5: IMAGEM LANDSAT TM5 DO CANAL DE RIO GRANDE BANDA DO VERMELHO. JUNHO DE 1992, ILUSTRANDO A ÁREA DE ESTUDO DE LAHM 1995 .....	19
FIGURA 6: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGENS DE SEDIMENTO NA LAGOA DO ARAÇÁ, RS .....	23
FIGURA 7: DIAGRAMA TRIANGULAR DE CLASSIFICAÇÃO DE SEDIMENTOS .....	25
FIGURA 8: LOCALIZAÇÃO DA RETIRADA DO TESTEMUNHO NA LAGOA DO ARAÇÁ...	33
FIGURA 9: RETIRADA DE TESTEMUNHO NA LAGOA DO ARAÇÁ.....	34
FIGURA 10: TESTEMUNHO EM ANÁLISE NO CECO/UFRGS.....	35
FIGURA 11: MAPA BATIMÉTRICO DA LAGOA DO ARAÇÁ COM ISÓBATAS DE 0,2 EM 0,2m .....	38
FIGURA 12: VISTA TRIDIMENSIONAL DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	39
FIGURA 13: PERCENTUAL GRANULOMÉTRICO MENOR QUE 0,063mm DA SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	40
FIGURA 14: PERCENTUAL GRANULOMÉTRICO DE 0,063mm DA SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	41
FIGURA 15: PERCENTUAL GRANULOMÉTRICO 0,125mm DA SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	42
FIGURA 16: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	43
FIGURA 17: PORCENTAGEM DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NA SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ E LOCALIZAÇÃO DO TESTEMUNHO PARA DATAÇÃO GEOCRONOLÓGICA .....	46

FIGURA 18: VENTOS PREDOMINANTES NO PERÍODO DE AMOSTRAGENS NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL NO PERÍODO DE 1988 A 1990.....	47
FIGURA 19: DIREÇÃO DO VENTO <i>VERSUS</i> OCORRÊNCIAS NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL, NO PERÍODO DE 1988 A 1990 .....	48
FIGURA 20: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NORTE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL NO PERÍODO DE 1988 A 1990.....	48
FIGURA 21: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NNE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	49
FIGURA 22: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	49
FIGURA 23: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO ENE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	50
FIGURA 24: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO ESTE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	50
FIGURA 25: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO ESSE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	51
FIGURA 26: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PRA VENTO SE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	51
FIGURA 27: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO SSE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	52
FIGURA 28: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO SUL NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	52



FIGURA 29: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO SSW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	53
FIGURA 30: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO SW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	53
FIGURA 31: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO WSW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	54
FIGURA 32: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO OESTE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	54
FIGURA 33: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO WNW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	55
FIGURA 34: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	55
FIGURA 35: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS <i>VERSUS</i> FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NNW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL.....	56
FIGURA 36: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO ENE – 42 km/h .....	62
FIGURA 37: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO ENE – 44 km/h .....	63
FIGURA 38: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE,	

1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO ENE – 46 km/h .....	64
FIGURA 39: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO ENE – 48 km/h .....	65
FIGURA 40: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO ENE – 50 km/h .....	66
FIGURA 41: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 50Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE Vento E – 40 km/h .....	67
FIGURA 42: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	68
FIGURA 43: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	69
FIGURA 44: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	70

- FIGURA 45: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO E – 48 km/h .....71
- FIGURA 46: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO E – 50 km/h .....72
- FIGURA 47: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO NE – 40 km/h .....73
- FIGURA 48: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO NE – 42 km/h .....74
- FIGURA 49: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....75
- FIGURA 50: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....76
- FIGURA 51: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA

VENTOS DE NE DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	77
FIGURA 52: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	78
FIGURA 53: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO WSW – 40 km/h .....	79
FIGURA 54: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE.....	80
FIGURA 55: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE.....	81
FIGURA 56: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE.....	82
FIGURA 57: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE.....	83
FIGURA 58: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE,	

1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE.....	84
FIGURA 59: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO SW – 40 km/h.....	85
FIGURA 60: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	86
FIGURA 61: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	87
FIGURA 62: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	88
FIGURA 63: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO SW – 48 km/h .....	89
FIGURA 64: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	90

- FIGURA 65: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO W – 40 km/h.....91
- FIGURA 66: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO W – 42 km/h .....92
- FIGURA 67: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO W – 44 km/h .....93
- FIGURA 68: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE.....94
- FIGURA 69: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO W – 48 km/h .....95
- FIGURA 70: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE VENTO W – 50 km/h .....96
- FIGURA 71: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA

VENTOS DE W DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE .....	97
FIGURA 72: SETORES DE REFERÊNCIA PARA INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DOS PROUTOS CARTOGRÁFICOS DE CIRCULAÇÃO DA LAGOA DO ARAÇÁ, RS.....	98
FIGURA 73: GRANULOMETRIA DA COLUNA DO TESTEMUNHO RETIRADO NA LAGOA DO ARAÇÁ, RS .....	101
FIGURA 74: CORRELAÇÃO ENTRE CARBONO ORGÂNICO RETIDO E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NA COLUNA DO TESTEMUNHO RETIRADO NA LAGOA DO ARAÇÁ.....	103
FIGURA 75: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CARBONO ORGÂNICO RETIDO NA SUPERFÍCIE DE FUNDO NA LAGOA DO ARAÇÁ ( $\text{g} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ), ESTIMADO A PARTIR DO MODELO POLINOMIAL AJUSTADO ENTRE TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONO ORGÂNICO RETIDO NA COLUNA DO TESTEMUNHO .....	104
FIGURA 76: MODELO EMPÍRICO DE PROBABILIDADE (P) DE TRANSPORTE DE UMA PARTÍCULA COM VENTO NE NA LAGOA DO ARAÇÁ NUM PERFIL E-W .	113
FIGURA 77: FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA 0,125mm VISTA EM 3D DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	115
FIGURA 78: RELAÇÃO ENTRE TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E PORCENTAGEM DE LAMA NO SEDIMENTO DA LAGOA DO ARAÇÁ .....	120
FIGURA 79: RELAÇÃO ENTRE TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E PORCENTAGEM DE AREIA FINA NO SEDIMENTO DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	120
FIGURA 80: COMPARAÇÃO ENTRE MAPA DE SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CARBONO ORGÂNICO RETIDO NA SUPERFÍCIE DE FUNDO NA LAGOA DO ARAÇÁ ( $\text{g} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ), ESTIMADO A PARTIR DO MODELO POLINOMIAL AJUSTADO ENTRE TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONO ORGÂNICO RETIDO NA COLUNA DO TESTEMUNHO. COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO R= 0,88 .....	123

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO EM DIFERENTES CORPOS DE ÁGUA DO MUNDO .....	11
TABELA 2: CALCULO DA PORCENTAGEM DE CADA ELEMENTO QUÍMICO PRESENTE NA MATÉRIA ORGÂNICA.....	36
TABELA 3: SUPERFÍCIE E PERCENTUAL DE CADA CLASSE DO MAPA DE SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ .....	44
TABELA 4: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS EM CADA DIREÇÃO NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO PALMARES DO SUL NO PERÍODO DAS AMOSTRAGENS.....	57
TABELA 5: VELOCIDADE VENTO MÍNIMA PARA RESSUSPENDER A FRAÇÃO ENTRE SILTE E AREIA MUITO FINA NA LAGOA DO ARAÇÁ.....	59
TABELA 6: PORCENTAGEM DE EVENTOS COM ENERGIA ORBITAL DE ONDA PARA RESSUSPENDER A FRAÇÃO ENTRE SILTE E AREIA MUITO FINA NA COSTA SUDOESTE DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	60
TABELA 7: PORCENTAGEM DE EVENTOS COM ENERGIA ORBITAL DE ONDA PARA RESSUSPENDER A FRAÇÃO ENTRE SILTE E AREIA MUITO FINA NA COSTA NORDESTE DA LAGOA DO ARAÇÁ.....	60
TABELA 8: CARBONO ORGÂNICO RETIDO EM LAGOS FECHADOS.....	125
TABELA 9: CARBONO ORGÂNICO RETIDO EM LAGOS ABERTOS .....	125



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	6
2.1 DESCRIÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	6
2.1.1 Bases geológicas.....	6
2.1.2 Aspectos climáticos.....	7
2.1.3 Aspectos limnológicos.....	8
2.2 TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO .....	8
2.3 ORIGEM DOS SEDIMENTOS NA LAGUNA DOS PATOS , LAGOA DO CASAMENTO E LAGOA DO ARAÇÁ.....	11
2.4 CIRCULAÇÃO SUPERFICIAL .....	17
2.5 RETENÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO .....	20
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	23
3.1 SEDIMENTOS DE SUPERFÍCIE DE FUNDO, ANÁLISE GRANULOMÉTRICA, TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E BATIMETRIA .....	23
3.2 DIREÇÃO E INTENSIDADE DOS VENTOS .....	28
3.2.1 Verificação da porcentagem do número de eventos com energia orbital de onda suficiente para ressuspensão da fração entre silte e areia muito fina na Lagoa do Araçá.....	28
3.2.2 Simulação dos padrões de circulação hídrica da Lagoa do Araçá .....	30
3.3 ESTIMATIVA DE TAXA HISTÓRICA DE SEDIMENTAÇÃO MÉDIA E DE RETENÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO .....	32
<b>4 RESULTADOS</b> .....	38
4.1 BATIMETRIA E DADOS MORFOMÉTRICOS .....	38
4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E MAPA DE SUPERFÍCIE DE FUNDO .....	40
4.3 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	45
4.4 RESULTADOS DA ANÁLISE DE DADOS REFERENTES A DIREÇÃO E INTENSIDADE DOS VENTOS PARA A LAGOA DO ARAÇÁ .....	47

4.5 RESULTADOS REFERENTES A PORCENTAGEM DO NÚMERO DE EVENTOS COM ENERGIA ORBITAL DE ONDA SUFICIENTE PARA RESSUSPENSÃO DA FRAÇÃO ENTRE SILTE E AREIA MUITO FINA NA COSTA SW E NE NAS DIVERSAS PROFUNDIDADES DA LAGOA DO ARAÇÁ .....	59
4.6 RESULTADOS REFERENTES AOS PADRÕES DE CIRCULAÇÃO DA LAGOA DO ARAÇÁ VENTO ENE – 40 km/h .....	61
4.7 RESULTADOS REFERENTES À ESTIMATIVA DE TAXA HISTÓRICA DE SEDIMENTAÇÃO MÉDIA E DE RETENÇÃO DE CARBONO .....	100
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>107</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>129</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>140</b>
ANEXO A – Dados da Lagoa do Araçá .....	141
ANEXO B – Dados da Coluna do Testemunho .....	143

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os processos sedimentares em corpos de água vêm merecendo particular atenção, principalmente no que diz respeito ao transporte dos sedimentos em suspensão e padrões de circulação hídrica, tendo em vista a necessidade de vários estudos para o manejo racional dos recursos hídricos.

Como exemplo, podem-se citar trabalhos desenvolvidos no rio Mississipi, EUA (RITCHIE *et al.*, 1976), na baía de Fundy, Canadá, (MUNDAY *et al.*, 1979), no estuário do rio de La Plata, Uruguai, (AYUP, 1986) e na laguna de Terminos, México, (JENSSEN *et al.*, 1989). Como exemplos de trabalhos desenvolvidos no Brasil pode ser citado o realizado por Sausen (1981), no reservatório de Três Marias, em Minas Gerais. Já no Estado do Rio Grande do Sul, foram realizados estudos na laguna dos Patos e adjacências, referentes a esse tema, como por exemplo, Herz (1977), Villwock (1977), Hartman (1989), Mendes (1990), Lahm (1995), Machado (2000) e Toldo *et al.* (2003).

Também os processos sedimentares atuantes nos corpos de água em geral, principalmente os relacionados às taxas de sedimentação, são os mecanismos responsáveis diretos pela retenção de carbono orgânico nos mananciais hídricos, servindo de indicadores para a captura ou seqüestro de CO<sub>2</sub> da atmosfera. A quantificação de carbono retido é um eficiente mecanismo para avaliação e monitoramento do efeito estufa.

Conforme o Protocolo de Kioto (1997), já foram liberadas desde a revolução industrial cerca de 270 bilhões de toneladas de gases na atmosfera destacando-se o CO<sub>2</sub>. Hoje esses mais variados gases formam um manto que, por vezes, alcança 20 km de espessura. Esse manto contribui de maneira significativa para que o calor do Sol irradiado pela Terra não se disperse de maneira apropriada, configurando o que se denomina de efeito estufa (PROTOCOLO DE KIOTO, 1997).

Segundo Johnson *et al.* (1982), em corpos de água o processo de retenção de carbono orgânico vai ocorrer conforme a taxa de sedimentação de fundo, havendo uma variação espacial e temporal no Carbono retido.

A planície costeira do Rio Grande do Sul pode ser identificada como uma unidade fisiográfica, primeiramente constituindo-se parte fundamental de um grande geosistema. Este é reconhecido por suas várias funções atuantes nos dias atuais e, até mesmo, por suas funções paleogeográficas, através da organicidade de seus componentes essenciais. Assim, essa região definida como compartimento central da estrutura do sistema natural referido, é receptora das multirelações que polarizam os fenômenos hidrológicos como fatores predominantes (HERZ, 1977).

Na planície costeira do Rio Grande do Sul, localiza-se um dos maiores sistemas lagunares do planeta. O maior desses sistemas, a laguna dos Patos, possui em sua extremidade nordeste corpos de água ainda pouco explorados.

Toda essa região requer um estudo completo e minucioso, com acompanhamento sistemático de monitoramento interdisciplinar, para buscar uma análise e entendimento integrado das condições que regulam os mecanismos de transporte e deposição de sedimento e sua circulação hídrica, além de preocupações com o impacto ambiental e sua contribuição para a minimização do efeito estufa.

A área de estudo desse trabalho compreende a Lagoa do Araçá. Esta lagoa constitui-se no braço nordeste da Laguna dos Patos, apresentando uma superfície alagada de aproximadamente 20,77 km<sup>2</sup>, recebendo como tributário o rio Capivari. A lagoa drena a planície costeira entre os paralelos 30°11' e 30°15' S, a oeste do meridiano 50°31'. Faz parte da Bacia L20, denominada Bacia do Litoral Médio, segundo a Lei 10.350 de 30 de dezembro de 1994, que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. As Figuras 1 e 2 mostram a localização da área de estudo.

O trabalho que se segue tem como objetivo estimar a contribuição de sistemas límnicos rasos no processo de retenção de carbono orgânico em regiões subtropicais.

Identificar a deposição de sedimentos na Lagoa do Araçá para a quantificação do carbono orgânico retido.

Analisar os padrões morfológicos e sedimentológicos de fundo relacionando-os aos padrões de circulação hídrica, visando elaborar uma metodologia eficiente que possa ser aplicada em corpos de água límnicos rasos na retenção de carbono orgânico.

O estudo da Lagoa do Araçá justifica-se por constituir um sistema ainda pouco explorado. Caracteriza-se como um braço importante da Lagoa do Casamento e, por conseguinte da Laguna dos Patos, servindo perfeitamente como modelo em escala reduzida da maior bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul, o que vem ao encontro do objetivo desta pesquisa.

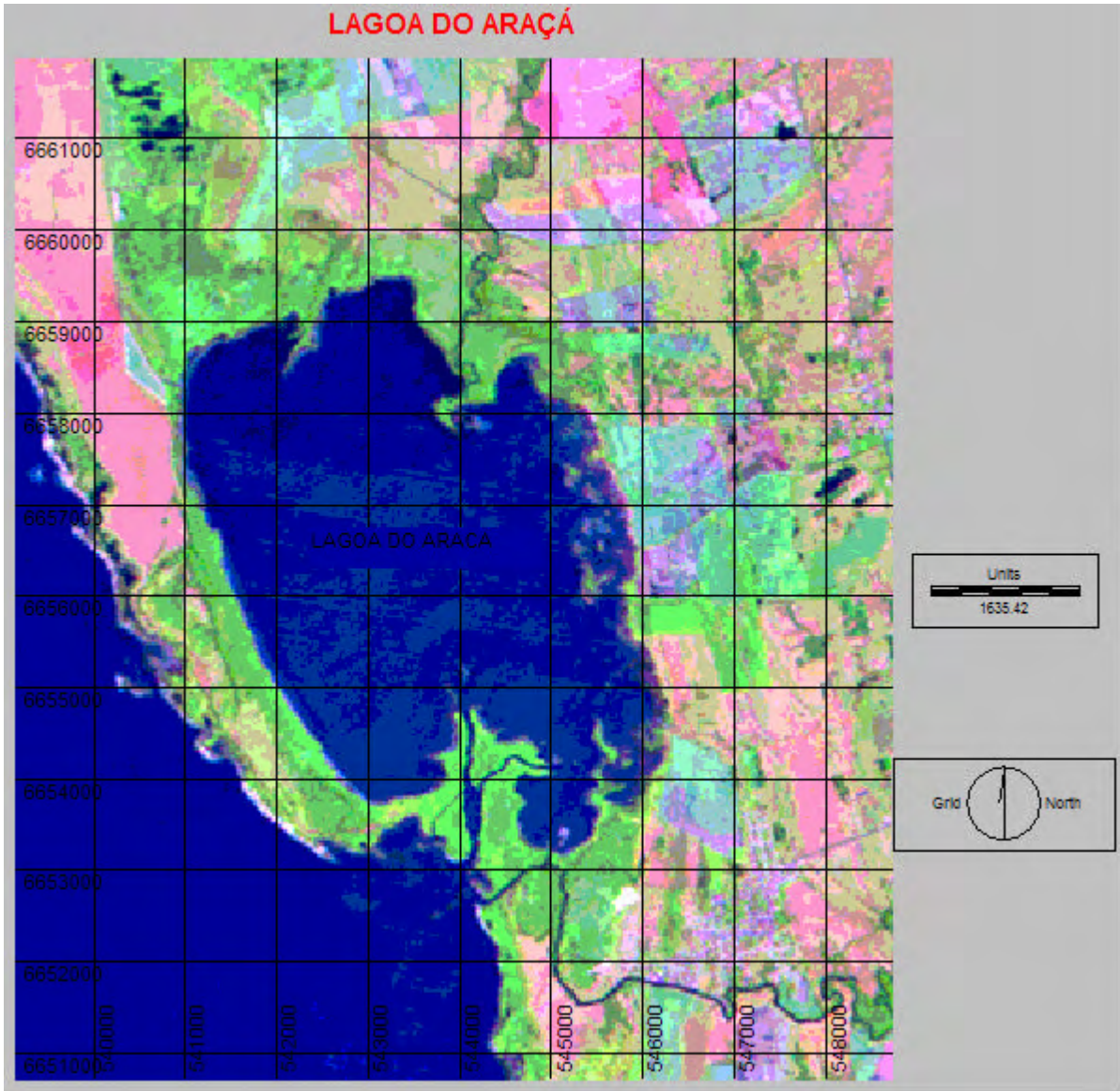
# IMAGEM SISTEMA LANDSAT ETM + 7

Composição Colorida 5r4g3b



FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Fonte: Laboratório de Tratamento de Imagens e Geoprocessamento - LTIG - PUCRS



**FIGURA 2: LOCALIZAÇÃO EM DETALHE DA LAGOA DO ARAÇÁ, RS**

Fonte: LTIG – GEOGRAFIA - PUCRS

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DESCRIÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

#### 2.1.1 Bases geológicas

Segundo Villwock (1978), o sistema lagunar em estudo é parte integrante da Província Costeira do Rio Grande do Sul, sendo constituída por dois elementos geológicos maiores, o Embasamento e a Bacia de Pelotas. O primeiro é composto pelo complexo cristalino pré-cambriano e pelas seqüências sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná. O segundo, a Bacia de Pelotas, compõe-se de uma seqüência sedimentar clástica acumulada em uma bacia marginal subsidente, instalada tectonicamente a borda do embasamento a partir do Cretáceo.

Até presentemente foram depositados cerca de 1,5 Km de sedimentos na Bacia de Pelotas desde o Mioceno, sendo possível observar uma série de regressões e transgressões marinhas, que foram controladas pelo balanço entre as taxas de subsidência e sedimentação e pelas variações eustáticas ocorridas na era Cenozóica.

O sistema lagunar alvo desse estudo teve origem no desenvolvimento de uma barreira múltipla, cujo crescimento foi condicionado pelas oscilações eustáticas que ocorreram no Quaternário (CURRAY *et al.*, 1969).

Villwock (1978), analisando geomorfológicamente o sistema lagunar sudoeste adjacente, Lagoa do Casamento, deduziu que sua configuração atual resultou da atuação dos processos sedimentares que acompanharam quatro ciclos de transgressão – regressão, proporcionando a compartimentação da laguna, mediante o crescimento de pontais arenosos.



Os processos deposicionais principais ocorridos durante a evolução da margem lagunar foram os relacionados com a ação das ondas, correntes e ventos. Atualmente a região de estudo sofre a ação de ventos que atuam predominantemente do quadrante NE. Esses ventos controlam a circulação das águas, gerando ondas e correntes litorâneas que são mais efetivas nas margens Oeste e SW do que na Leste (VILLWOCK, 1978).

As características morfométricas básicas dos principais lagos que ocorrem na área da planície costeira do Rio Grande do Sul foram apresentadas por Schwarzbald (1982). A análise dos dados deste demonstra evidências significativas. Talvez o fato que desperte maior atenção é a fraca correlação existente entre o tamanho dos corpos de água e a sua profundidade.

Conforme Delaney (1965), pensava-se que quanto maior fosse o corpo de água, maior deveria ser sua profundidade. Trabalhos realizados por Jost & Soliani Jr. (1976) Tomazelli & Villwock (1991) revelaram que isto não acontece.

Conforme Villwock (1977), a topografia de fundo da Lagoa do Casamento, embora suave, é muito variada. A grande parte das margens apresenta-se rasas, oscilando entre 0,5 e 1 metro, estando as partes mais profundas confinadas às zonas centrais girando em torno de 4 metros. Segundo Gama (2004), a topografia de fundo da Lagoa do Araçá apresenta-se nos mesmos padrões da Lagoa do Casamento, com profundidades médias girando em torno de 2 metros, considerando um perfil longitudinal na direção de leste para oeste apresenta um incremento gradual de profundidades atingindo uma profundidade máxima de 2,2 metros.

### **2.1.2 Aspectos climáticos**

Segundo Costa & Moreira (1989) duas massas de ar influenciam o clima na região da Planície Costeira, as originadas no Anticiclone do Atlântico e no Anticiclone Migratório Polar. Em vista disto, o clima na região das lagoas em estudo apresenta-se com umidade de forte a média, garantindo a precipitação durante o

ano inteiro, com variação anual de 1.200 a 2.000mm, atuando como aspecto positivo no regime das águas da região.

O verão apresenta-se quente, sendo no mês de janeiro a ocorrência do pico de temperatura com média de 31,0°C, e o inverno com o mês de julho apresentando a média mínima de 7,0°C. O vento predominante na região é o Nordeste, com velocidade média de 5m/s, seguido por SW, com velocidades médias de 8m/s, durante as passagens de frentes frias. (SCHWARZBOLD & SCHÄFER, 1984; OLIVEIRA & RIBEIRO, 1986; KLEIN, 1997).

### **2.1.3 Aspectos limnológicos**

A Lagoa do Araçá apresenta uma baixa transparência, conseqüência do material em suspensão em sua lamina de água, limitando a ocorrência de macrófitas e minimizando a penetração de luz na coluna de água. A pouca penetração de luz, conseqüência da alta turbidez, ocasiona uma baixa produtividade primária na lagoa, à semelhança de outras lagoas costeiras do Rio Grande do Sul ligadas a mesma gênese, como pode ser observado em trabalhos de Oliveira (1983) e Schwarzbald & Schäfer (1984).

## **2.2 TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO**

Segundo Carvalho (1994) a sedimentação é um processo abrangendo a erosão, transporte e deposição dos materiais transportados pelos agentes geológicos superficiais, quer de forma eólica, lagunar, fluvial ou glacial. Esses materiais podem também ser transportados por correntes litorâneas e por processos biológicos, sendo o processo culminado pela conseqüente deposição desse material nos corpos de água.

A tectônica e as variações eustáticas do nível do mar controlam o espaço disponível para a acumulação dos sedimentos. A tectônica, a eustasia, o clima e os

processos oceanográficos interagem no controle do suprimento dos sedimentos sobre as margens continentais.

A deposição de sedimentos sobre as margens continentais é o resultado de uma interação complexa entre os processos tectônicos, as oscilações do nível do mar, as variações climáticas e os processos orográficos e oceanográficos.

O preenchimento gradual e a velocidade de assoreamento do piso dos corpos de água lacustres são estimados através das taxas de sedimentação, geralmente mensurados em unidade métrica por unidade de tempo, geralmente mm por ano. As taxas de sedimentação sofrem influências dos padrões de circulação hídrica do corpo de água e, estas por sua vez, são influenciadas pelo regime de ventos, características geológicas e geomorfológicas da região de entorno e a morfologia de fundo dos corpos de água (TOLDO *et al.*, 1999).

As taxas de sedimentação em lagos e lagunas costeiras podem ser bastante elevadas, principalmente naquelas lagunas onde a hidrodinâmica de marés é reduzida pelo fechamento definitivo ou restrição de contato com o ambiente marinho. As lagunas costeiras do tipo afogadas tendem a se fechar completamente, passando por processo de assoreamento constante e a conseqüente transformação em brejos. Esse fenômeno é um processo natural que levaria milhares de anos, contudo é acelerado pela ação antrópica (KJERFVE, 1986).

Um exemplo desse fato é a laguna de Piratininga (RJ), onde, segundo Wasserman *et al.* (1998), após obras da municipalidade na praia de Itaipú (RJ). que resultaram no fechamento definitivo da ligação com o oceano foi verificada uma sedimentação média de 50 cm até 1995, resultando numa taxa de sedimentação girando em torno de  $33\text{mm.ano}^{-1}$ . Seguindo essa performance a laguna desaparecerá em aproximadamente 10 anos, pois possui uma profundidade máxima de 0,50 m.

A colmatção de lagunas tem um impacto ambiental muito maior do que a simples perda da beleza natural da paisagem. Uma proposta de monitorar e

gerenciar a colmatção desses corpos de água é através da comparação de cartas batimétricas atuais com cartas batimétricas mais antigas.

Toldo *et al.* (1999) indicaram na Laguna dos Patos, RS, Brasil, taxas de sedimentação de  $0,52\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$  para grandes períodos, durante os últimos 3.000 anos, produzindo uma deposição média anual da ordem de  $4,5 \times 10^6$  toneladas de sedimento. Os autores utilizaram para datação da camada de sedimentação o método do  $^{14}\text{C}$  e também o  $^{210}\text{Pb}$ .

Em trabalhos desenvolvidos por Edgington *et al.* (1991), relativos à avaliação de taxas de sedimentação do lago Baikal na Ásia, foram utilizados 10 testemunhos coletados em diversas profundidades. A menor taxa de sedimentação calculada foi de  $0,16\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ , correspondendo a uma massa de  $0,003\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$ , a uma profundidade de 230m. A taxa de sedimentação mais elevada calculada foi  $1,21\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ , correspondendo a uma massa de  $0,052\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$ , a uma profundidade de 100m. Foi obtida a taxa de sedimentação média  $0,6\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$  para todos os testemunhos analisados.

A Tabela 1 a seguir apresenta um resumo de taxas de sedimentação obtidas em diferentes corpos de água, sua localização, sua referência e o método de datação utilizado.

**TABELA 1: TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO EM DIFERENTES CORPOS DE ÁGUA DO MUNDO**

LOCALIZAÇÃO	MÉTODO	TX mm/ano	REFERÊNCIA
Oyster Pond, MA; EUA	<sup>14</sup> C	2,6 – 3,6	Emery, 1969
Charlestown, RI; EUA	<sup>14</sup> C	0,5	Boothroyd <i>et al.</i> 1985
Great Sound NJ; EUA	<sup>14</sup> C	1,5 – 1,8	Thorbjarnarson <i>et al.</i> 1985
Chincoteague, MD/VA;EUA	<sup>14</sup> C	1,5	Ferland, 1985
Wachpreague, VA; EUA	<sup>14</sup> C	1,4	Newman & Munsart, 1968
Pamlico/Neuse R.NC; EUA	<sup>14</sup> C	0,2	Benninger & Martens, 1983
MóBILE Bay, AL; EUA	<sup>14</sup> C	1,0	Ryan & Goodell, 1972
Galveston, TX; EUA	<sup>14</sup> C	3,6 – 3,8	Shepard, 1953
Matagorda/Lavaca, TX; EUA	<sup>14</sup> C	1,4	Wright, 1980
San Antonio, TX; EUA	<sup>14</sup> C	1,6 – 2,4	Wright, 1980
Copano, TX; EUA	<sup>14</sup> C	1,0	Shepard, 1953
Corpus Christi, TX, EUA	<sup>14</sup> C	1,7	Shepard, 1953
Baffin Bay, TX,, EUA	<sup>14</sup> C	1,9	Cornwell <i>et al.</i> Unpubl.
Laguna Madre, TX; EUA	<sup>14</sup> C	1,2	Rusnak, 1960
Mangrove Lagoon, VI;EUA	<sup>14</sup> C	1,1	Nichols & Towle, 1977
Mandal Pond, VI; EUA	<sup>14</sup> C	0,7	Nichols & Brush, 1967
Laguna de Tramandaí, BR.	<sup>210</sup> Pb	4,3 - 4,4	Dillenburg & Burnett, 1995
Lagoa Erhai - CHINA	<sup>210</sup> Pb	1,35	Wan <i>et al.</i> 2002

Fonte: NICHOLS, 1989. Modificada.

### 2.3 ORIGEM DOS SEDIMENTOS NA LAGUNA DOS PATOS, LAGOA DO CASAMENTO E LAGOA DO ARAÇÁ

A origem do material em suspensão das águas do complexo lagunar Patos, região adjacente à área de estudo da presente pesquisa, decorre dos aspectos geológicos e geomorfológicos das áreas drenadas pela referida bacia hidrográfica.

Villwock (1972) demonstra que as áreas drenadas pelo sistema lagunar Patos são constituídas principalmente por rochas de idade pré-cambrianas, paleozóicas e mesozóicas da bacia do Paraná, além de depósitos cenozóicos da planície costeira.

O mesmo autor, comparando as características geológicas e geomorfológicas das áreas drenadas pelo sistema Patos, salienta que a porção norte da bacia contribui com maior volume de material sedimentar, uma vez que a maioria de seus cursos de água, encontram-se em estágio juvenil, conseqüentemente com alto poder de erosão.

Calliari (1980) estudando a proveniência dos sedimentos de fundo do estuário, indicou como provável área de origem a própria planície costeira, constituída pelas areias quartzosas, pleistocênicas e pelas areias do holoceno, além do material proveniente do escudo uruguaio-sul-riograndense.

Entretanto, Alvarez *et al.* (1981) lembram que a principal fonte de sedimentos da Laguna dos Patos é a carga em suspensão do complexo fluvial que deságua no lago Guaíba. Inicialmente depositam-se os mais grosseiros no complexo Guaíba, enquanto as frações mais finas são depositadas ao longo da laguna e, principalmente, no estuário. A fração mais fina (argila), continua em suspensão, indo depositar-se na região costeira oceânica.

Nesse sistema estuarino atual, vários ambientes com diferentes características morfológicas, sedimentológicas e ecológicas coexistem e refletem o padrão de evolução desse sistema sedimentar. Devido a isso, antigos canais de escoamento da lagoa foram abandonados em função do aparecimento cíclico de novos canais de escoamento, permitindo assim a formação de regiões denominadas de "sacos" com características diferentes daquelas encontradas anteriormente. Dessa maneira, o aporte atual de sedimentos ao estuário é restrito aos finos carregados em suspensão através do corpo lagunar, enquanto a fração arenosa, que participa dos processos dinâmicos atuantes na região do estuário, provém do retrabalhamento local de sedimentos relictos quartenários depositados inicialmente em condições dinâmicas distintas das atuais (ALVAREZ, *et al.*, 1981).

Martins & Gammermann (1967) estudaram os sedimentos da Laguna dos Patos sob o ponto de vista de sua granulometria. Concluíram que a porção norte da laguna é coberta em sua maior parte por sedimentos silticos limitada à leste por uma estreita zona de sedimentos arenosos finos e a oeste por outra zona estreita de sedimentos arenosos grosseiros, ambas resultantes do retrabalhamento das áreas marginais adjacentes. Os autores também concluíram que os sedimentos dominantes têm a classe modal mais saliente no intervalo de silte grosso, sendo mal classificados, com assimetria muito positiva e sua distribuição é sempre leptocúrtica.

A fonte principal desses sedimentos, segundo os autores acima, é o material em suspensão oriundo dos tributários do Delta do Jacuí, da erosão de suas margens e dos sedimentos provenientes do Escudo, que vão ser depositados na Lagoa, depois de passarem pelo Lago Guaíba.

Villwock (1977), após análise granulométrica, mapeou a distribuição dos sedimentos de fundo na Lagoa do Casamento.

Quatro fácies texturais foram determinadas nestes sedimentos:

- 1- Fácies arenosa
- 2- Fácies areno - siltica
- 3- Fácies silto – arenosa
- 4- Fácies Siltica

A grande variedade de sedimentos agrupados na fácies arenosa, evidenciada durante os trabalhos de campo realizados por Villwock (1977), permitiram sua divisão em sub-fácies.

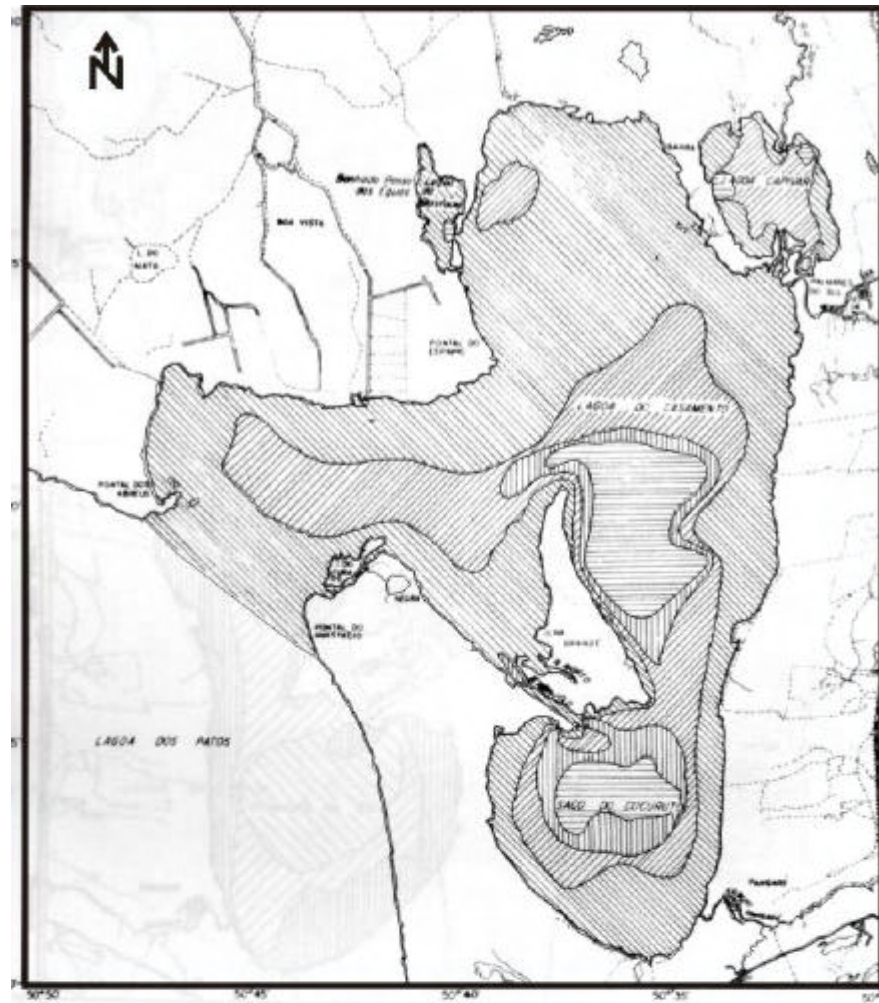
- 1- Sub-fácies areia média
- 2- Sub-fácies areia média – fina
- 3- Sub-fácies areia fina – média
- 4- Sub-fácies areia fina

Segundo Villwock (1977) as condições de sedimentação a partir da análise granulométrica dos materiais de uma província sedimentar, mostrou-se eficiente no estudo de sedimentos de fundo na Lagoa do Casamento.

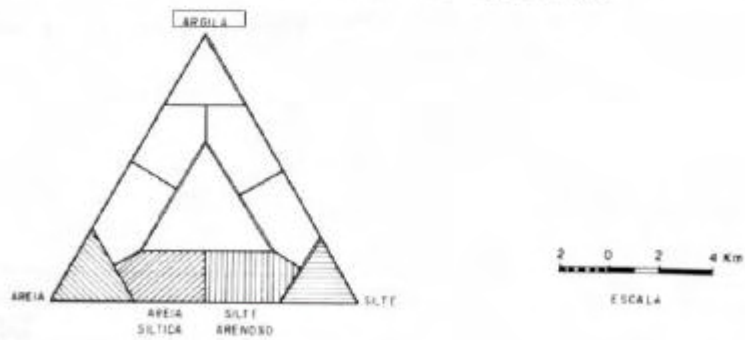
O autor observou que a variação de tais parâmetros é dependente do tipo de material fornecido pelas diversas áreas fonte, das variações de energia dos agentes deposicionais que atuam no ambiente lagunar e, em parte, da sua evolução nos últimos tempos geológicos.

A Figura 3 apresenta o mapa de sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento, segundo Villwock (1978).





SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO  
 FÁCIES TEXTURAS AREIA - SILTE - ARGILA



**FIGURA 3: MAPA DE SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E DA LAGOA DO ARAÇÁ, RS**

Fonte: Modificada de VILLWOCK, 1978.

Segundo o autor, o material siltico acumulado nas partes centrais tem sua origem na carga de suspensão dos cursos de água que drenam a margem lagunar e, principalmente, do material que ingressa na Lagoa do Casamento junto com as massas de água proveniente da laguna dos Patos. O material trazido desta forma provém do complexo fluvial do Guaíba, conforme conclusão obtida por Martins & Gammermann (1967), descrito acima.

Segundo Villwock (1977), os rios Palmares e Capivari, que drenam a Lagoa do Casamento se encontram em fase senil sem condições de transportar mais sedimentos. Além disso, correm em uma planície de inundação. Porém esses dois rios, quando a precipitação é abundante alimentam a lagoa e o saco do Cucuruto. Esses fatores conjugados com os ventos predominantes são responsáveis pela sedimentação nos bolsões da Lagoa do Casamento e o escoamento maior ou menor de sedimentos. Ou seja, com ventos do quadrante sul a Lagoa do Casamento é represada, possibilitando a deposição de sedimentos no fundo, devido também ao pequeno aumento de salinidade elevando seu nível, favorecendo a floculação, e quando os ventos são do quadrante norte, a água proveniente dos dois rios lava o fundo da lagoa levando os sedimentos laguna dos Patos adentro.

Pode-se concluir, mediante o exposto, que as configurações das praias da laguna dos Patos são devido aos ventos predominantes dos dois quadrantes, a Lagoa do Casamento e, por conseguinte, a Lagoa do Araçá, vem a se configurar no braço nordeste da laguna dos Patos justamente por ter uma forma NE-SW, que são as direções dos ventos predominantes citados, sendo a Lagoa do Araçá uma extensão de todo este complexo lagunar.

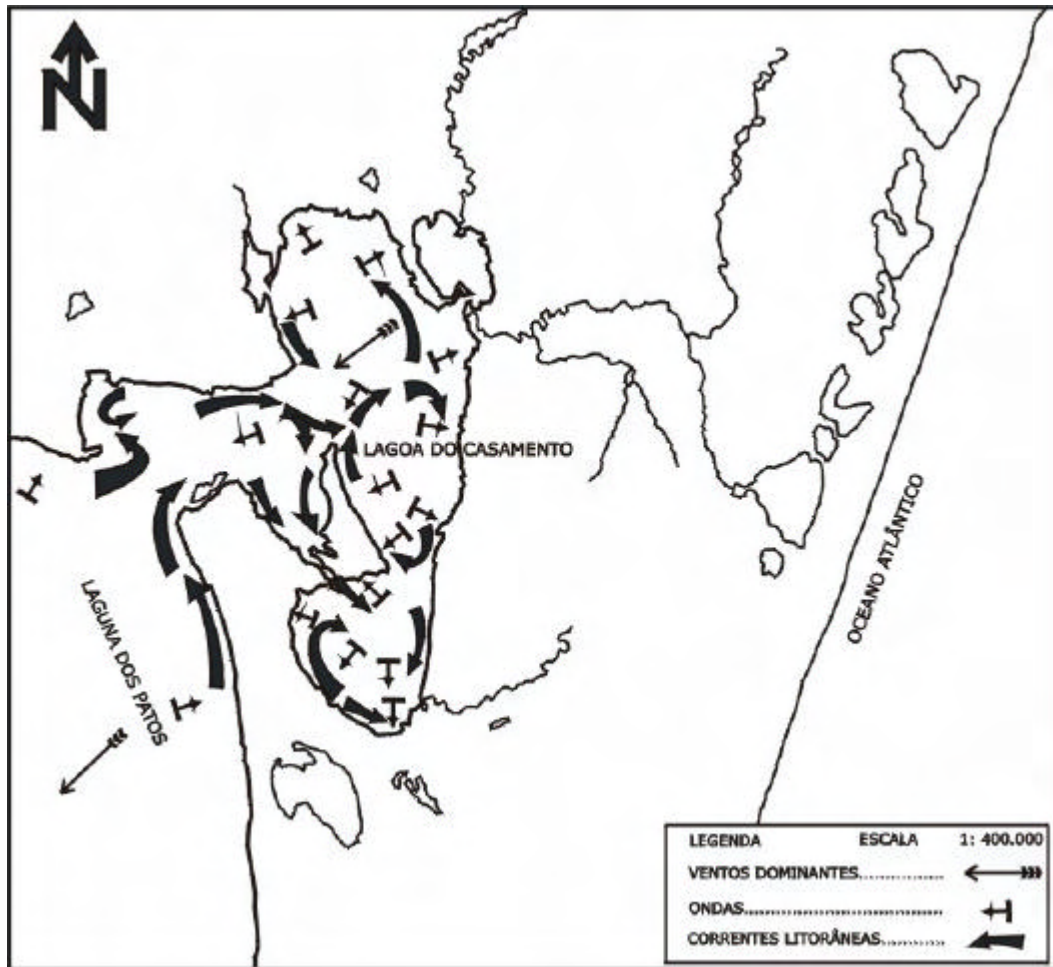
## **2.4 CIRCULAÇÃO SUPERFICIAL**

O estudo da circulação superficial nos corpos de água tem merecido diversas abordagens desde as últimas décadas. Herz (1974) propôs um modelo de circulação para as águas superficiais da laguna dos Patos, utilizando o material em suspensão como traçador natural em imagens orbitais. O referido autor fez

interpretações preliminares de imagens obtidas pelo sensor ERTS – 1 e o laboratório espacial SKYLAB. Já em 1977 o mesmo autor propõe modelos de padrões de circulação para a Laguna dos Patos, utilizando o sensor LANDSAT MSS, afirmando que se pode transformar informações qualitativas em semiquantitativas, no que diz respeito aos padrões de circulação das águas.

Villwock (1977) esquematiza os padrões de circulação da Lagoa do Casamento, tomando por base o relevo de fundo (batimetria), o regime dos ventos e observações qualitativas feitas no local e em imagens orbitais, como pode ser observado na Figura 4. Segundo o autor os ventos predominantes na Lagoa do Casamento sopram do quadrante NE. Tais ventos controlam a circulação das águas, gerando ondas e correntes litorâneas que são mais efetivas nas margens oeste do que nas margens leste. Esta circulação é ainda influenciada pelo fornecimento de água ao corpo lagunar pelos rios Capivari e Palmares e pela Laguna dos Patos através de comunicação entre os pontais dos Abreus e Anastácio.

A forma atual da laguna dos Patos retrata o trabalho de mecanismos dinâmicos acionados pelo sistema eólico. Suas margens mostram uma sucessão de amplas baías e esporões arenosos resultante do trabalho das ondas e das correntes litorâneas no sentido de orientar as praias perpendicularmente à direção dos ventos dominantes. Essas feições são muito mais desenvolvidas na margem oeste da lagoa, exatamente a que sofre com maior intensidade os ventos predominantes de NE.

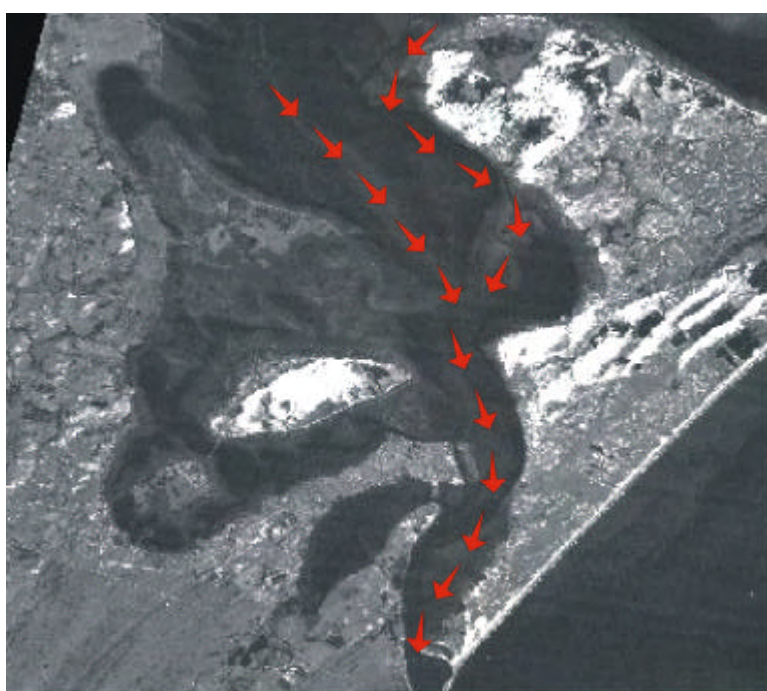


**FIGURA 4: PADRÕES DE CIRCULAÇÃO DA LAGOA DO CASAMENTO**

Fonte: Modificada de VILLWOCK, 1977.

Lahm (1995), através de amostragens de seston no canal de Rio Grande, correlacionadas a imagens orbitais LANDSAT TM 5 nas bandas do visível, elaborou mapa temático das concentrações de sedimentos desse corpo de água, ratificando o material em suspensão como traçador natural dos padrões de circulação de corpos de água. O autor verificou que no momento da tomada da imagem, quatro mecanismos de comportamento do seston estavam associados à massa de água que integrava o estuário, sendo eles: Mecanismo associado ao complexo Patos, responsável pelo aporte do maior suprimento de material em suspensão ao estuário; mecanismo associado ao canal de São Gonçalo (bacia da lagoa Mirim), com baixa concentração de seston; mecanismo associado à concentração intermediária de

seston, localizado ao sul das duas massas de água provenientes do norte do estuário, influenciado pela variação de salinidade, permitindo o fenômeno da floculação do seston, conseqüentemente com índices mais baixos de material em suspensão; mecanismo associado à concentração de seston mais elevada, localizada ao sul da cidade de Rio Grande, caracterizada pela ressuspensão de fundo de influência marinha. A Figura 5 ilustra a área de estudo do autor, exemplificando a circulação com vento de NE.



**FIGURA 5: IMAGEM LANDSAT TM5 DO CANAL DE RIO GRANDE.  
BANDA DO VERMELHO. JUNHO DE 1992,  
ILUSTRANDO A ÁREA DE ESTUDO DE LAHM 1995.**

Fonte: LAHM, 1995.

Borche (1996), desenvolveu um sistema mais versátil e de fácil utilização em microcomputadores PC, destinado à simulação dos padrões de circulação superficial, do escoamento e do transporte de massa em corpos de água. O método utilizado para a resolução numérica das equações que definem o escoamento, é baseado na técnica de diferenças finitas, semi-implícita de direções alternadas. As equações da continuidade e dinâmica, previamente integradas na vertical,

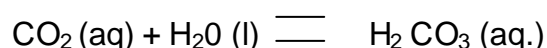
consideram a perda de carga junto ao fundo, a ação do vento na superfície, a força de Coriolis e um coeficiente de difusão turbulenta. Segundo o autor, esse sistema é aplicável ao estudo de corpos de água onde as dimensões horizontais predominem sobre as dimensões verticais.

A utilização deste tipo de modelagem matemática em lagoas e estuários permite, desde que apoiada em dados apropriados, à compreensão da importância de cada um dos fatores que atuam no escoamento e conseqüentemente nos padrões de circulação hídrica.

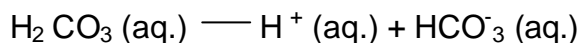
## 2.5 RETENÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO

A seguir, primeiramente, apresenta-se uma definição entre carbono inorgânico e carbono orgânico.

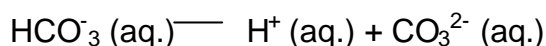
Conforme Margalef (1977) e Esteves (1998) o carbono inorgânico apresenta um das características mais marcantes do ambiente aquático que é a forma lenta dos processos de difusão de gases. O CO<sub>2</sub> dissolvido na água possui uma pequena capacidade de difusão sendo 1.000 vezes mais lenta que na atmosfera. Devido a esse fato muitos organismos aquáticos adaptam-se para superar a essa dificuldade. O CO<sub>2</sub> presente no meio aquático tem como origens principais a atmosfera, chuva, águas subterrâneas e a decomposição e respiração de organismos. O CO<sub>2</sub> em corpos de água geralmente está combinado com outros compostos, sendo que a própria molécula da água reage facilmente como CO<sub>2</sub>. Isso ocorre logo que o CO<sub>2</sub> se difunde no meio líquido, onde parte se combina com a água formando o ácido carbônico:



O ácido carbônico é um ácido fraco, sofrendo uma primeira dissociação originando íons de hidrogênio e bicarbonato:



Logo a seguir haverá uma segunda dissociação dos íons bicarbonato formando íons de hidrogênio e carbonato:



Em síntese, o carbono inorgânico pode ocorrer no ambiente aquático, em três formas: carbono inorgânico “livre” [ $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq.}) + \text{CO}_2(\text{aq.})$ ], íons bicarbonato e carbonato, relacionadas com o pH do ambiente aquático.

O somatório das diferentes formas de carbono inorgânico presente na água é chamado de carbono inorgânico.

Ainda segundo os autores acima, o ciclo do carbono se destaca pela sua complexidade e abrangência, englobando todos os aspectos da limnologia, desde a produtividade primária, cadeias alimentares e fenômenos de sucessão biológica. Em um ecossistema aquático os diferentes tipos de carbono orgânico podem ser agrupados em duas categorias: carbono orgânico detrital e carbono orgânico particulado da biota. O carbono orgânico total é o conjunto do carbono orgânico detrital e orgânico particulado da biota. O carbono orgânico detrital é composto pelo carbono orgânico dissolvido e carbono orgânico particulado detrital, porém devido as grandes dificuldades de metodológicas de separação o carbono orgânico detrital do carbono orgânico particulado da biota, muitos autores os determinam conjuntamente, denominando-os de carbono orgânico particulado total. O carbono orgânico particulado detrital corresponde ao seston orgânico, material orgânico em suspensão, detrito orgânico particulado, detrito particulado ou biodetrito é de fundamental importância para os ecossistemas límnicos, podendo ser de origem alóctone e/ou autóctone nesses sistemas. O carbono orgânico estudado na presente pesquisa é carbono orgânico particulado total, denominado de carbono orgânico.

A concentração de carbono orgânico em lagos, lagoas e estuários, e a sua consequente quantificação podem servir de indicador para a estimativa de captura

de CO<sub>2</sub> da atmosfera, tornando-se um eficiente mecanismo para avaliação e monitoramento do efeito estufa em diferentes períodos geológicos. Em corpos de água o processo de retenção de carbono está relacionado com a taxa de sedimentação de fundo (JOHNSON *et al.*, 1982).

Segundo Einsele *et al.* (2001) as bacias de lagos e lagoas correspondem a cerca de 0,8% da superfície dos oceanos ou 2% da superfície da Terra e podem seqüestrar uma surpreendente quantidade de Carbono atmosférico da ordem de  $70 \times 10^6 \text{ t.ano}^{-1}$ . Essa quantidade pode alcançar quatro vezes mais Carbono atmosférico seqüestrado que os oceanos. Isso se deve ao fato da rápida acumulação de sedimentos lacustres, numa média cinquenta vezes maior que os oceanos tendo em vista as áreas de drenagem dos corpos de água responsáveis diretamente pelas altas taxas de acumulação de Carbono.

No lago Grande Curuai, situado no baixo Amazonas TURCQ *et al.* (2004), utilizando um testemunho (core) e seis armadilhas (traps), analisaram o carbono orgânico recente estocado correlacionando-o com a morfologia de fundo do corpo de água. A taxa de sedimentação foi obtida pelo método do <sup>210</sup>Pb cuja variação oscilou entre 4,2 e 13,4 mm.ano<sup>-1</sup>. Os autores obtiveram taxas de retenção de carbono orgânico  $100 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  com picos que chegaram a  $250 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  conforme a elevação do nível do referido corpo de água. Conforme os autores os estudos sugerem que a planície de inundação da Amazônia se constitui num grande sumidouro de Carbono orgânico.

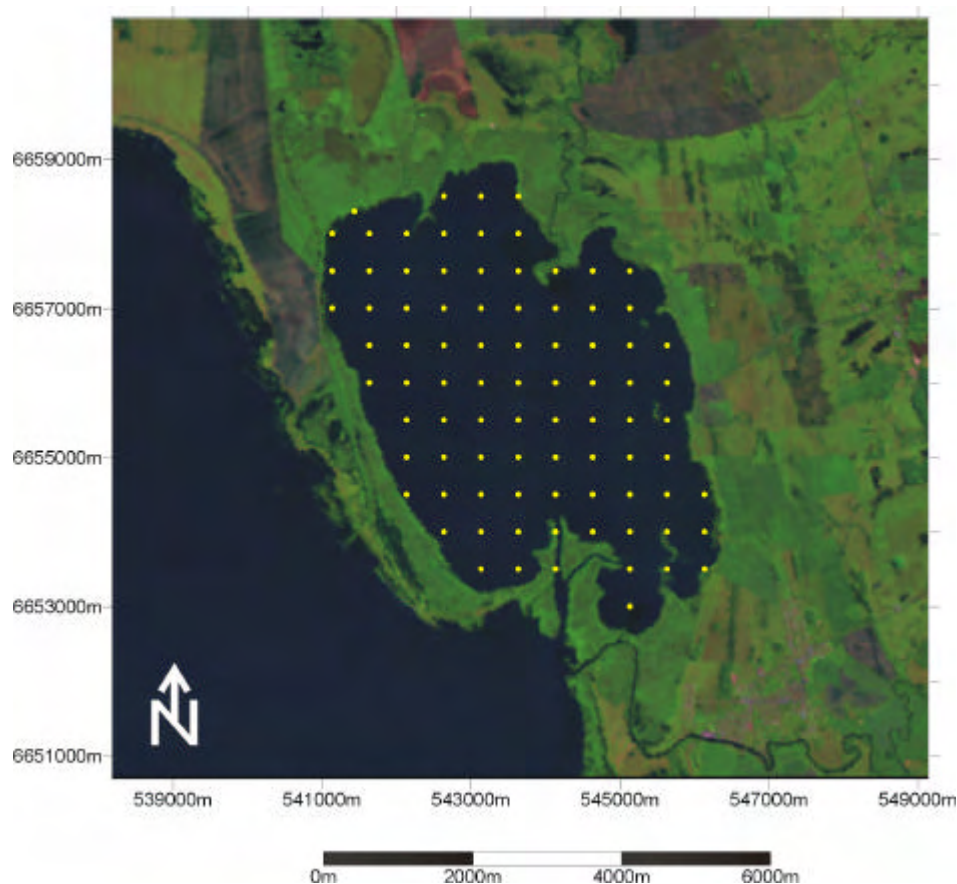
Wan *et al.* (2002) realizaram estudos referentes ao perfil de testemunhos no lago Erhai, situado em baixa latitude e alta altitude no Sudoeste da China. Os autores obtiveram três estágios com características distintas do carbono orgânico: deposição-decomposição-acumulação, resultado da decomposição da matéria orgânica durante a diagênese precoce. Os resultados obtidos entre deposição e acumulação para o carbono orgânico são de 12,7 e 7,2 g.m<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup> respectivamente. As taxas de sedimentação para os testemunhos tiveram uma variação entre 0,4 e 1,35 mm.ano<sup>-1</sup>.



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 SEDIMENTOS DE SUPERFÍCIE DE FUNDO, ANÁLISE GRANULOMÉTRICA, TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E BATIMETRIA

Visando obter uma representação dos padrões de sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá a análise de sua granulometria e o teor de matéria orgânica, foram realizadas coletas de amostras na superfície de fundo no período de 03/2002 a 12/2003, tendo por base uma matriz cartesiana disposta regularmente a cada 500 metros ao longo de paralelos de latitude e meridianos de longitude de forma a abranger toda a superfície da lagoa, totalizando 86 pontos amostrais, conforme a Figura 6.



**FIGURA 6: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGENS DE SEDIMENTO NA LAGOA DO ARAÇÁ, RS**

As amostras foram obtidas através de draga de Eckman com 225cm<sup>2</sup> de área (15x15cm). Cada amostragem foi georeferenciada através de aparelho GPS Garmin 48, composto por oito canais, com margem de erro de até 30 metros, sendo 15 metros de erro referente ao aparelho GPS e 15 metros de erro referente ao posicionamento da embarcação.

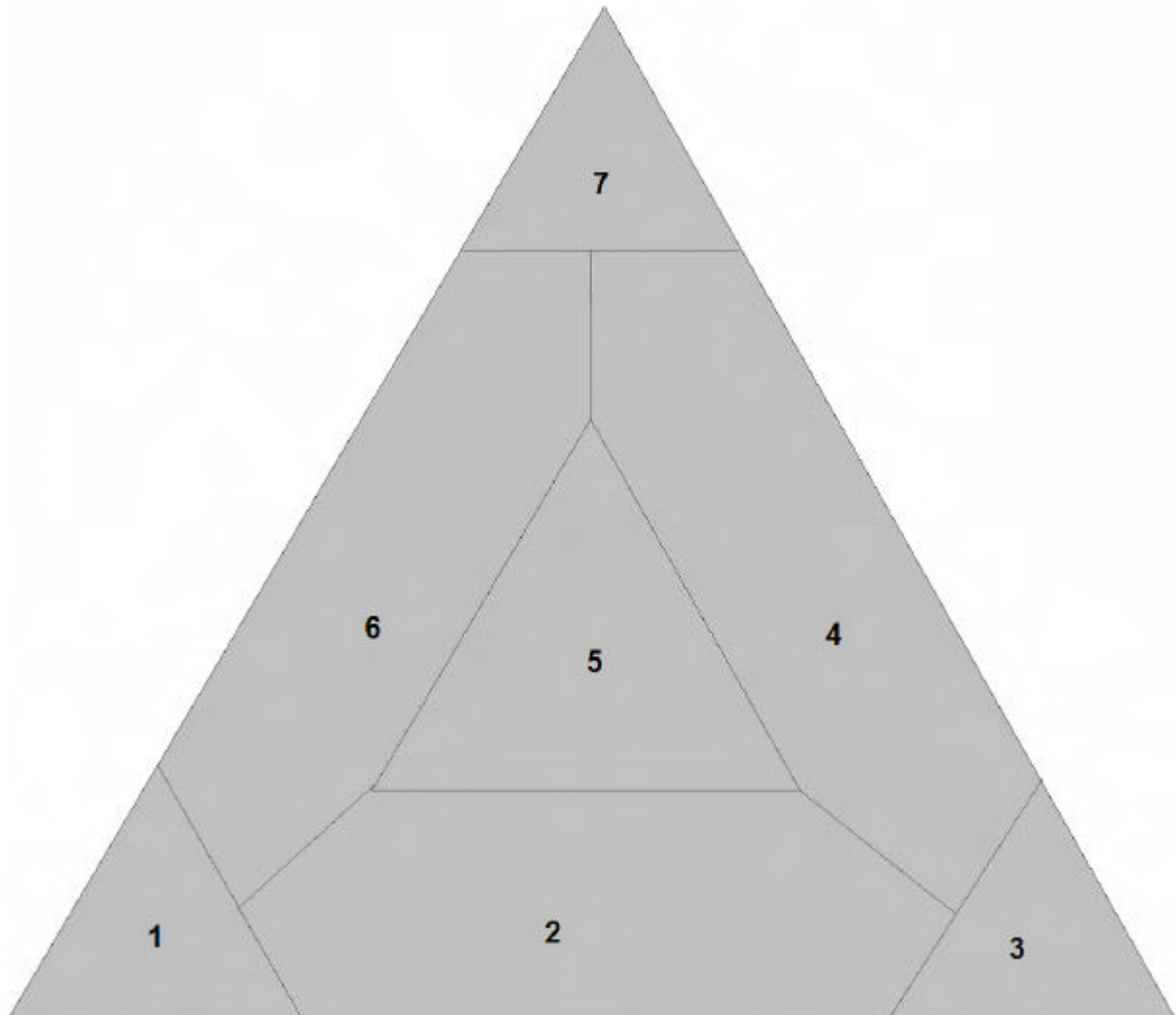
As amostras de sedimento (250g) foram inicialmente desidratadas a 70°C por 24h, com repetições até peso constante em estufa. O teor de matéria orgânica foi então verificado por diferença de peso após oxidação do Carbono a 550°C por três horas através de uma mufla Quimis. A classificação granulométrica do sedimento foi efetuada através das frações de peso retidas em peneiras de malha 2mm; 1mm; 0,5mm; 0,25mm; 0,125mm e 0,063mm, utilizando-se um agitador eletromagnético Bartel. Os trabalhos foram executados no Laboratório de Dinâmica Populacional da PUCRS.

Os dados de granulometria e teor de matéria orgânica das 86 amostras foram tabulados sendo dispostos nas dimensões de latitude, longitude, teor de matéria orgânica e frações granulométricas de 0,25mm, 0,125mm, 0,063mm e menores que 0,063mm.

No software IDRISI 32, RELEASE TWO, foi elaborado um produto cartográfico referente a cada fração granulométrica (0,125mm, 0,063mm e frações menores que 0,063mm) tendo por base os 86 pontos de sedimentos, amostrados no fundo da Lagoa do Araçá. A geração de cada produto cartográfico, mostrando a frequência de distribuição da porcentagem de cada fração na superfície de fundo da lagoa, foi obtido através de interpolação, cujo método utilizado foi o do *Inverso do Quadrado da Distância*.

A elaboração do produto cartográfico referente à distribuição dos sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá, teve por base os resultados das análises das frações granulométricas dos sedimentos dos 86 pontos amostrados. Essas permitiram a classificação dos sedimentos em fácies distintas, obedecendo ao critério da maior porcentagem de predominância, conforme Shepard (1954), adaptados nesse

trabalho conforme o Diagrama Triangular de Classificação de Sedimentos em 7 fácies, conforme a Figura 7:



1- Areia fina, 2- Areia fina com areia muito fina, 3- Areia muito fina, 4- Lama com areia muito fina, 5- Areia fina com areia muito fina com lama, 6- Areia fina com lama, 7- Lama.

**FIGURA 7: DIAGRAMA TRIANGULAR DE CLASSIFICAÇÃO DE SEDIMENTOS**

Fonte: Adaptado de VILLWOCK, 1977.

A fácies areia muito fina (3), não teve ocorrência nas amostras de sedimentos, permanecendo o conjunto amostral com seis fácies.

A seguir foram verificados os intervalos de variação de cada fração correspondente de cada amostra. Isso possibilitou através do software IDRISI 32, RELEASE TWO, a criação de seis produtos cartográficos referentes a cada fácies, utilizando o módulo RECLASS, respeitando os intervalos das frações granulométricas, tendo por base o Diagrama Triangular de Classificação de Sedimentos (SHEPARD, 1954). Assim foram elaboradas imagens no formato RASTER de cada fácies correspondendo a uma classe distinta. O produto cartográfico referente ao mapa de sedimentos de fundo se originou da sobreposição das seis classes elaboradas em formato RASTER, no software IDRISI 32 RELEASE TWO, através do módulo OVERLAY.

Para a elaboração do produto cartográfico visando à distribuição da frequência de porcentagem do teor de matéria orgânica na superfície de fundo da Lagoa do Araçá, o mesmo teve por base a metodologia empregada na elaboração dos produtos correspondentes às três frações granulométricas anteriormente obtidas, sendo produzido também por interpolação pelo método do *Inverso do Quadrado da Distância*.

Nos mesmos 86 pontos das amostragens granulométricas, foi obtida a profundidade de cada ponto através de sonda manual. A profundidade foi corrigida pela média anual (obtida entre os anos de 2001 e 2003), do nível fluviométrico do rio Palmares, determinado através de régua instalada em junho de 2001 no referido rio e verificada diariamente no horário das 12h00min.

Cada cota batimétrica foi georeferenciada através de aparelho GPS Garmin 48, conforme anteriormente descrito.

Os pontos batimétricos foram tabulados sendo dispostos nas dimensões de latitude, longitude e batimetria. A seguir os 86 pontos batimétricos foram interpolados, no software IDRISI 32, RELEASE TWO, gerando uma grade regular. O método de interpolação utilizado foi o "*Inverso do Quadrado da Distância*".

Todos os produtos cartográficos elaborados, tanto de frações granulométricas, como de teor de matéria orgânica, bem como de batimetria, tiveram suas operações realizadas em um retângulo envolvente de coordenadas planas, no sistema de projeção UTM, cuja área extrapolou as dimensões da superfície de estudo.

Com o objetivo de ilustrar apenas as dimensões da área de estudo, foi elaborada uma máscara da Lagoa do Araçá. Essa máscara foi obtida através da digitalização do contorno da referida lagoa, oriunda da carta elaborada pela DSG, SH22ZAI2, na escala de 1:50.000, com auxílio do software *CARTALINKS*, cujo produto foi exportado para o IDRISI 32, RELEASE TWO.

Através de operações aritméticas de multiplicação realizadas no software IDRISI 32, RELEASE TWO, entre os produtos finais desenvolvidos e a máscara elaborada, foi possível obter produtos que ilustrassem apenas o corpo de água em estudo.

Todos os produtos cartográficos utilizados no presente trabalho foram elaborados através de técnicas de geoprocessamento, tendo como base cartográfica final:

Projeção: UTM

Fuso: 22

Sistema de Coordenadas: Planas

Origem das Coord: 10.000Km no Equador 500Km no Meridiano Central

Datun Vertical: Córrego Alegre, MG

Resolução Espacial: 30X30 metros

Elaboração: LTIG/Geografia/PUCRS

RT: Geógrafo Regis Lahm CREA /RS: 89190

## **3.2 DIREÇÃO E INTENSIDADE DOS VENTOS**

O regime dos ventos tem grande influência na dinâmica de um sistema lagunar, por se constituir no principal fator de indução de ondas e correntes.

Os dados referentes aos ventos foram coletados através de um anemógrafo gráfico, marca Wild, instalado a 10 metros do solo, no período de 11 de fevereiro de 1988 a 07 de maio de 1990, na localidade de Solidão, à margem leste da Laguna dos Patos, município de Palmares do Sul, localidade mais próxima à área de estudo, totalizando 17.705 ocorrências.

Os dados foram coletados diariamente, no período de 24 horas, registrando intensidade e direção dos ventos em 4 quadrantes e 12 sub-quadrantes da Rosa dos Ventos. As velocidades utilizadas nessa pesquisa correspondem à média horária registrada.

As informações permitiram a geração de uma série de gráficos ilustrando o número de ocorrências da direção do vento versus a frequência de velocidade média horária, um gráfico da Rosa dos ventos indicando a predominância da direção do vento e um gráfico de direção dos ventos versus o número de ocorrências.

A análise da direção e intensidade dos ventos na Lagoa do Araçá teve dois objetivos principais:

### **3.2.1 Verificação da porcentagem do número de eventos com energia orbital de onda suficiente para ressuspensão da fração entre silte e areia muito fina na Lagoa do Araçá**

Com o objetivo de se verificar a porcentagem do número de eventos com energia orbital de onda suficiente para suspensão da fração entre silte e areia muito fina nas diversas profundidades da Lagoa do Araçá, utilizou-se o modelo sugerido segundo SPM (1979), que fornece a previsão de ondas e velocidade orbital de

partículas sobre o fundo em corpos de água. Entende-se como velocidade orbital de onda a velocidade gerada no fundo lagunar, durante a passagem de uma onda em superfície gerada pelo vento. Conforme Hjulstöm (1939), a velocidade de movimentação de partículas em correntes aquosas para frações no limite entre silte e areia muito fina gira em torno de 0,2m/s.

Para a consecução do objetivo proposto os ventos trabalhados foram os mais significativos em termos de ocorrências e intensidade, tendo por base os gráficos de direção e intensidade de ventos elaborados, sendo: NE, ENE e, E, com ação na costa Sudoeste e os ventos W, WSW e SW, com ação na costa Nordeste da Lagoa do Araçá.

A partir dos dados de vento nessas direções foi possível calcular a velocidade orbital de ondas máxima junto ao fundo da lagoa, conforme a propagação da mesma, originada numa dada direção e intensidade de vento numa pista de ação de vento (Fetch) determinada.

A equação utilizada para calcular a velocidade orbital máxima ( $U_{max}$ ) junto ao fundo é:

$$U_{m\acute{a}x} = \frac{\pi H}{T \operatorname{senh} \frac{2\pi d}{L_d}} \quad L_d = (2\pi d L_o)^{0,5} \left( 1 - \frac{\pi d}{3L_o} \right) \quad L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$$

Onde:  $L_o$  = Comprimento da onda em águas profundas (m)

$L_d$  = Comprimento da onda na profundidade d (m)

T = Período da onda (s)

H = Altura da onda

d = Profundidade

g = Aceleração da gravidade

A partir das fórmulas acima, foi elaborada no software Excel uma planilha com os seguintes dados de entrada:

Altura do anemógrafo: 10m

Velocidade do vento: Variável, conforme a definição anterior

Fetch: 4830m NE-SW

Profundidade média ao longo da pista de ação do vento (Fetch): 1,63m

A seguir foram introduzidas as fórmulas no software para cálculo automático da velocidade orbital de onda sobre o fundo da lagoa, conforme a intensidade do vento para uma pista de ação de vento (Fetch) NE – SW de 4830m, correspondendo à profundidade média da lagoa de 1,63m.

Com base nos gráficos de frequência de velocidade de ventos elaborados para as seis direções propostas e, sabendo-se a velocidade orbital mínima de movimentação da fração no limite entre silte e areia muito fina, utilizando-se as fórmulas inseridas no software Excel, foi possível identificar para diferentes profundidades da lagoa, na pista de ação de vento (Fetch) determinada (NE-SW), a velocidade do vento capaz de movimentar as frações no limite acima mencionado.

Assim foram obtidos resultados que retratam a porcentagem de eventos capazes de gerar velocidade orbital de onda mínima para suspender as frações no limite entre silte e areia muito fina na costa Oeste e Nordeste nas diferentes profundidades da Lagoa do Araçá.

### **3.2.2 Simulação dos padrões de circulação hídrica da Lagoa do Araçá**

Os padrões de circulação da Lagoa do Araçá foram obtidos através de simulação dos padrões de circulação para lagos, lagoas e estuários. O método utilizado para a resolução numérica das equações, foi baseado na técnica de diferenças finitas, semi-implícita de direções alternadas (BORCHE, 1996). O modelo foi basicamente alimentado por dados de batimetria, contorno da lagoa e dados de direção e intensidade de ventos predominantes na área de estudo. O objetivo foi



verificar as velocidades de correntes para a movimentação da fração granulométrica no limite entre silte e areia muito fina na região da Lagoa do Araçá.

A utilização deste tipo de modelagem matemática em lagoas e estuários permite, desde que apoiada em dados apropriados, a compreensão da importância de cada um dos fatores que atuam no escoamento e conseqüentemente nos padrões de circulação hídrica do corpo de água em estudo.

Para a implementação do modelo de circulação foram necessários entrada de dados de configuração geométrica, referentes aos contornos e profundidades (batimetria) da área de estudo. A seguir foram colocadas as condições de contorno para a simulação do modelo, indicando os níveis do corpo de água, conforme dados referentes à variação do nível da Lagoa do Araçá, nível inicial do corpo de água e latitude da área de estudo. As fronteiras foram consideradas fechadas devido o curto espaço de tempo previsto para a simulação do modelo, tendo em vista que os tributários do corpo de água se encontram em região plana e que a circulação superficial é diretamente derivada do vento predominante.

A seguir foram informadas a intensidade e direção do vento em cada instante, para toda a área de simulação, para que o modelo obtivesse a interpolação do valor da tensão de cisalhamento em cada elemento da malha no corpo lagunar.

Posteriormente foram indicados o intervalo e tempo de cálculo, tamanho de malha, rugosidade de fundo, constante de atrito de vento, coeficiente de viscosidade turbulenta, tendo como base Borche (1996).

#### RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA NO PROGRAMA:

Tamanho de malha: 50m

Latitude da Região: 30°

Coeficiente de Viscosidade: 10 m<sup>2</sup>/s

Coeficiente de atrito do vento: 0,0000035

Nível inicial do corpo de água: 0m

Coefficiente de Chezy:  $60 \text{ m}^{1/2}$  - (fundo de lama à areia fina)

Vento decomposto em vetores X e Y.

Velocidade do vetor X = Velocidade do vento . Seno (2.p. Azimute/360°)

Velocidade do vetor Y = Velocidade do vento . Coseno (2.p. Azimute/360°)

O objetivo principal das simulações de circulação da Lagoa do Araçá foi verificar qual a velocidade mínima para gerar corrente com energia suficiente para suspensão de frações no limite entre silte e areia muito fina na região de estudo.

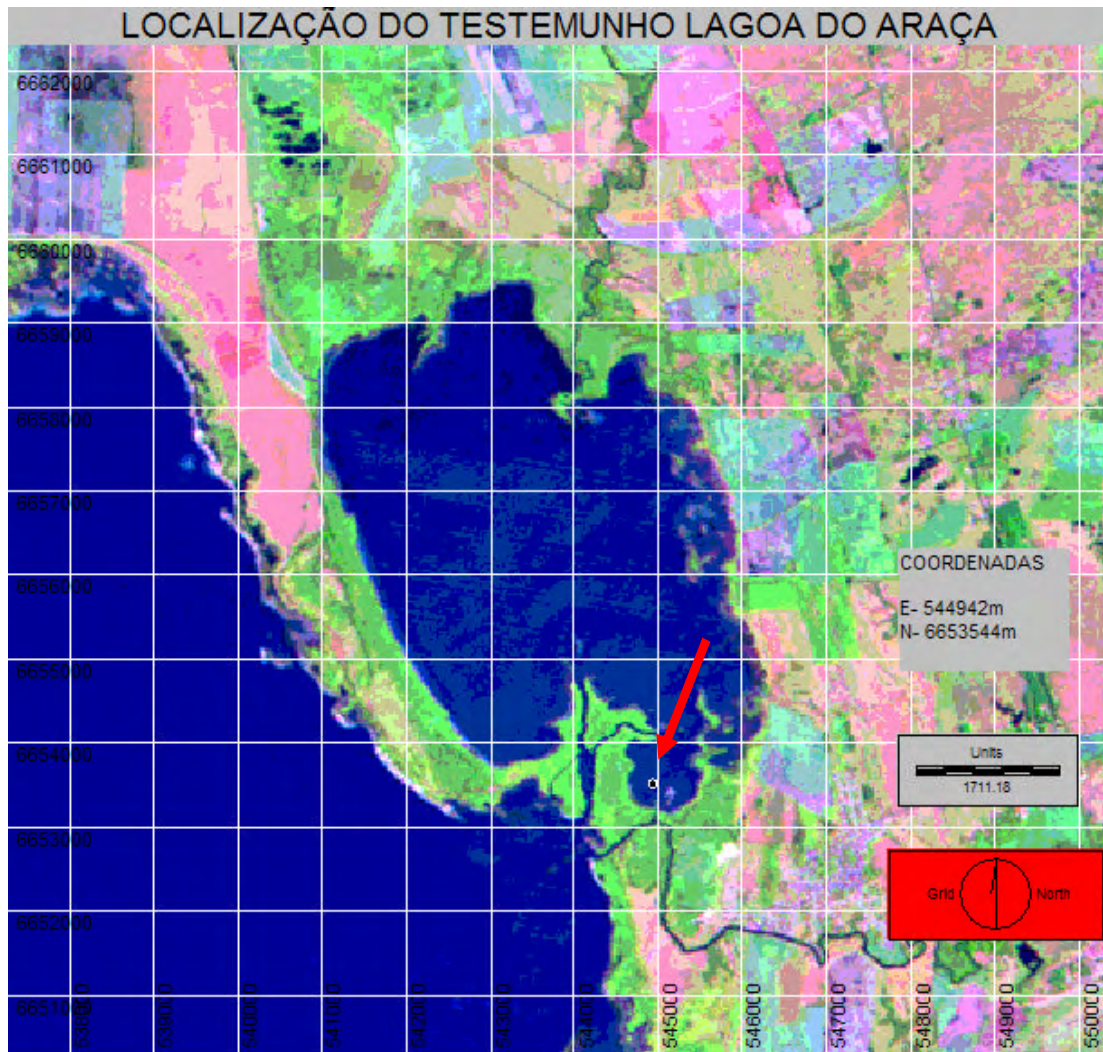
Para cada direção de vento foram simulados padrões de circulação na Lagoa do Araçá nas diferentes velocidades de vento, em função do regime registrado para a região de estudo, concomitante à capacidade de geração de correntes superiores a 0,2m/s, a qual, segundo Hjultöm (1939), pode ser considerada a velocidade mínima para a ressuspensão da fração no limite entre silte e areia muito fina.

As simulações para cada velocidade de vento tiveram durações de 4 horas, pois a partir desse período observou-se que a circulação da lagoa não apresentava mudanças significativas. Foram elaboradas simulações representando a circulação da lagoa com as respectivas velocidades de correntes para cada hora, gerando para cada vento 24 situações.

### **3.3 ESTIMATIVA DE TAXA HISTÓRICA DE SEDIMENTAÇÃO MÉDIA E DE RETENÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO**

Com o objetivo de estimar a taxa de sedimentação média e a retenção de carbono orgânico na Lagoa do Araçá foi perfurado um testemunho em 22/08/2004, tendo como referência os produtos cartográficos de superfície de fundo e teor de matéria orgânica elaborados. O testemunho foi perfurado nas coordenadas plano-retangulares E – 544942m e N – 6653544m, a uma profundidade de 1,10m,

conforme a Figura 8. O testemunho foi retirado através de tubo PVC conectado por uma válvula esfera a um tubo de alumínio, ambos com diâmetro de 50 mm, ilustrado na Figura 9, no momento da obtenção do testemunho na Lagoa do Araçá. Na Figura 10 o testemunho é cortado no CECO/UFRGS para fatiamento e análise.



**FIGURA 8: LOCALIZAÇÃO DA RETIRADA DO TESTEMUNHO NA LAGOA DO ARAÇÁ**



**FIGURA 9: RETIRADA DE TESTEMUNHO NA LAGOA DO ARAÇÁ**



**FIGURA 10: TESTEMUNHO EM ANÁLISE NO LABORATÓRIO DO CECO/UFRGS**

A coluna do testemunho teve um comprimento total de 0,70m e foi fatiado em frações de 5 em 5 cm, do topo à base, visando análise granulométrica, com base nos mesmos protocolos utilizados nas análises dos 86 pontos amostrados.

Foi estimado o teor de matéria orgânica na coluna do testemunho pelo método que consiste na combustão desse material pulverizado. O teor de matéria orgânica foi convertido em carbono orgânico retido através da fórmula geral de proporção dos elementos químicos que compõe a matéria orgânica, baseada em Redfield Molécula, (REDFIELD, 1958 *apud* WETZEL & LIKENS, 1990), indicando que o carbono corresponde a 35,8276% do teor de matéria orgânica total, conforme a Tabela 2.

Fórmula de Redfield:



**TABELA 2: CÁLCULO DA PORCENTAGEM DE CADA ELEMENTO QUÍMICO PRESENTE NA MATÉRIA ORGÂNICA**

Elemento Químico	B - Massa Atômica	C - Número de Átomos nas moléculas	Massa Atômica X Número de Átomos	Porcentagem do Elemento Químico
Carbono	12,0100	106	1273,06	35,82760109
Hidrogênio	1,0080	263	265,104	7,460795532
Oxigênio	16,0000	110	1760	49,53150513
Nitrogênio	14,0100	16	224,16	6,308512608
Fósforo	30,9700	1	30,97	0,871585633
<b>Soma</b>	<b>69,99</b>	<b>496</b>	<b>3553,294</b>	<b>100</b>

Fonte: REDFIELD, (1958) *apud* WETZEL & LIKENS, (1990).

Pode-se obter desse modo o teor de carbono orgânico retido na coluna do testemunho.

O peso da matéria orgânica em cada fração da coluna do testemunho, correspondendo a uma área de 15,2 cm<sup>2</sup>, foi convertido para g.mm<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, possibilitando o cálculo do peso da matéria orgânica e conseqüentemente do carbono retido ao longo da coluna do testemunho.

Utilizando-se a amostra correspondente à fração de 600 a 700mm foi realizada datação geocronológica do ponto médio dessa amostra (650 mm), através do método de Radiocarbono (<sup>14</sup>C). Essa operação foi realizada na **BETA ANALYTIC INC, Flórida, EUA**. Dessa forma pode-se obter a idade geocronológica da coluna do testemunho e avaliar a taxa de sedimentação média na coluna do testemunho.

A seguir a correlação entre o carbono orgânico retido e o teor de matéria orgânica na coluna do testemunho, foi descrita através de um polinômio de 3º grau, apresentando um coeficiente de determinação de 0,92. Aplicou-se o modelo polinomial ajustado para estimar o carbono orgânico retido nos 86 pontos amostrais na superfície de fundo, obtendo-se seu peso médio na superfície de fundo da Lagoa do Araçá.

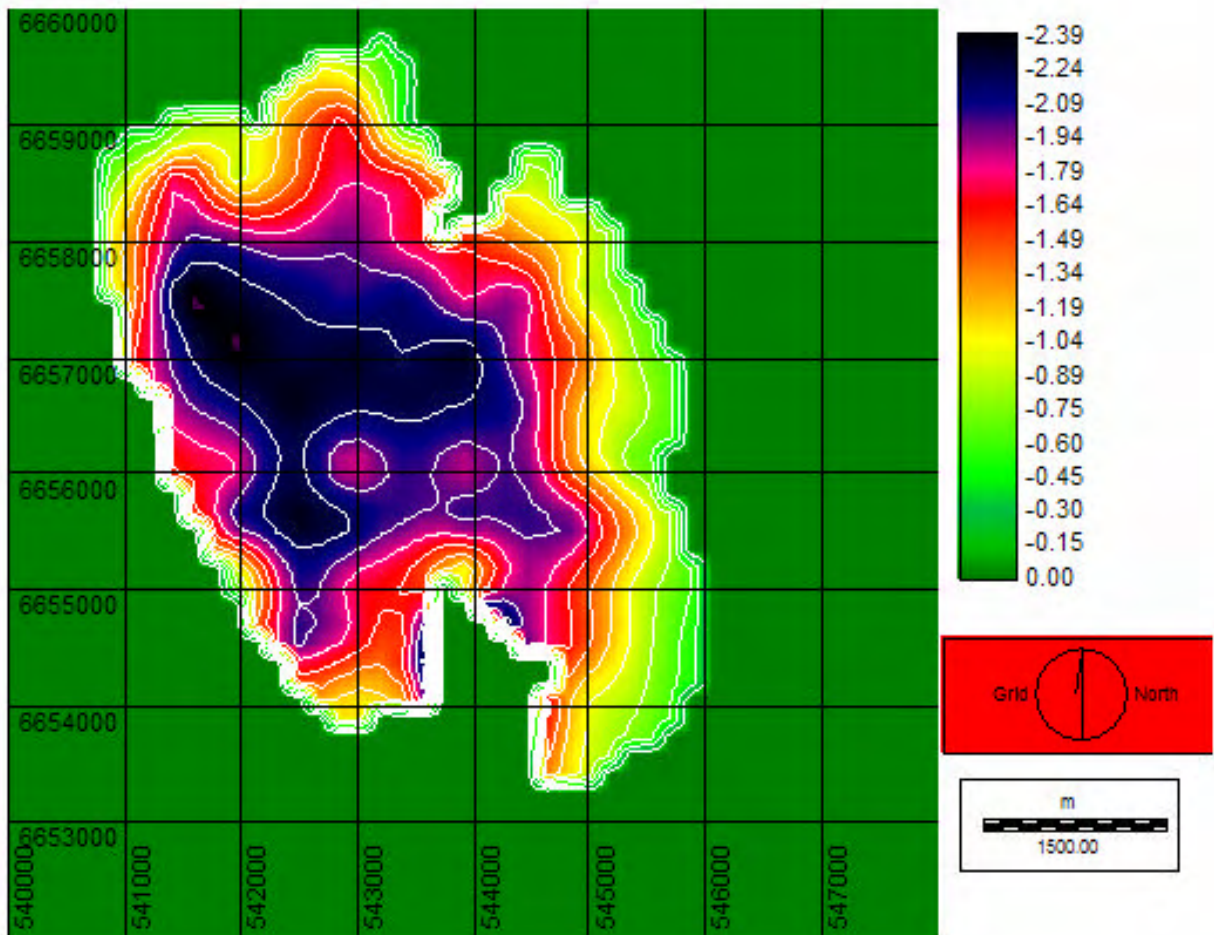
A partir dessa estimativa foi possível, através de interpolação pelo método do *Inverso do Quadrado da Distância*, a geração de um produto cartográfico referente ao Carbono orgânico retido na superfície de fundo da Lagoa do Araçá.

A estimativa da retenção de carbono orgânico na Lagoa do Araçá foi obtido pelo produto do peso médio do carbono orgânico retido estimado na superfície de fundo da Lagoa do Araçá pela taxa de sedimentação média calculada na coluna do testemunho e também pelo produto do peso médio do carbono orgânico retido calculado na coluna do testemunho pela taxa de sedimentação média calculada na mesma coluna.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 BATIMETRIA E DADOS MORFOMÉTRICOS

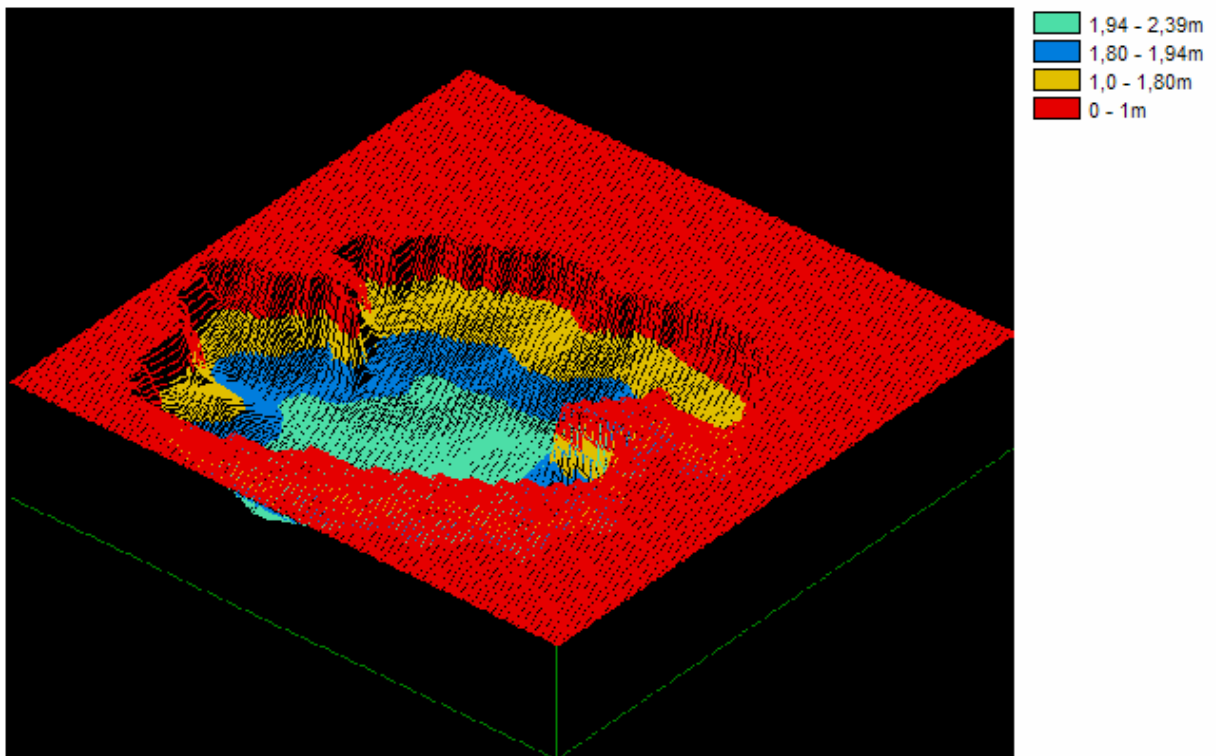
Os dados de batimetria registrados nos 86 pontos amostrados na Lagoa do Araçá possibilitaram a geração de uma carta batimétrica da região de estudo, na forma de imagem, conforme ilustra a Figura 11:



**FIGURA 11: MAPA BATIMÉTRICO DA LAGOA DO ARAÇÁ, RS COM ISÓBATAS DE 0,2 EM 0,2 m**



Com base nos produtos cartográficos elaborados referentes à batimetria, observa-se que a Lagoa do Araçá apresenta uma topografia suave, podendo-se perceber e classificar quatro faixas distintas de profundidades, considerando um perfil longitudinal de leste para oeste. A primeira, uma faixa marginal estendendo-se da superfície até a profundidade aproximada de 1,0 metro, com superfície mais extensa no lado leste em relação ao lado oeste. A segunda faixa, variando aproximadamente de 1,0 a 1,80 metros de profundidade, tem uma distribuição mais ou menos uniforme na extensão do corpo lagunar. A terceira faixa variando suas profundidades entre 1,80 metros e 1,94 metros é onde ocorre o menor desnível batimétrico de aproximadamente 14cm, e a última faixa, onde corpo de água atinge sua profundidade máxima de 2,39 metros, está localizada na porção mais ocidental da lagoa. Conforme Schwarzbald & Schäfer (1984), a topografia da lagoa tem sua causa na gênese de sua formação. Assim através do software IDRISI 32, RELEASE TWO, foi possível ilustrar o perfil batimétrico do corpo de água em estudo, através de uma visão tridimensional com vista de NE e azimute de 45°, conforme a Figura 12, abaixo:

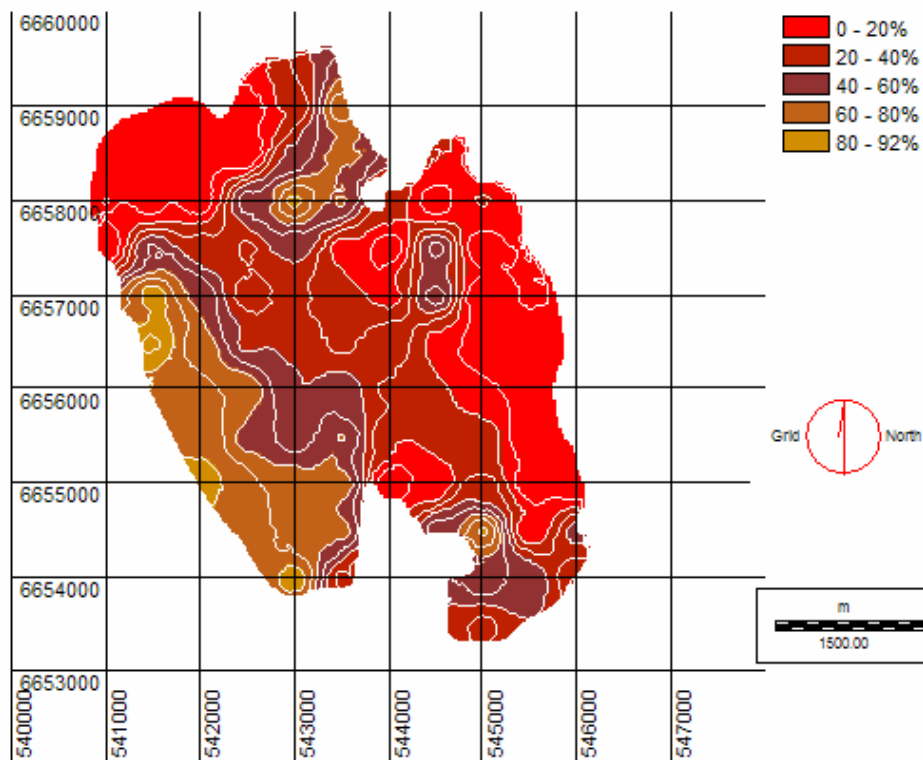


**FIGURA 12: VISTA TRIMENDISINAL DA LAGOA DO ARAÇÁ**

Pode-se observar ainda, analisando os produtos cartográficos referentes à batimetria da Lagoa do Araçá, a formação de dois Deltas, um ao norte da área de estudo, na desembocadura do rio Capivari e outro ao sul, na região que faz a ligação desse corpo de água com a Lagoa do Casamento.

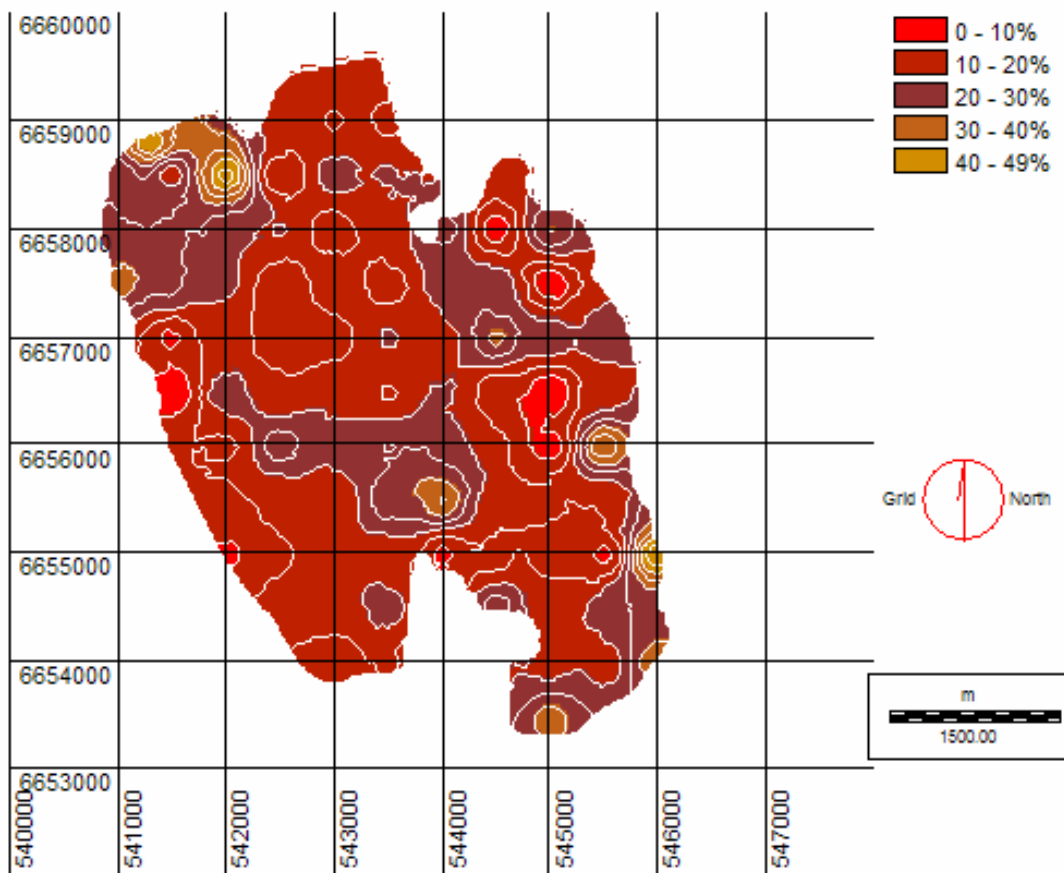
#### 4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E MAPA DE SUPERFÍCIE DE FUNDO

Foram elaborados uma série de produtos cartográficos, correspondentes às freqüências dos percentuais de distribuição de cada fração granulométrica na superfície de fundo da Lagoa do Araçá, conforme as amostragens obtidas. A Figura 13 apresenta a freqüência da porcentagem das isolinhas dos percentuais da distribuição da fração granulométrica menor que 0,063mm sobreposto à imagem.

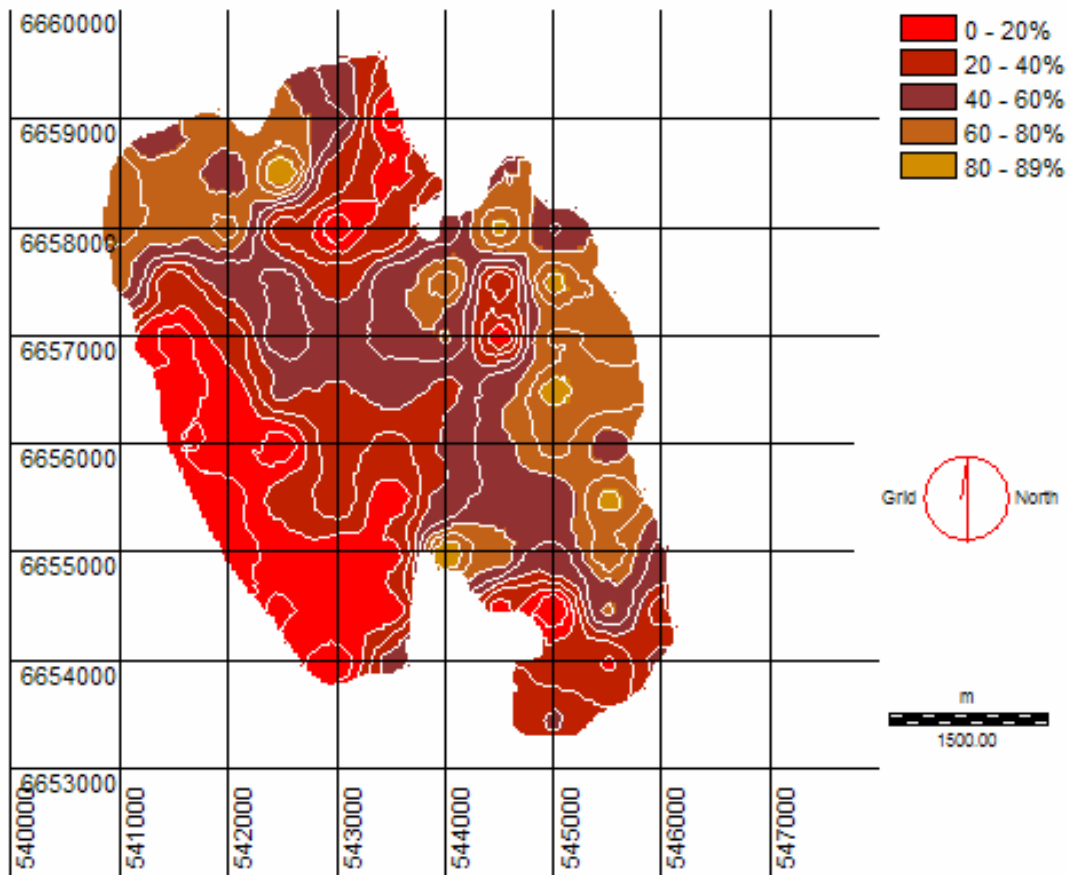


**FIGURA 13: PERCENTUAL GRANULOMÉTRICO MENOR QUE 0,063mm DA SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ**

As Figuras 14 e 15 a seguir apresentam a distribuição das freqüências das porcentagens das frações granulométricas de 0,063mm e 0,125mm, amostradas na superfície de fundo da Lagoa do Araçá. A fração granulométrica de 0,250mm foi descartada por ser muito pouco significativa, apresentando um percentual máximo de 14%.

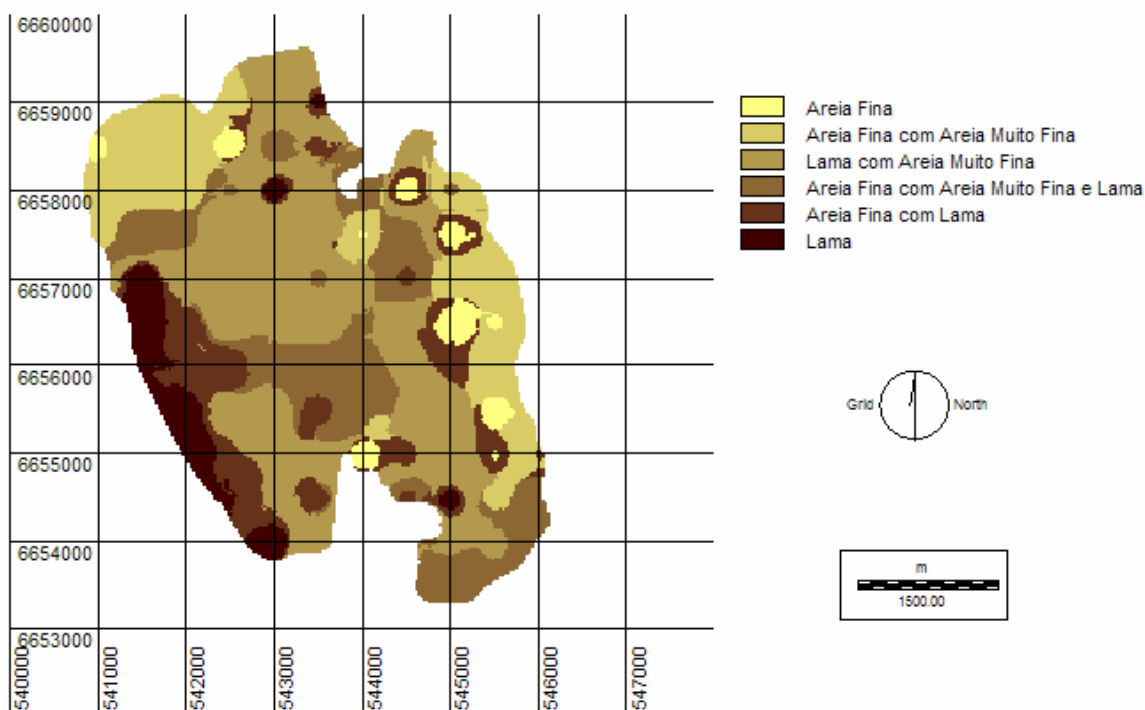


**FIGURA 14: PERCENTUAL GRANULOMÉTRICO DE 0,063mm DA SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ**



**FIGURA 15: PERCENTUAL GRANULOMÉTRICO 0,125mm DA SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ**

Os dados de granulometria de cada fração amostrada, registrados durante as coletas, permitiram gerar através de técnicas de geoprocessamento, um mapa da distribuição espacial dos sedimentos de superfície de fundo da Lagoa do Araçá, conforme a Figura 16.



**FIGURA 16: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ, RS**

Os produtos cartográficos obtidos com base na granulometria permitem observar que a frequência de ocorrência na fração granulométrica menor que 0,063mm obteve até 92% de frequência na região de estudo, conforme a Figura 13. Observa-se a predominância da porcentagem dessa fração entre as faixas de 40 a 92%. Pode-se observar também que a porcentagem dessa fração granulométrica cresce de leste para oeste no corpo de água em estudo, concentrando-se como uma mancha de lama na parte mais ocidental da Lagoa do Araçá, totalizando uma superfície aproximada de 8Km<sup>2</sup>, ou 41% da superfície total da lagoa. Observa-se também uma mancha de lama na desembocadura do rio Capivari, ao norte da lagoa e uma mancha da mesma fração granulométrica nas imediações do canal que liga a Lagoa do Araçá à Lagoa do Casamento.

A fração granulométrica de 0,063mm alcançou até 49% de frequência na superfície de fundo do corpo lagunar. Observa-se a predominância dessa

porcentagem entre as faixas de 10 a 20%, ocupando a região oeste-sudoeste e parte da região norte do corpo lagunar, e uma superfície aproximada de 12,32Km<sup>2</sup>, ou 60,78% da superfície total da região de estudo, como pode ser observado na Figura 14.

Em relação à fração granulométrica de 0,125mm (material grosso) sua frequência de ocorrência atingiu 89% na superfície de fundo do corpo lagunar em estudo. A maior concentração dessa fração granulométrica pode ser observada ocupando a porção leste da Lagoa do Araçá, conforme ilustra a Figura 15. A mancha desse material grosso localizado na porção leste do corpo de água em estudo ocupa uma superfície aproximada de 5,2 Km<sup>2</sup> perfazendo cerca de 25,6% da superfície total do corpo de água.

Analisando a Figura 16, referente ao produto cartográfico da distribuição espacial dos sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá, permitiu calcular a área de cada fácies, bem como seu percentual individual e acumulado.

A Tabela 3 abaixo apresenta a área e o percentual de cada classe, calculados através do software IDRISI 32, RELEASE TWO.

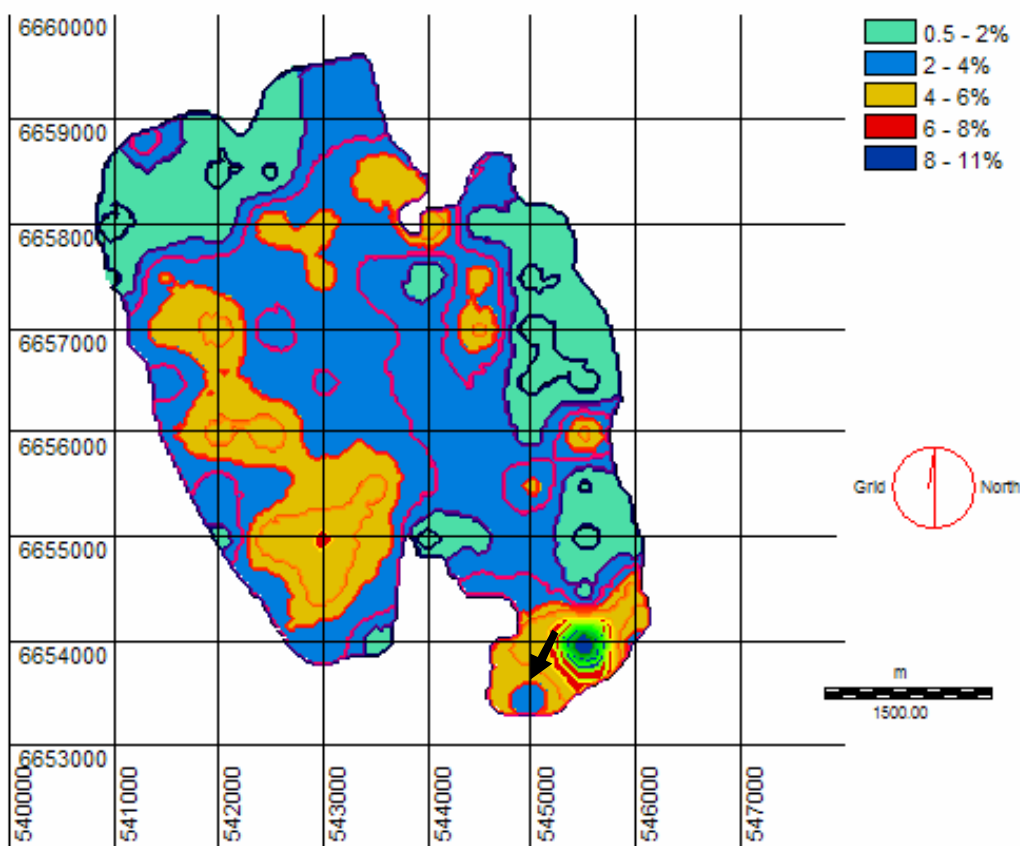
**TABELA 3: SUPERFÍCIE E PERCENTUAL DE CADA CLASSE DO MAPA DE SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ**

<b>CLASSE</b>	<b>ÁREA Km<sup>2</sup></b>	<b>PORCENTAGEM</b>
Areia fina	0,708	3,41
Areia fina com areia muito fina	3,994	19,22
Lama com areia muito fina	8,195	39,45
Areia fina com areia fina e lama	3,977	19,15
Areia fina e lama	2,630	12,66
Lama	1,269	6,11
<b>TOTAL</b>	<b>20.773</b>	<b>100%</b>

O mapa de sedimentos de fundo apresentado na Figura 15, mostra a predominância de fácies lamosa (lama com areia muito fina, areia fina com areia muito fina e lama e areia fina e lama), totalizando uma superfície de 14,80 Km<sup>2</sup>, cobrindo cerca de 71% da área de estudo. A seguir destaca-se a fácies areia fina com areia muito fina, com uma superfície de 3,99 Km<sup>2</sup>, cobrindo cerca de 19,22% da lagoa e pouco destaque para as fácies areia fina com 0,708 Km<sup>2</sup> de superfície correspondendo a 3,41% da lagoa e lama com 1,26 Km<sup>2</sup> perfazendo 6,11% do corpo de água.

### **4.3 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA**

A seguir a Figura 17 abaixo apresenta o produto cartográfico correspondente à frequência de distribuição dos percentuais do teor de matéria orgânica na superfície de fundo da Lagoa do Araçá, conforme as amostragens obtidas na região de estudo.



**FIGURA 17: PORCENTAGEM DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NA SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ E LOCALIZAÇÃO DO TESTEMUNHO PARA DATAÇÃO GEOCRONOLÓGICA**

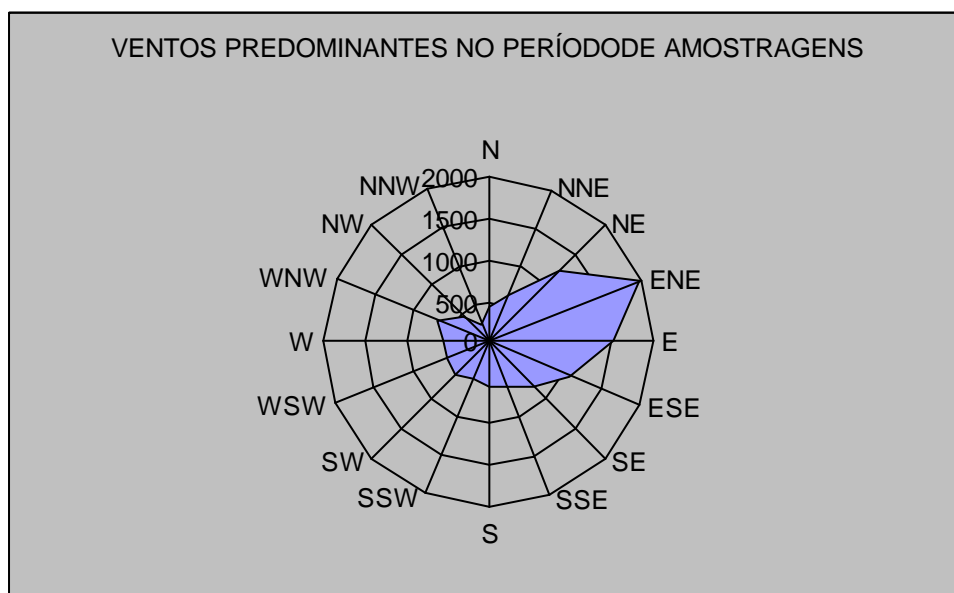
Na análise do produto cartográfico referente ao teor de matéria orgânica na superfície de fundo da Lagoa do Araçá, Figura 17, verifica-se que a distribuição da frequência de seus percentuais oscilou entre 0,5 e 11%. As menores concentrações de matéria orgânica, com teores entre 0,5 e 2%, estão localizadas nas porções Nordeste, Leste e Sudeste do corpo de água em estudo, que ocupam uma superfície em torno de 4,9Km<sup>2</sup> da superfície de fundo da lagoa. As concentrações intermediárias desse material, variando entre 2 e 6%, tendem a se localizar no interior de sua bacia, onde as manchas podem ser observadas na margem noroeste e oeste da lagoa, ocupando uma superfície aproximada de 15,4 Km<sup>2</sup> da área de estudo. A maior concentração do teor de matéria orgânica, com índices variando entre 6 e 11%, pode ser observada no extremo sul da lagoa, próximo à saída do



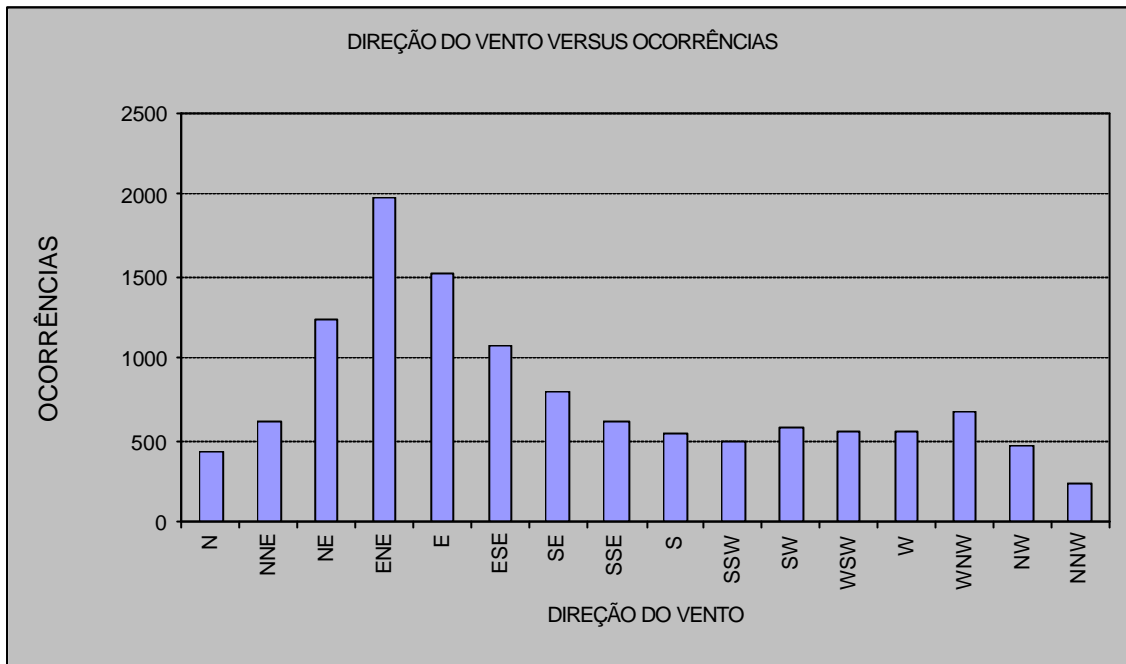
canal de acesso à Lagoa do Casamento e na altura das coordenadas E – 543000m e N – 6.655.000m, Sudoeste do corpo de água, ocupando três manchas de pequenas proporções, cuja superfície ocupa cerca de 0,39Km<sup>2</sup> do corpo de água ora em estudo. O teor médio de matéria orgânica calculado com base nos 86 pontos amostrais indicou um percentual de 2,6%.

#### 4.4 RESULTADOS DA ANÁLISE DE DADOS REFERENTES A DIREÇÃO E INTENSIDADE DOS VENTOS PARA A LAGOA DO ARAÇA

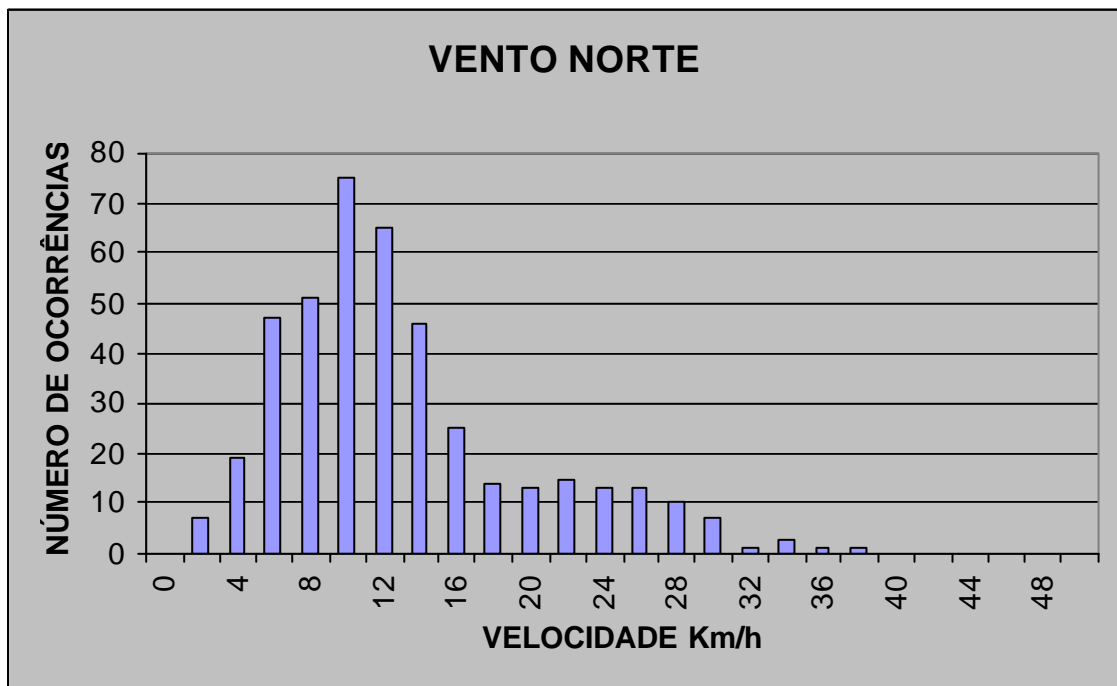
Os dados referentes à direção e intensidade dos ventos permitiram a geração de 19 gráficos, a partir de 17.705 ocorrências, registradas no período de 11 de fevereiro de 1988 a 07 de maio de 1990, as velocidades utilizadas nos gráficos que se seguem se referem à velocidade média horária, como pode ser observado a seguir:



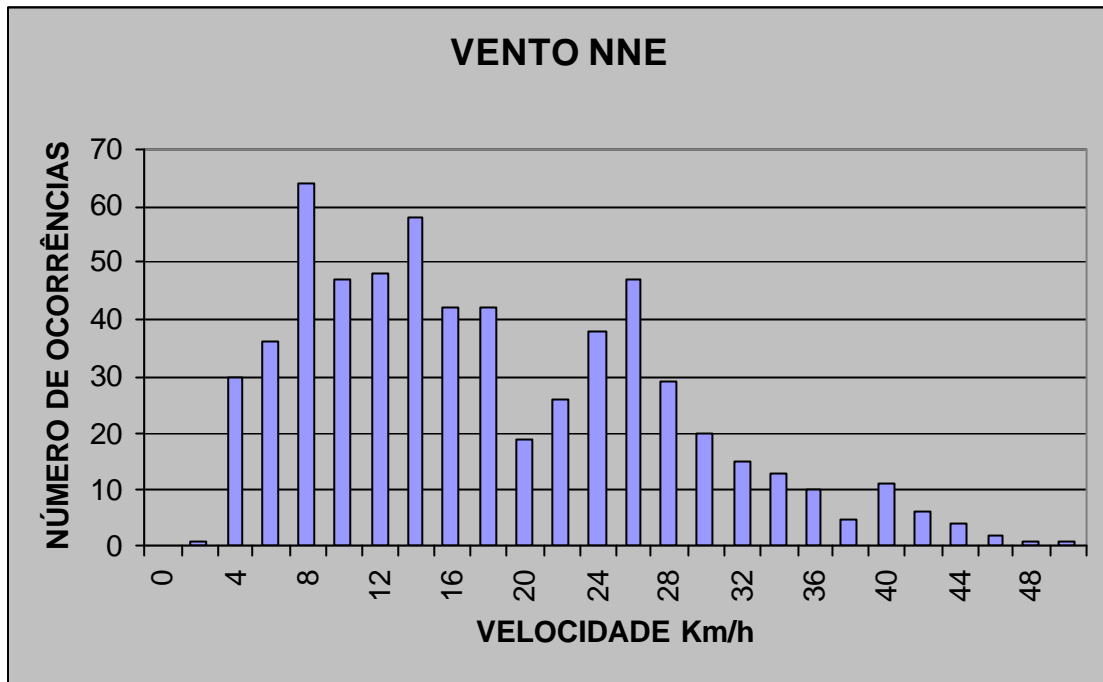
**FIGURA 18: VENTOS PREDOMINANTES NO PERÍODO DE AMOSTRAGEM NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL NO PERÍODO DE 1988 A 1990**



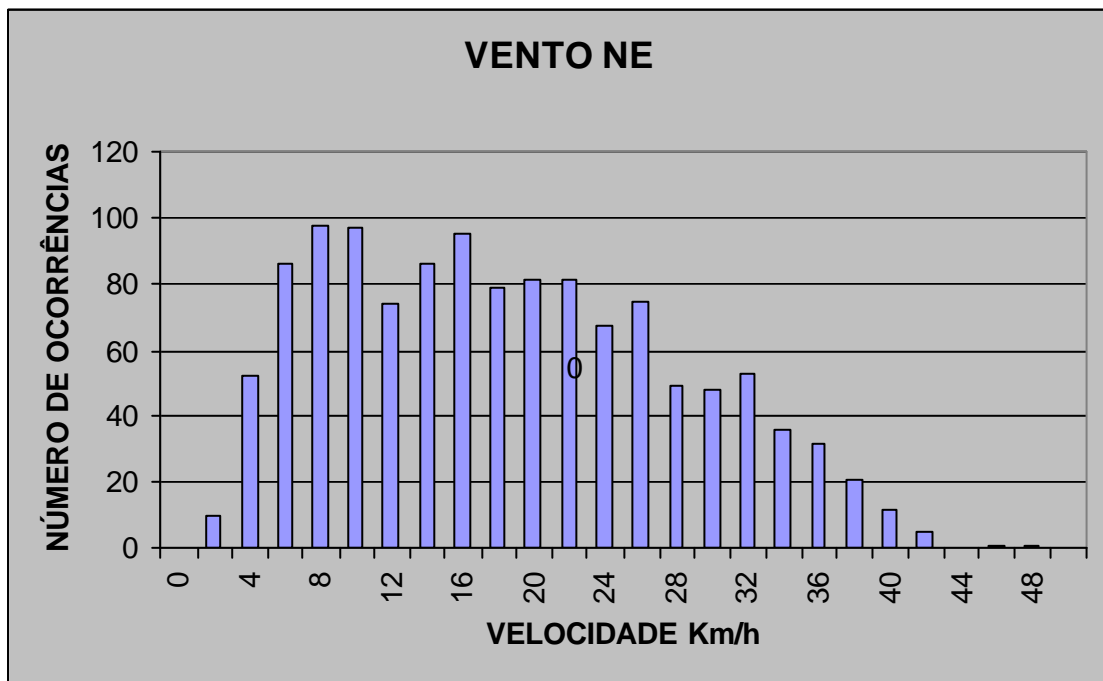
**FIGURA 19: DIREÇÃO DO VENTO *VERSUS* OCORRÊNCIAS NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL, NO PERÍODO DE 1988 A 1990**



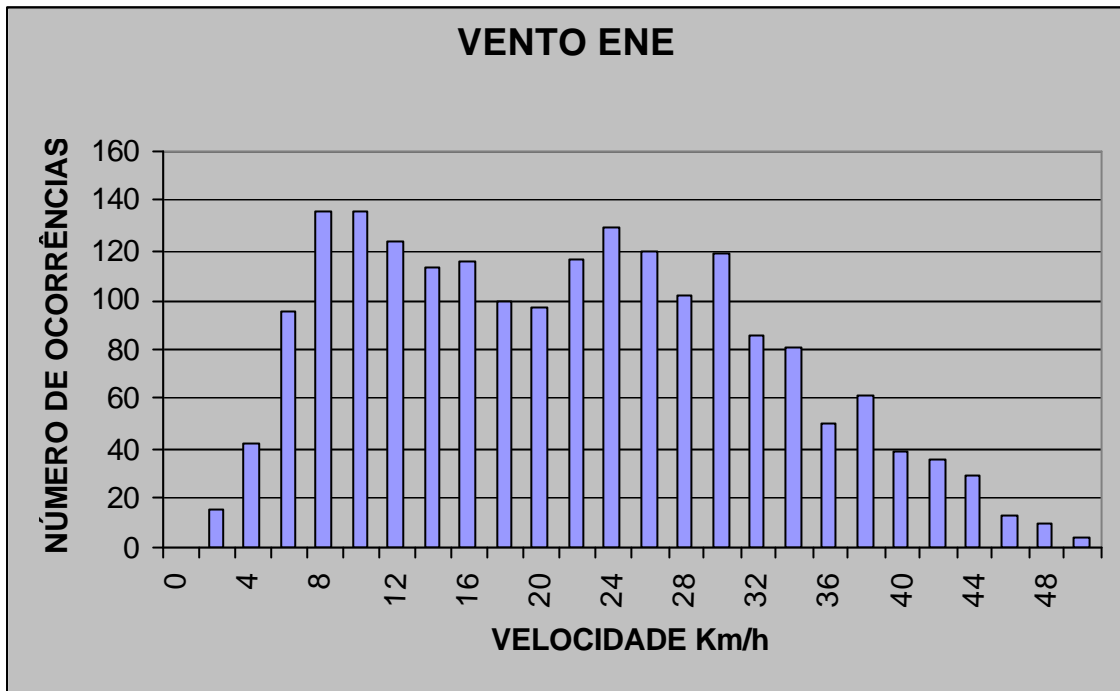
**FIGURA 20: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NORTE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL NO PERÍODO DE 1988 A 1990**



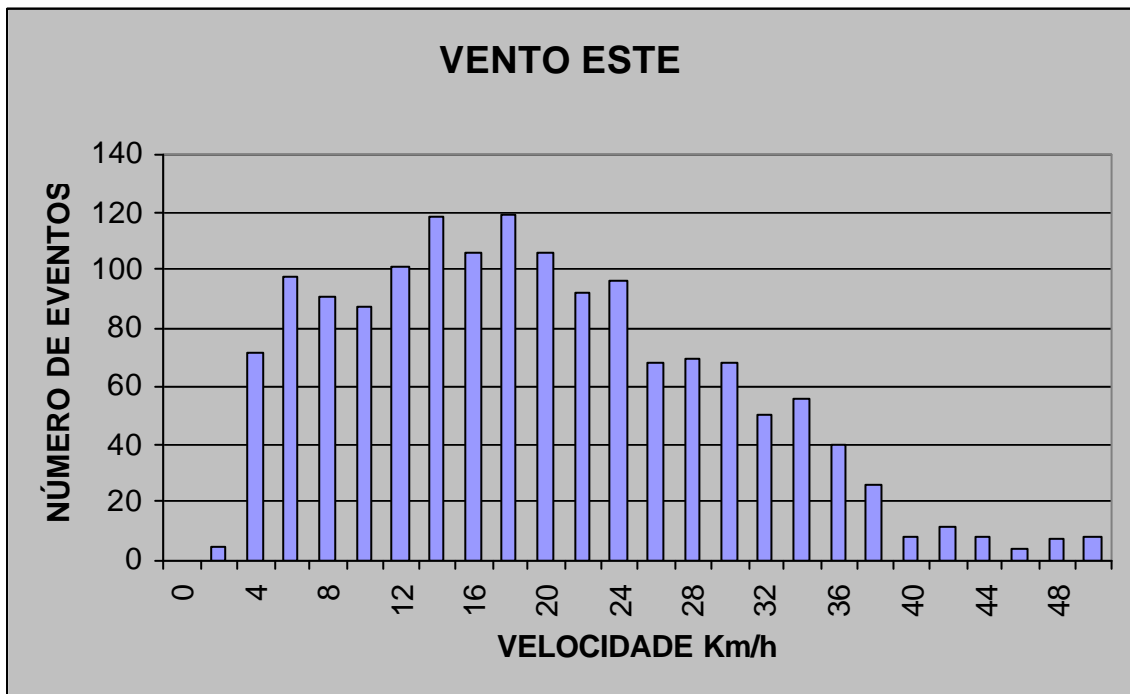
**FIGURA 21: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NNE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



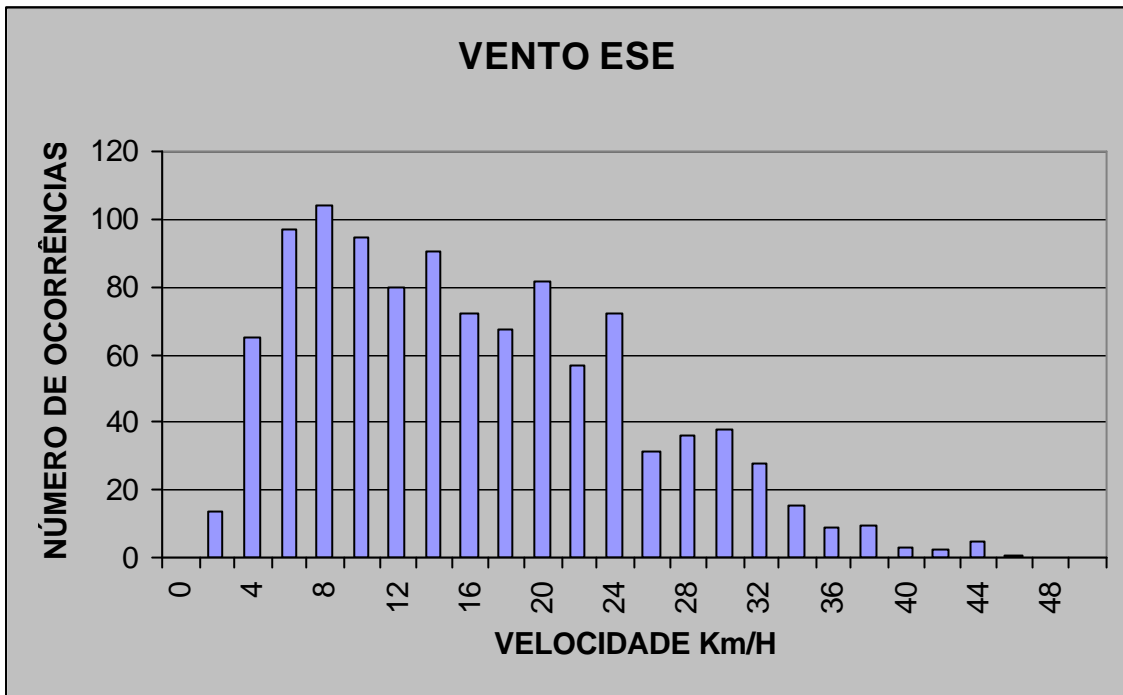
**FIGURA 22: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



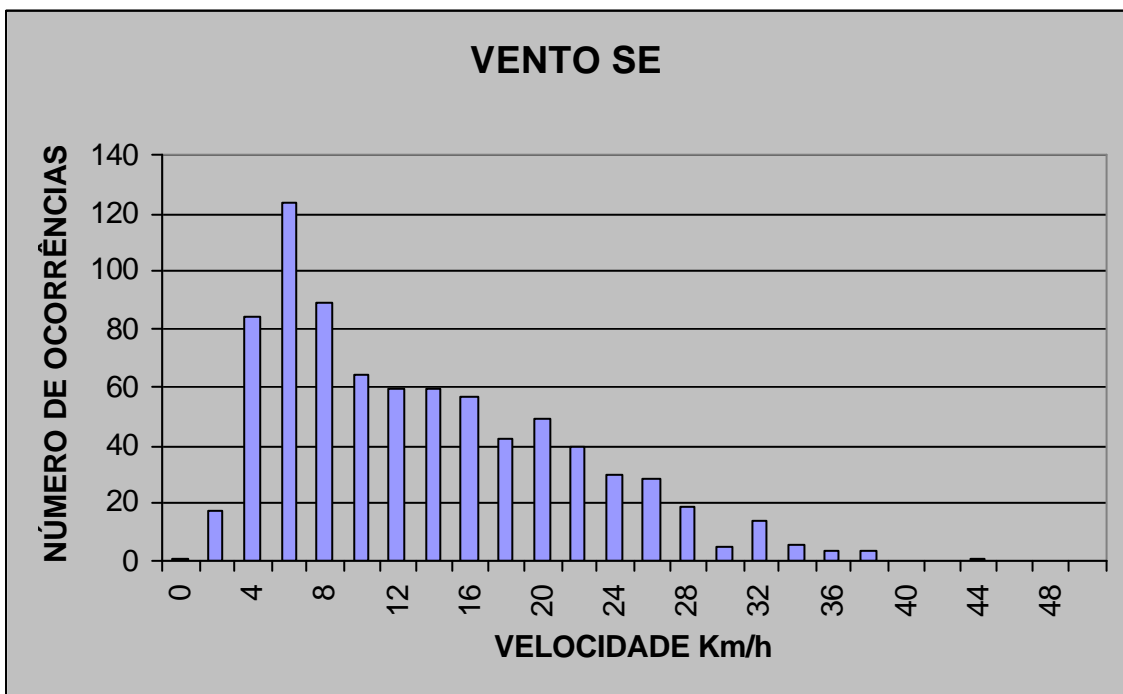
**FIGURA 23: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO ENE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



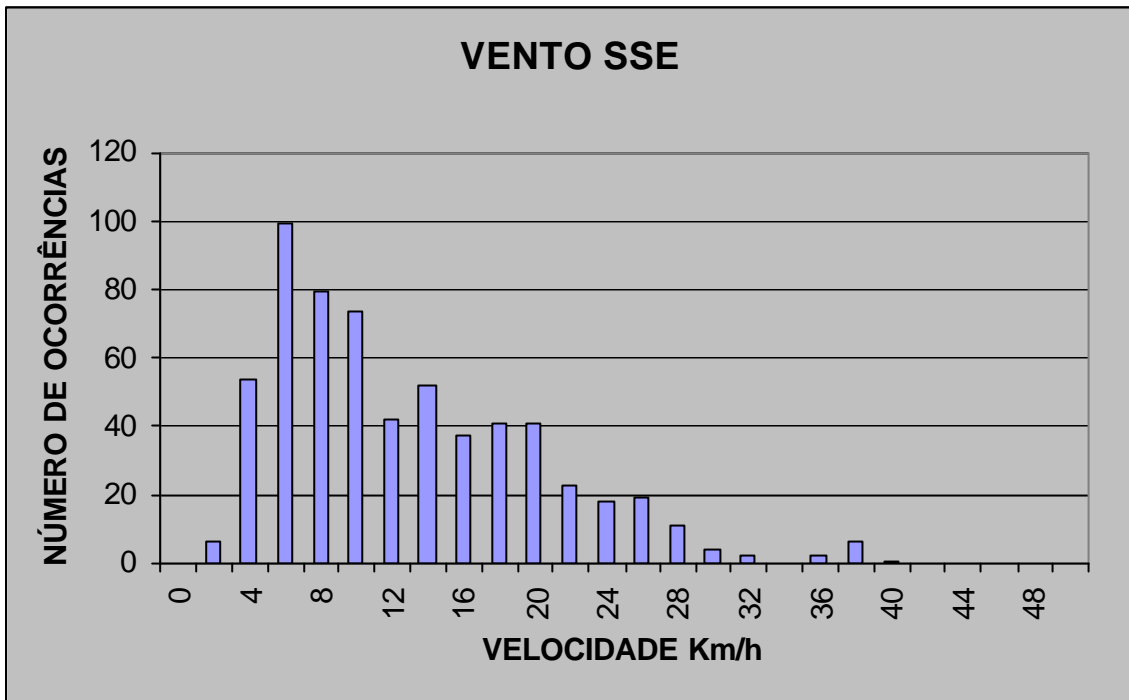
**FIGURA 24: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO ESTE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



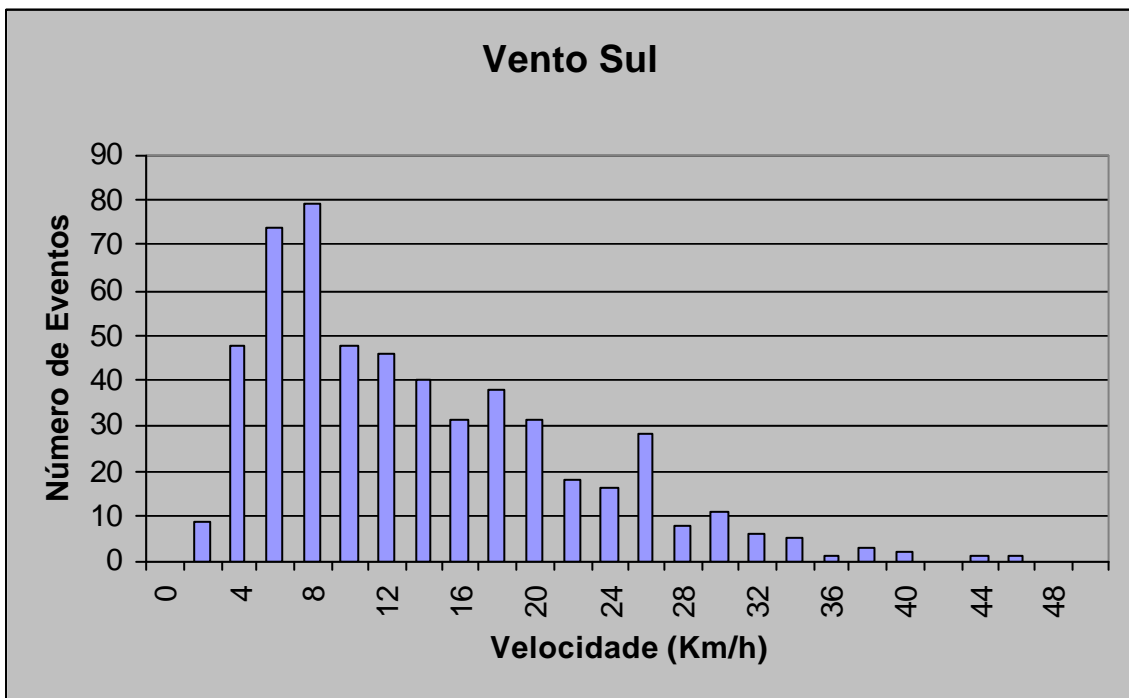
**FIGURA 25: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO ESSE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



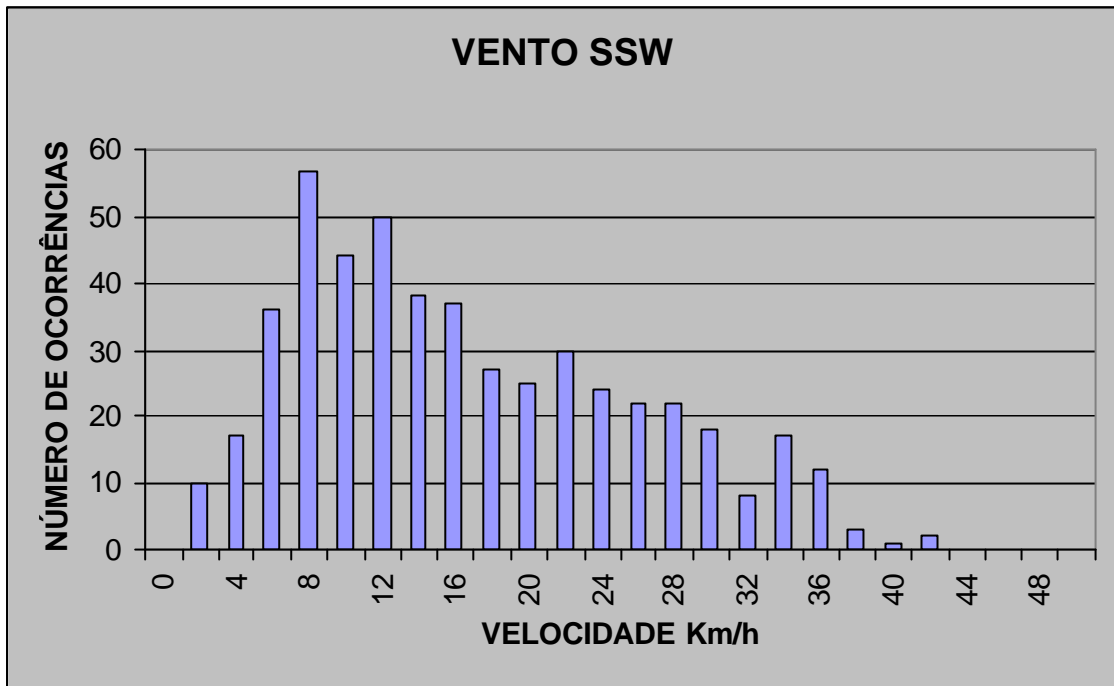
**FIGURA 26: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PRA VENTO SE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



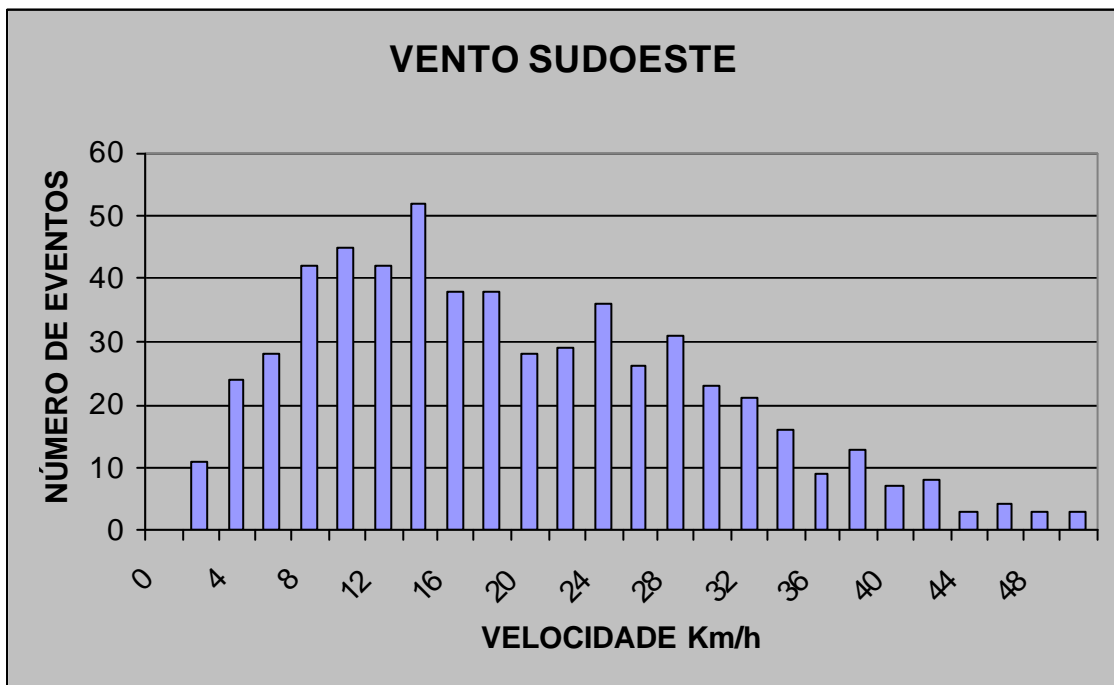
**FIGURA 27: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO SSE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



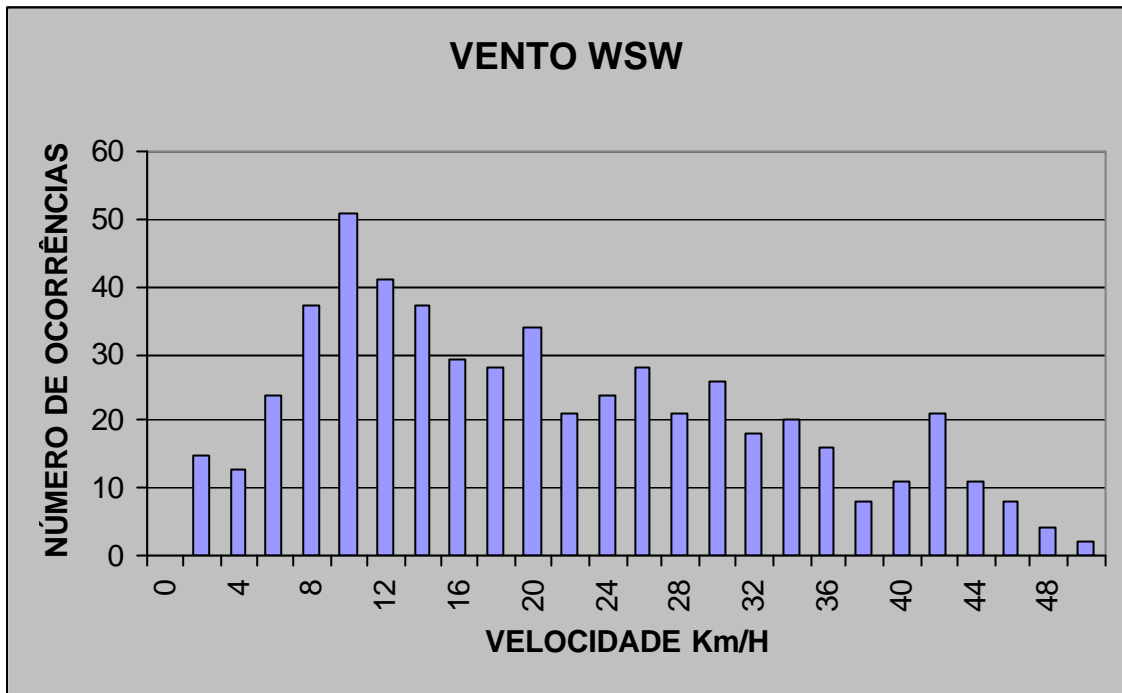
**FIGURA 28: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO SUL NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



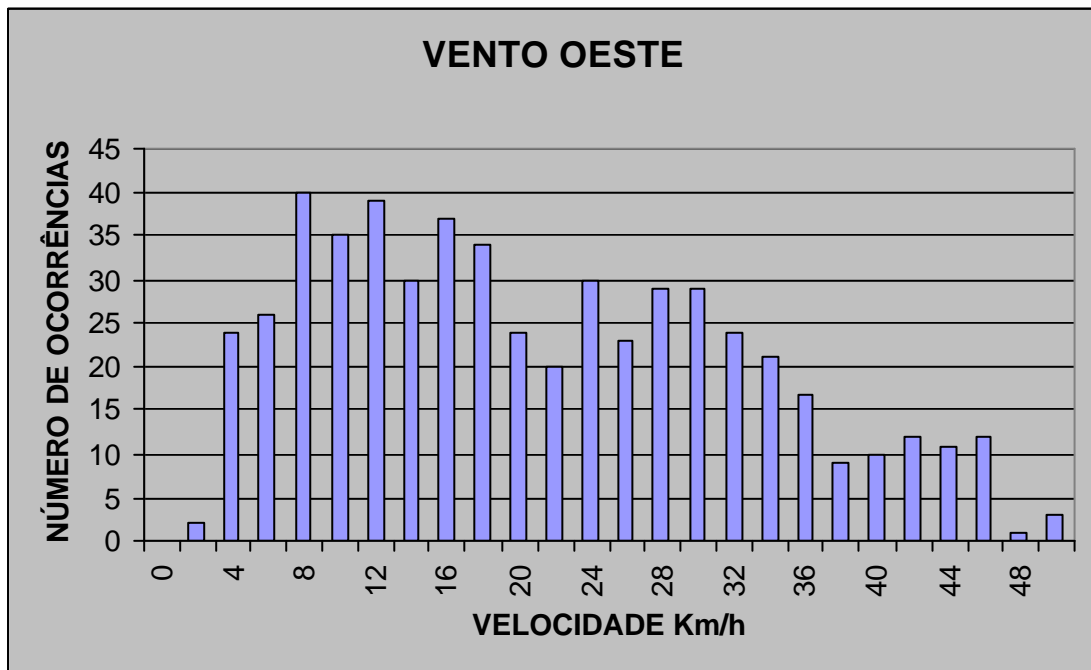
**FIGURA 29: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO SSW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



**FIGURA 30: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO SW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**

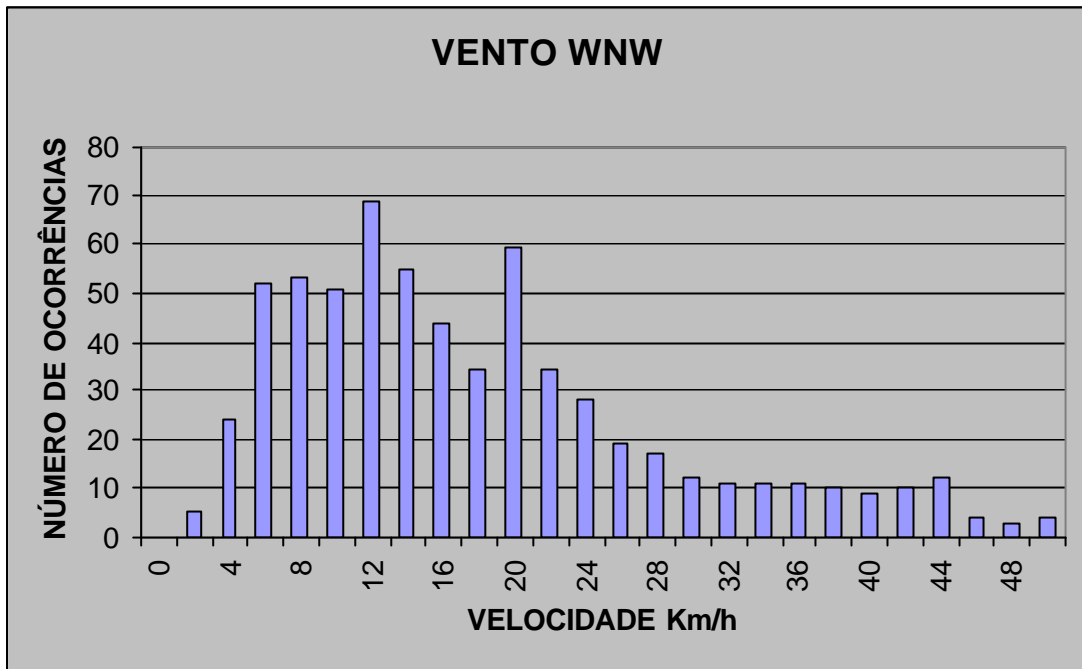


**FIGURA 31: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO WSW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**

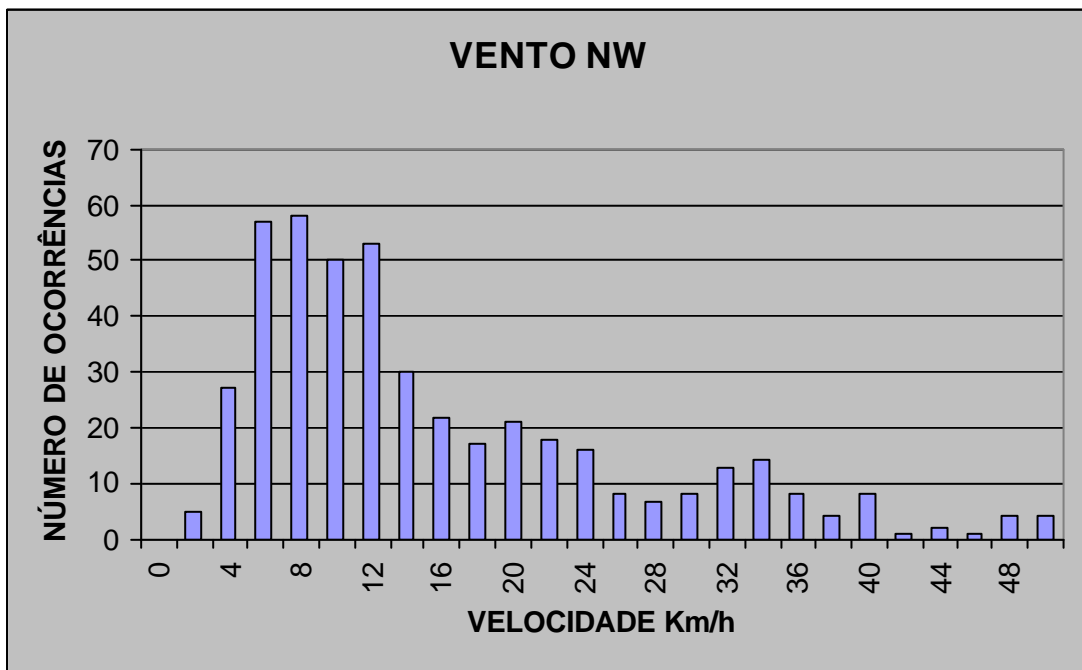


**FIGURA 32: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO OESTE NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**

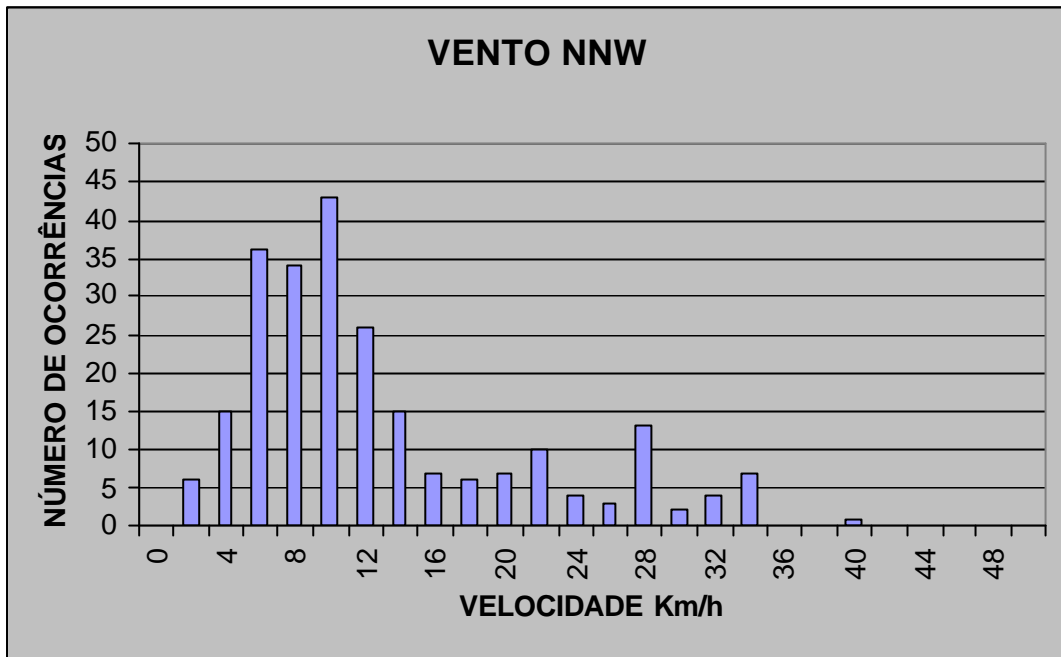




**FIGURA 33: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO WNW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



**FIGURA 34: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**



**FIGURA 35: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS *VERSUS* FREQUÊNCIA DE VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA PARA VENTO NNW NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO, PALMARES DO SUL**

A presente pesquisa irá descrever os resultados de direção e intensidade dos ventos NE, ENE, E, W, WSW, SW, cuja ação pode ser verificada como mais expressiva na área de estudo, conforme os gráficos elaborados.

O número total de ocorrências registradas no período de registros foi de 17.705, sendo importante registrar que, em 5.353 ocorrências, houve ausência total de vento, a Tabela 4 a seguir ilustra o número de ocorrências para cada direção:

**TABELA 4: NÚMERO DE OCORRÊNCIAS EM CADA DIREÇÃO NA LOCALIDADE DE SOLIDÃO PALMARES DO SUL NO PERÍODO DAS AMOSTRAGENS**

<b>DIREÇÃO DO VENTO</b>	<b>OCORRÊNCIAS</b>
NORTE	426
NNE	617
NE	1239
ENE	1976
ESTE	1518
ESSE	1074
SE	794
SSE	611
SUL	544
SSW	500
SW	583
WSW	552
OESTE	553
WNW	669
NW	457
NNW	239
SEM VENTO	5353
<b>TOTAL</b>	<b>17.705</b>

A análise desses gráficos propostos permite observar que a predominância dos ventos é de direção ENE, cujas intensidades variaram entre 8 a 32 Km/h na maioria das ocorrências. O número maior de ocorrências (136), registrou intensidades de 8 Km/h. Essa direção de vento atingiu em 4 oportunidades a

intensidade máxima de 50Km/h do total de suas 1976 ocorrências, sendo sua intensidade média registrada de 21,04 Km/h.

Os ventos com direção NE, registraram intensidades entre 8 e 26 Km/h na maioria das ocorrências, sendo que o maior número de ocorrências (98), registrou intensidade de 8Km/h. O vento NE atingiu a intensidade máxima em uma ocorrência de 48Km/h, do total de 1239. Sua intensidade média registrada foi de 17,94 Km/h.

Em relação aos ventos de Este, estes registraram intensidades entre 6 e 26Km/h na maioria de suas 1518 ocorrências. O maior número de ocorrências (119) registrou 18Km/h. Essa direção de vento atingiu sua intensidade máxima em 8 ocorrências com intensidade de 50 Km/h do total de seus registros. Sua intensidade média registrada foi de 18,90 Km/h.

Já os ventos menos predominantes partiram do quadrante Oeste cujos gráficos gerados permitem observar, intensidades variando entre 8 a 18 Km/h na maioria das ocorrências, o número maior de ocorrências (40), registrou intensidades de 8 Km/h. Essa direção de vento atingiu em 3 oportunidades a intensidade máxima de 50Km/h do total de suas 553 ocorrências, sendo sua intensidade média registrada de 21,38 Km/h.

Os ventos de WSW apontam intensidades variando entre 8 a 30 Km/h na maioria de suas ocorrências, sendo que o número maior de ocorrências (51), registrou uma intensidade de 10 Km/h. O vento WSW atingiu em 2 ocorrências a velocidade de 50Km/h da totalidade de 552 ocorrências, sendo sua intensidade média calculada em 20,50Km/h.

Por fim, a direção SW registrou intensidades variando entre 10 e 28 Km/h na maioria de seus registros, onde o número maior de ocorrências (52), indicou 14Km/h de intensidade. Essa direção de vento atingiu em 3 vezes a intensidade de 50 Km/h. Sua intensidade média foi de 18,90 Km/h.

#### 4.5 RESULTADOS REFERENTES A PORCENTAGEM DO NÚMERO DE EVENTOS COM ENERGIA ORBITAL DE ONDA SUFICIENTE PARA RESSUSPENSÃO DA FRAÇÃO ENTRE SILTE E AREIA MUITO FINA NA COSTA SW E NE NAS DIVERSAS PROFUNDIDADES DA LAGOA DO ARAÇÁ

Os resultados referentes à porcentagem do número de eventos com energia de onda suficiente para suspensão da fração limite entre silte e areia muito fina na costa Sudoeste e Nordeste nas diversas profundidades da Lagoa do Araçá, em função dos ventos NE, ENE e, E, com provável ação na costa Sudoeste e os ventos W, WSW e SW, com suposta ação na costa Nordeste da Lagoa do Araçá, obedeceram à metodologia anteriormente descrita.

O cálculo da velocidade orbital de onda para movimentação da fração limite entre silte e areia muito fina, identificou para diferentes profundidades da lagoa, num "Fetch" de 4830m (NE-SW), a velocidade do vento capaz de movimentar a fração mencionada, conforme a Tabela 5:

**TABELA 5: VELOCIDADE VENTO MÍNIMA PARA RESSUSPENDER A FRAÇÃO ENTRE SILTE E AREIA MUITO FINA NA LAGOA DO ARAÇÁ**

PROFUNDIDADE (m)	VEL. MÍNIMA DE VENTO (Km/h)
0,25	10
0,50	15
0,75	19
1,00	23
1,25	28
1,50	32
1,75	37
2,00	42

PISTA DE AÇÃO DO VENTO: NE-SW 4830m  
 PROFUNDIDADE MÉDIA: 1,63m

A seguir em cada gráfico referente às direções de vento, relativo ao número de ocorrências versus frequência de velocidade, identificou-se a velocidade indicada na tabela acima, anotando-se sua frequência de ocorrência com energia de onda para suspensão no limite entre silte e areia muito fina na costa Sudoeste da Lagoa do Araçá, nas diferentes profundidades, originando a Tabela 6, referente à costa Sudoeste e a Tabela 7, referente à costa Nordeste, a seguir:

**TABELA 6: PORCENTAGEM DE EVENTOS COM ENERGIA ORBITAL DE ONDA PARA RESSUSPENDER A FRAÇÃO ENTRE SILTE E AREIA MUITO FINA NA COSTA SUDOESTE DA LAGOA DO ARAÇÁ**

<b>PROF. (m)</b>	<b>NE (%)</b>	<b>ENE (%)</b>	<b>E (%)</b>	<b>SOMA (%)</b>
0,25	5,35	9,08	6,80	21,33
0,50	4,16	7,38	5,33	16,87
0,75	3,17	6,16	4,05	13,38
1,00	2,26	4,96	2,94	10,16
1,25	1,29	3,29	1,83	6,41
1,50	0,75	2,05	1,08	3,88

**TABELA 7: PORCENTAGEM DE EVENTOS COM ENERGIA ORBITAL DE ONDA PARA RESSUSPENDER A FRAÇÃO ENTRE SILTE E AREIA MUITO FINA NA COSTA NORDESTE DA LAGOA DO ARAÇÁ**

<b>PROF. (m)</b>	<b>W (%)</b>	<b>WSW (%)</b>	<b>SW (%)</b>	<b>SOMA (%)</b>
0,25	2,44	2,41	2,58	7,43
0,50	1,95	1,86	1,90	5,71
0,75	1,55	1,54	1,47	4,56
1,00	1,30	1,23	1,15	3,68
1,25	0,93	0,87	0,71	2,51
1,50	0,62	0,60	0,43	1,65

Os resultados acima indicam que a porcentagem de eventos com energia orbital de onda para suspender fração entre silte e areia muito fina na costa Sudoeste são mais significativos em comparação com a costa Nordeste. Esses resultados conjugados aos gráficos elaborados indicam claramente que os ventos do quadrante Nordeste são mais freqüentes e também mais intensos em relação ao quadrante Sudoeste.

#### **4.6 RESULTADOS REFERENTES AOS PADRÕES DE CIRCULAÇÃO DA LAGOA DO ARAÇÁ**

Para a implementação do modelo de circulação da Lagoa do Araçá, foi utilizado o Aplicativo para Modelação de Estuários e Lagoas, desenvolvido por Borche (1996).

É importante salientar que velocidades de vento inferiores a 40 Km/h geram correntes capazes de transportar os sedimentos ressuspensos pelas ondas, como pode ser observado na Tabela 4. Porém os modelos gerados foram considerados significativos para a pesquisa com ventos E, ENE, NE, SW, W, WSW, tendo em vista o número de ocorrências versus intensidade e obtiveram efeito a partir da velocidade de 40 Km/h até 50 Km/h, visto que através das simulações desenvolvidas verificou-se que ventos inferiores a 40 Km/h não possuem energia significativa para geração de correntes com velocidades para a movimentação da fração granulométrica no limite entre silte e areia muito fina. Sendo os seguintes intervalos:

40 Km/h

42 Km/h

44 Km/h

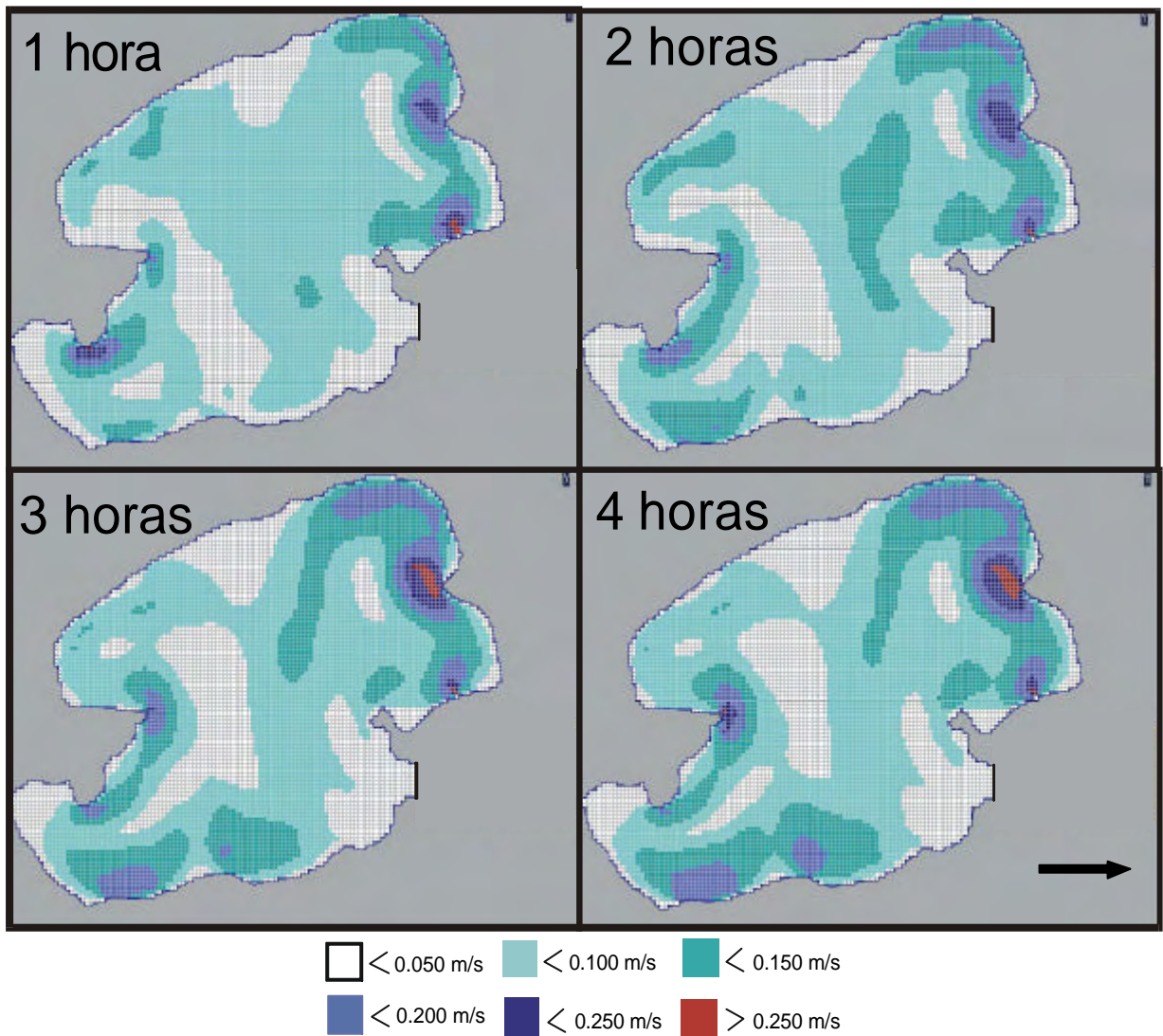
46 Km/h

48 Km/h

50 Km/h

Os produtos obtidos foram 144 cartas de circulação da Lagoa do Araçá, dispostos em 36 figuras compostas de quatro produtos, a seguir:

## VENTO ENE – 40 km/h

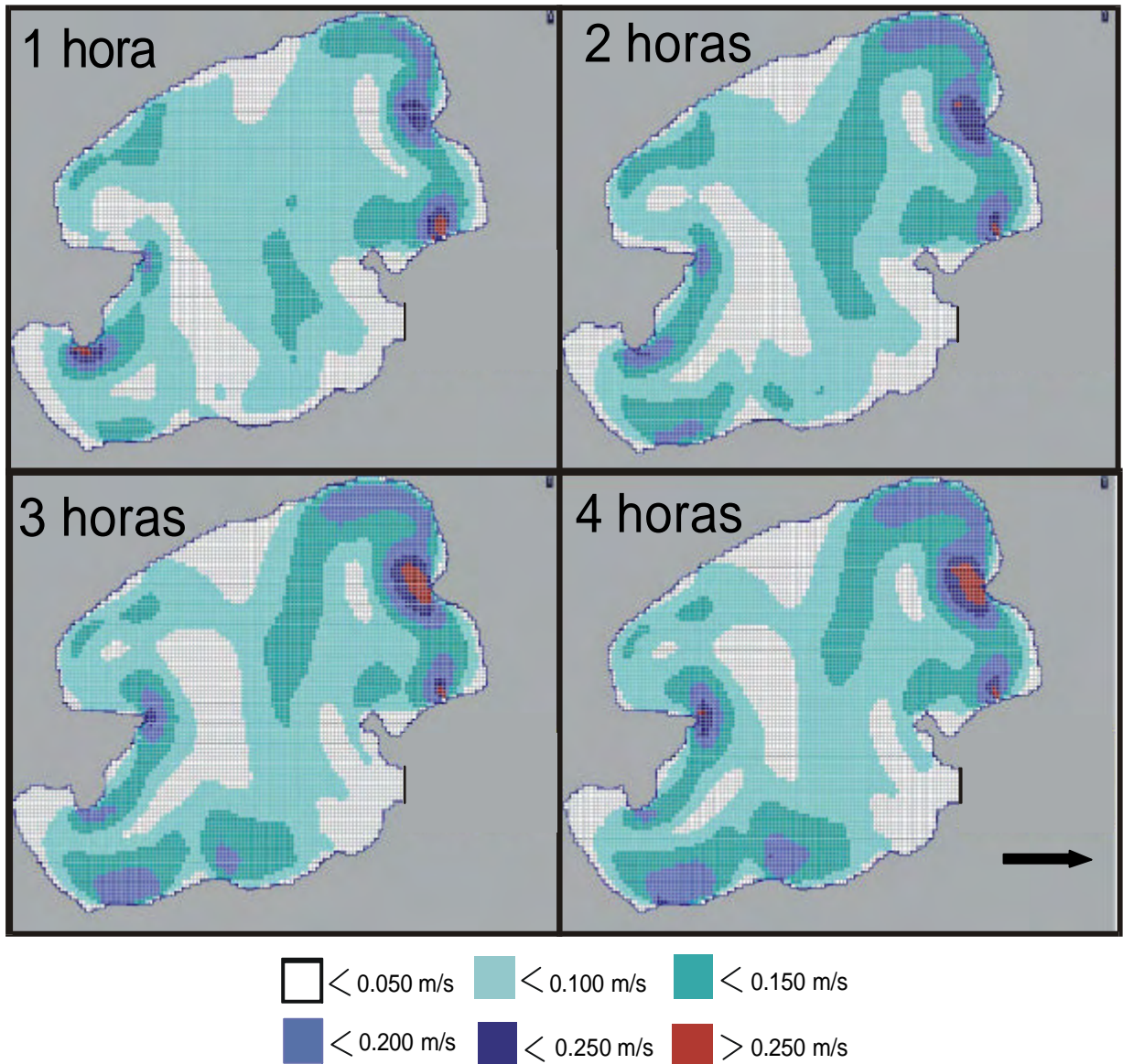


## LEGENDA

**FIGURA 36: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**



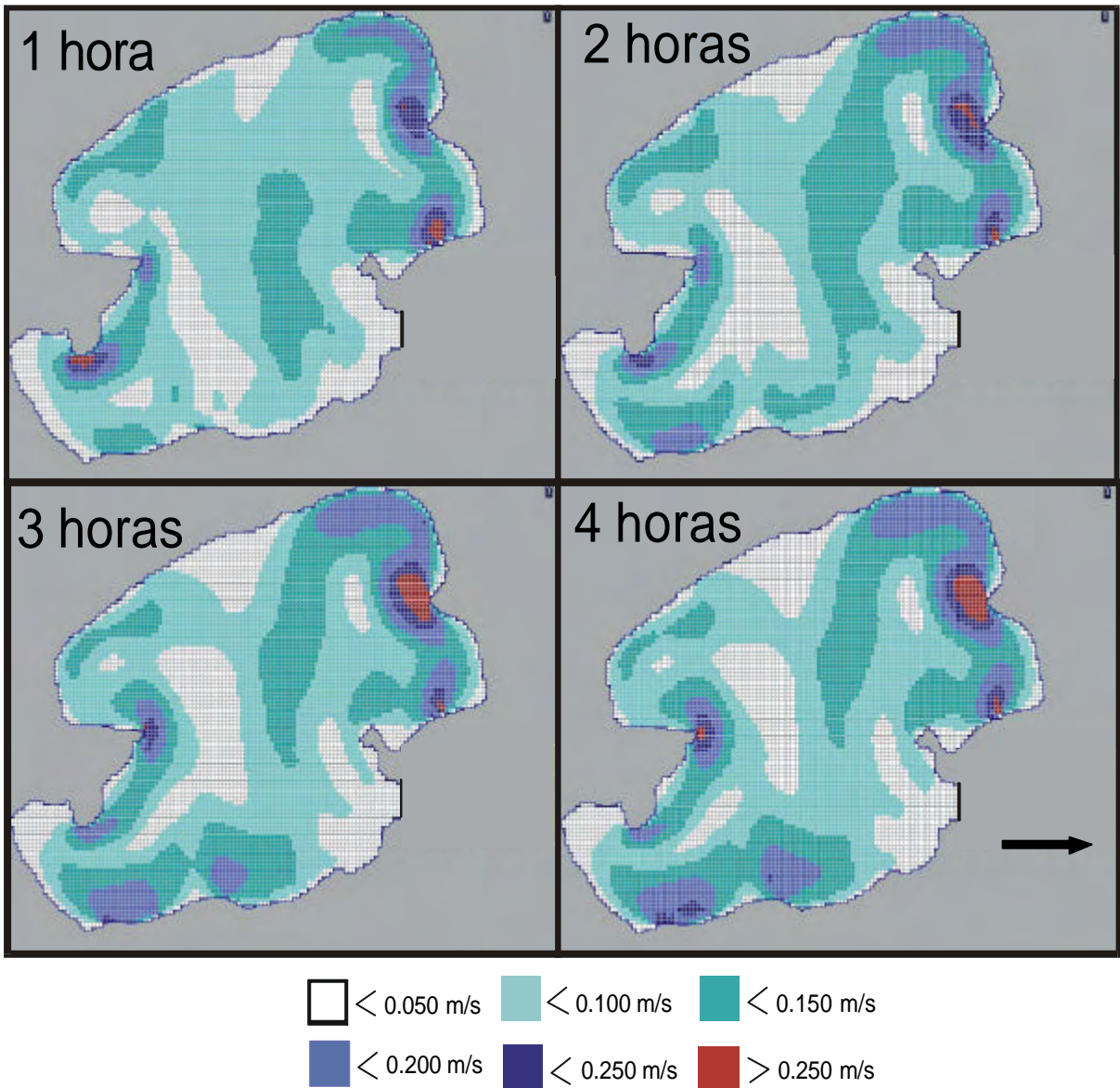
## VENTO ENE – 42 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 37: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

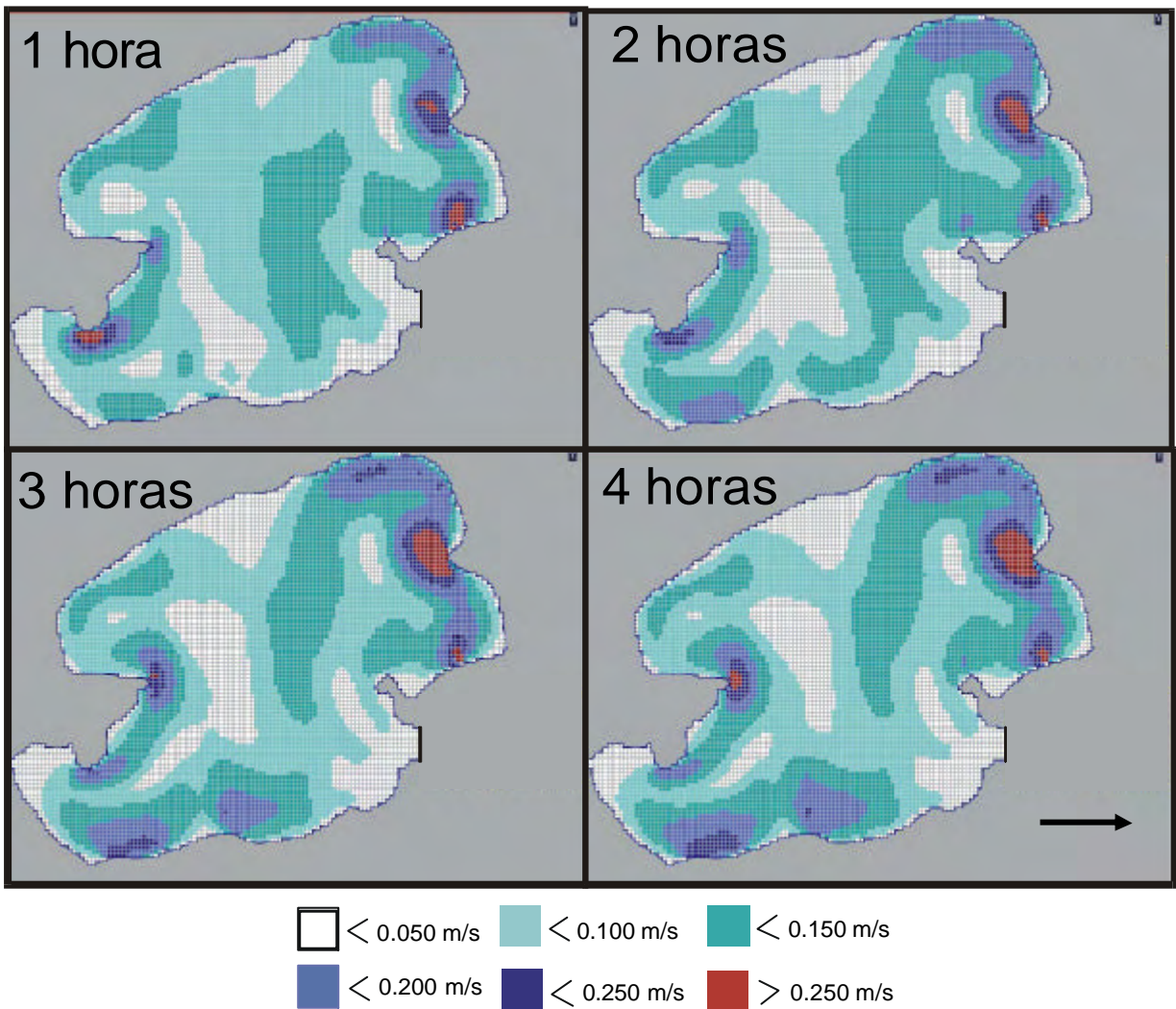
## VENTO ENE – 44 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 38: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

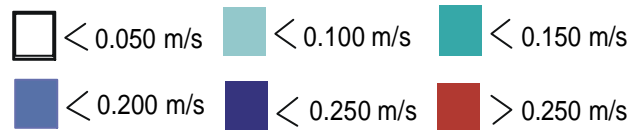
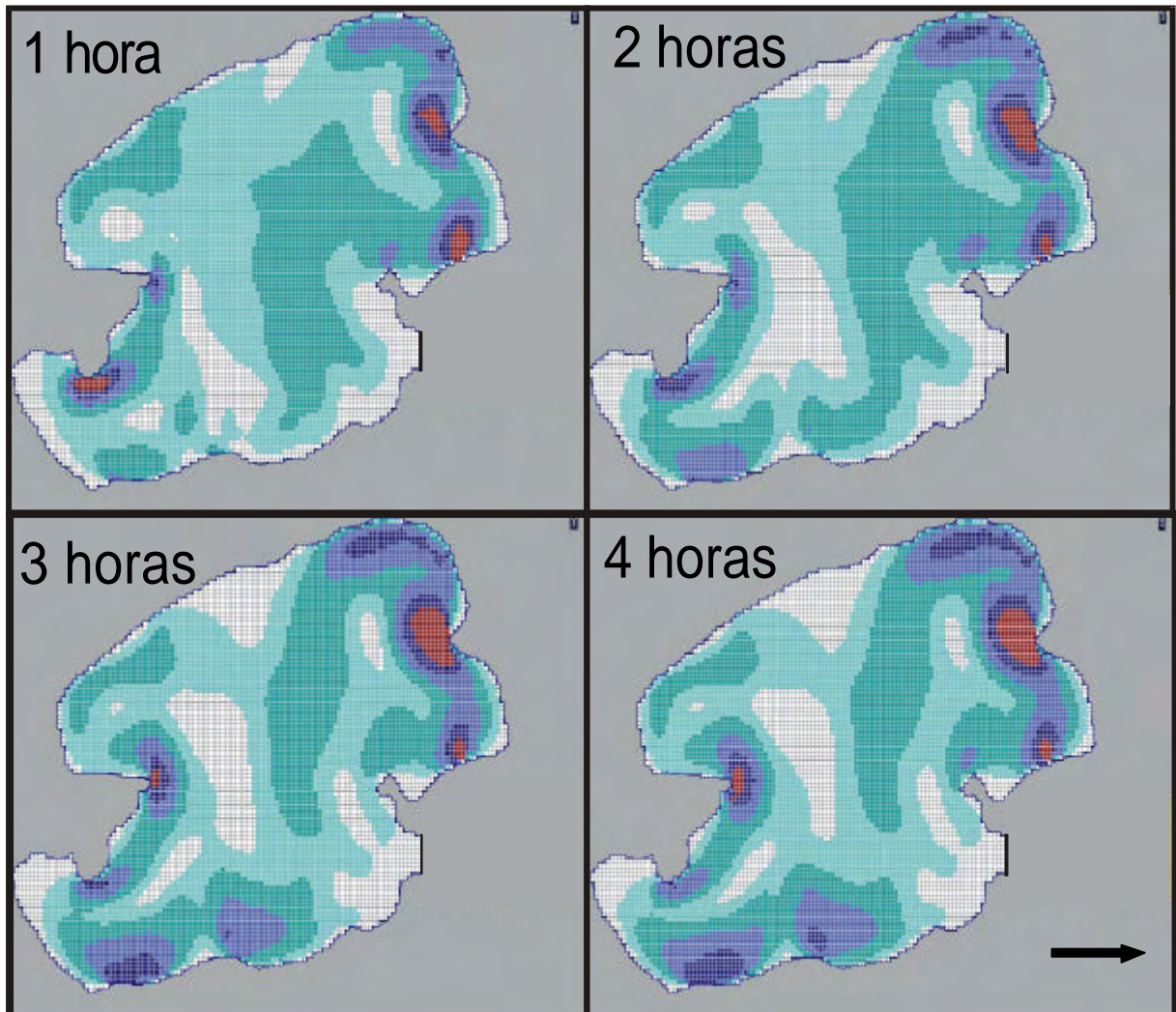
## VENTO ENE – 46 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 39: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

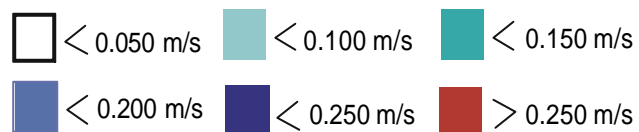
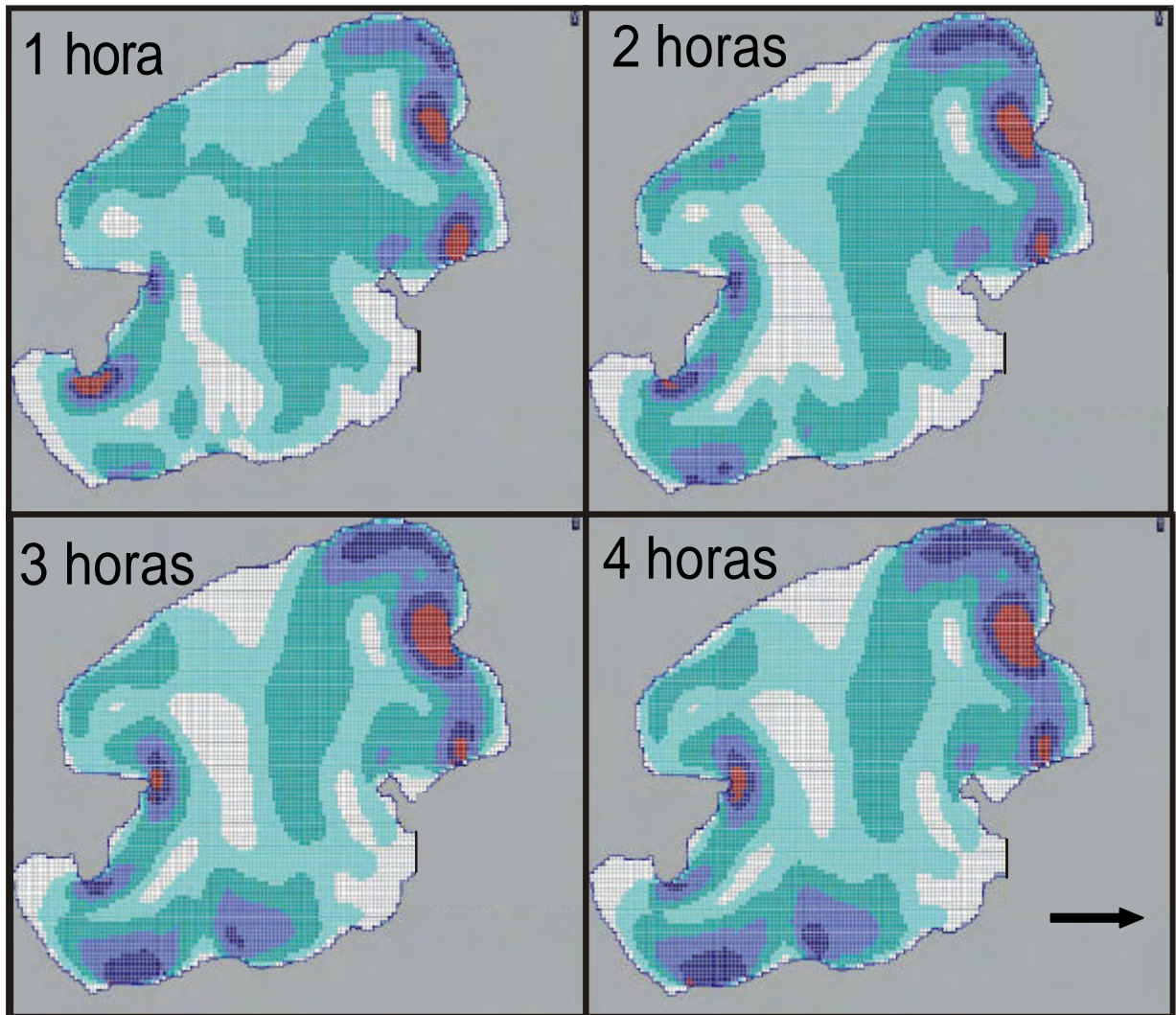
## VENTO ENE – 48 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 40: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

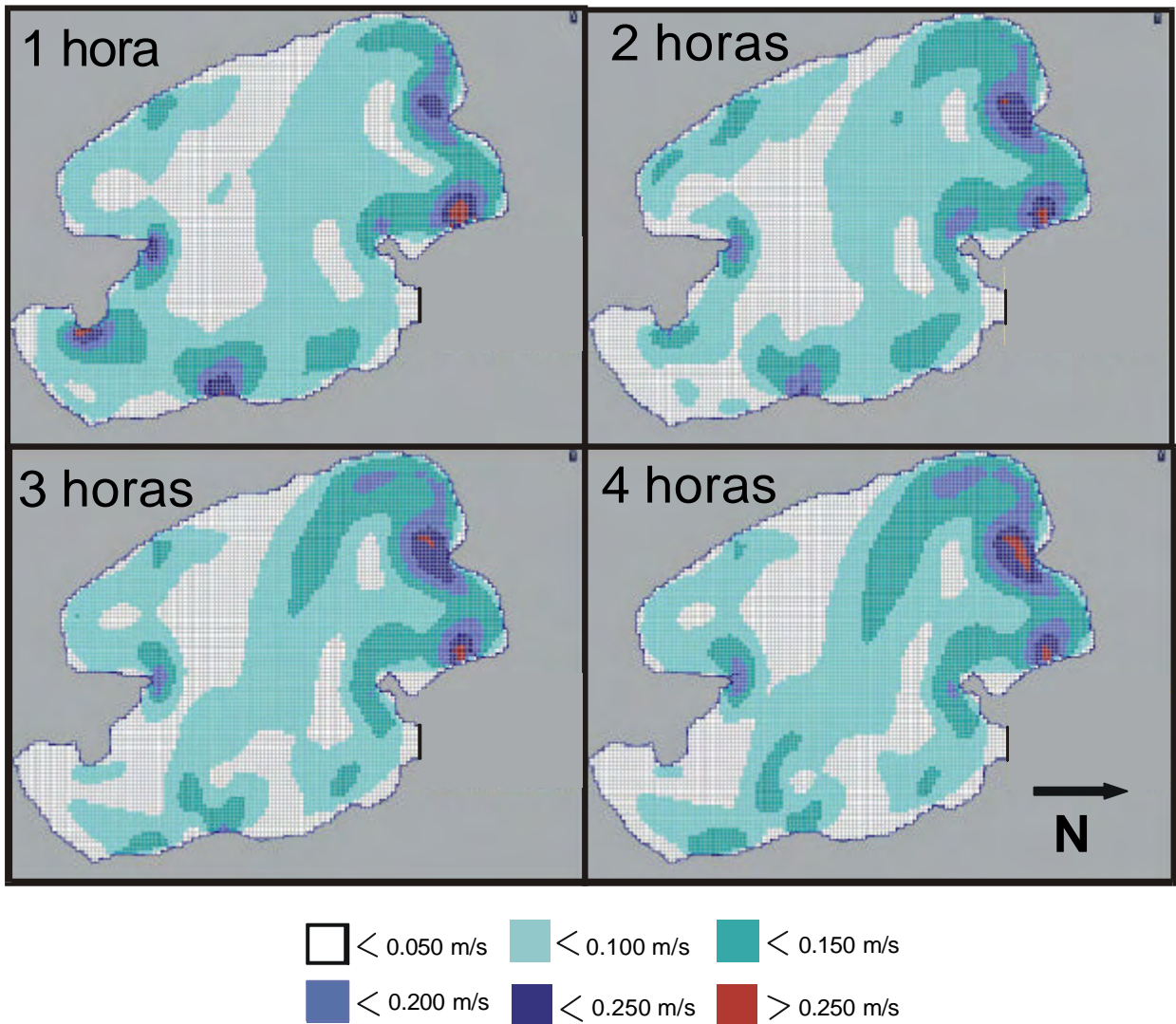
## VENTO ENE – 50 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 41: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE ENE DE 50Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

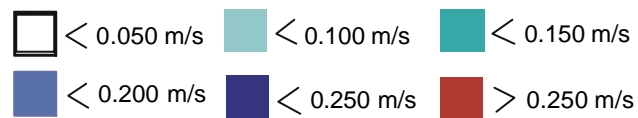
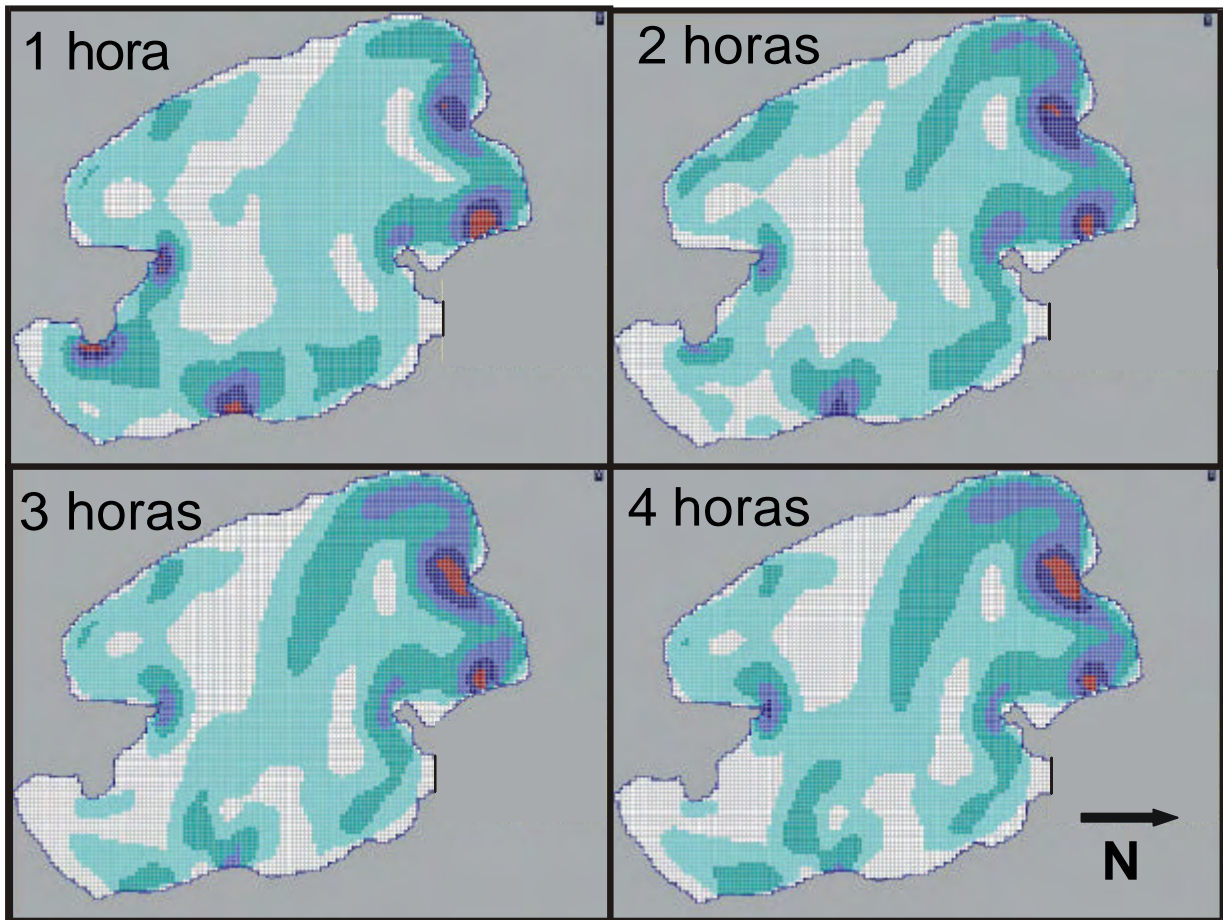
Vento E – 40 km/h



**LEGENDA**

**FIGURA 42: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

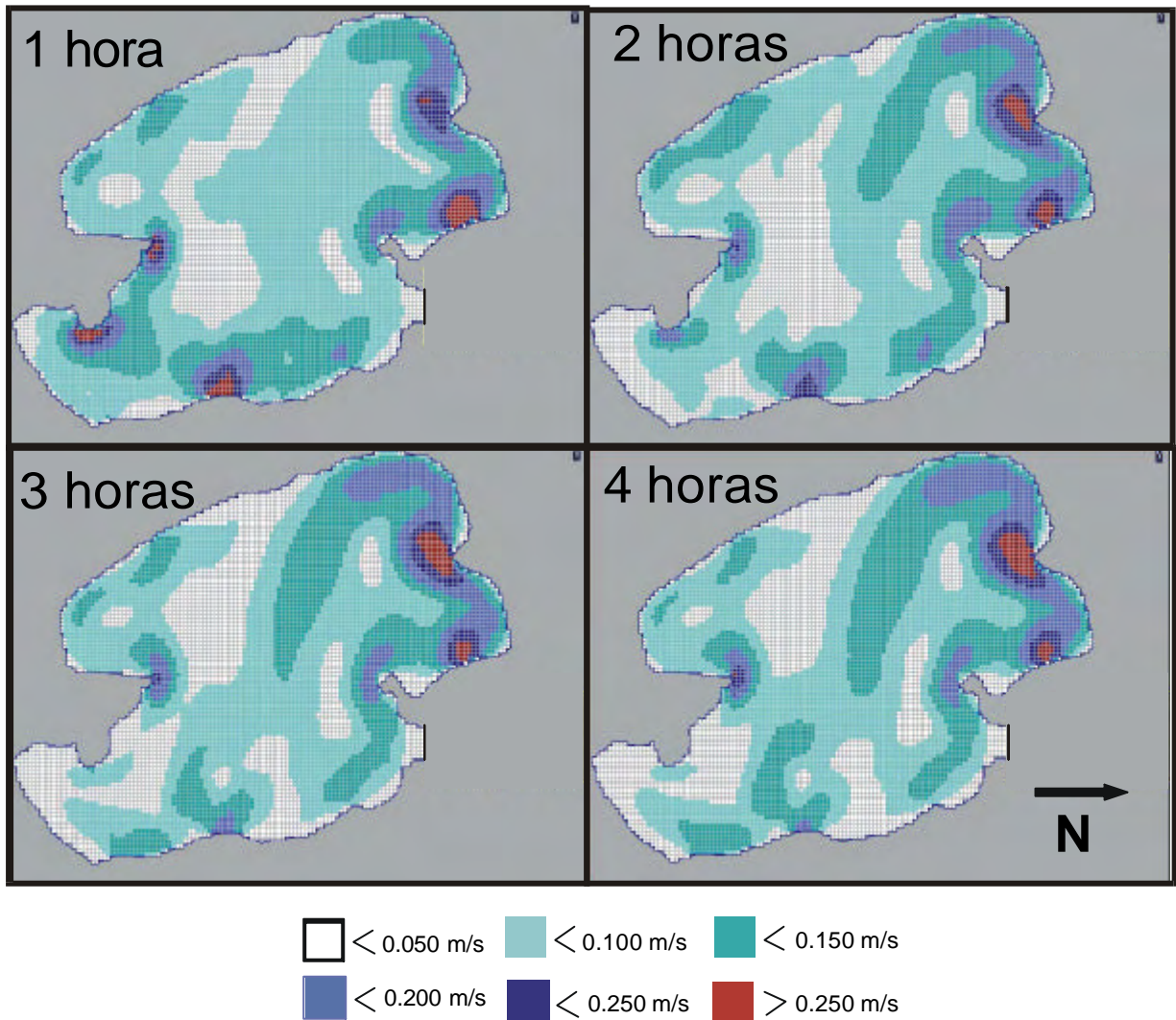
## VENTO E – 42 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 43: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

## VENTO E – 44 km/h

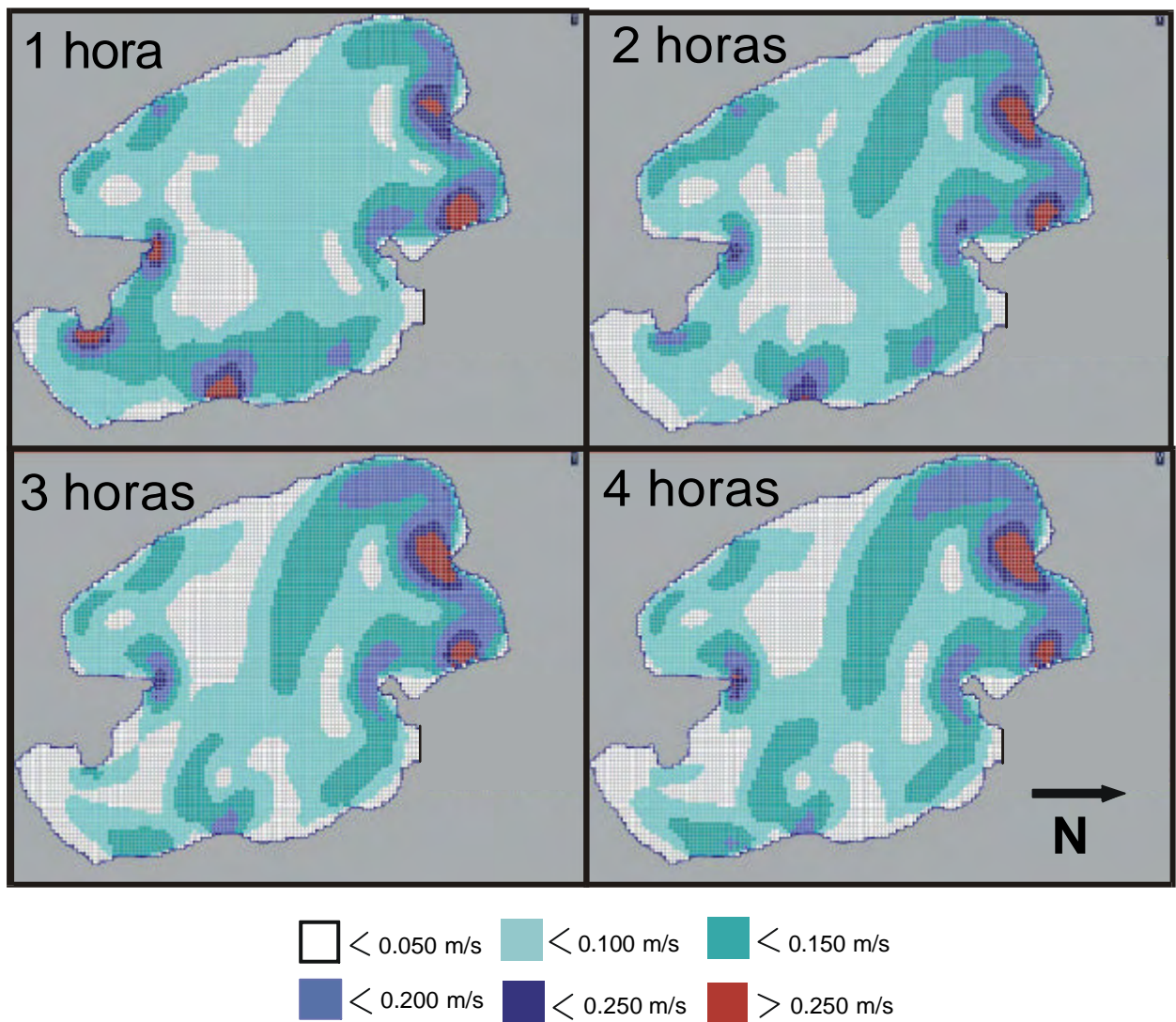


## LEGENDA

**FIGURA 44: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**



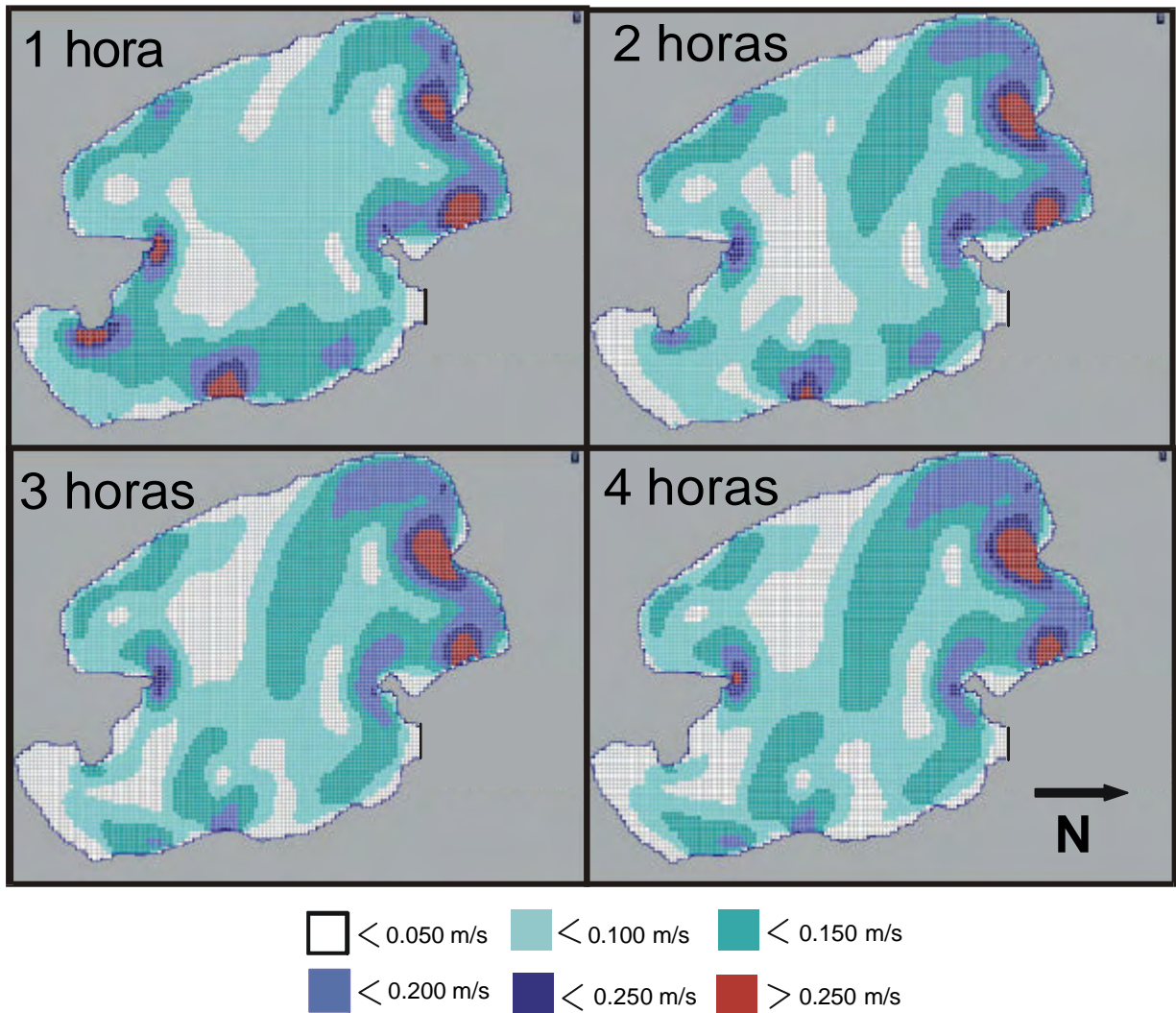
## VENTO E – 46 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 45: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

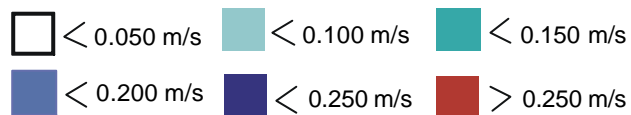
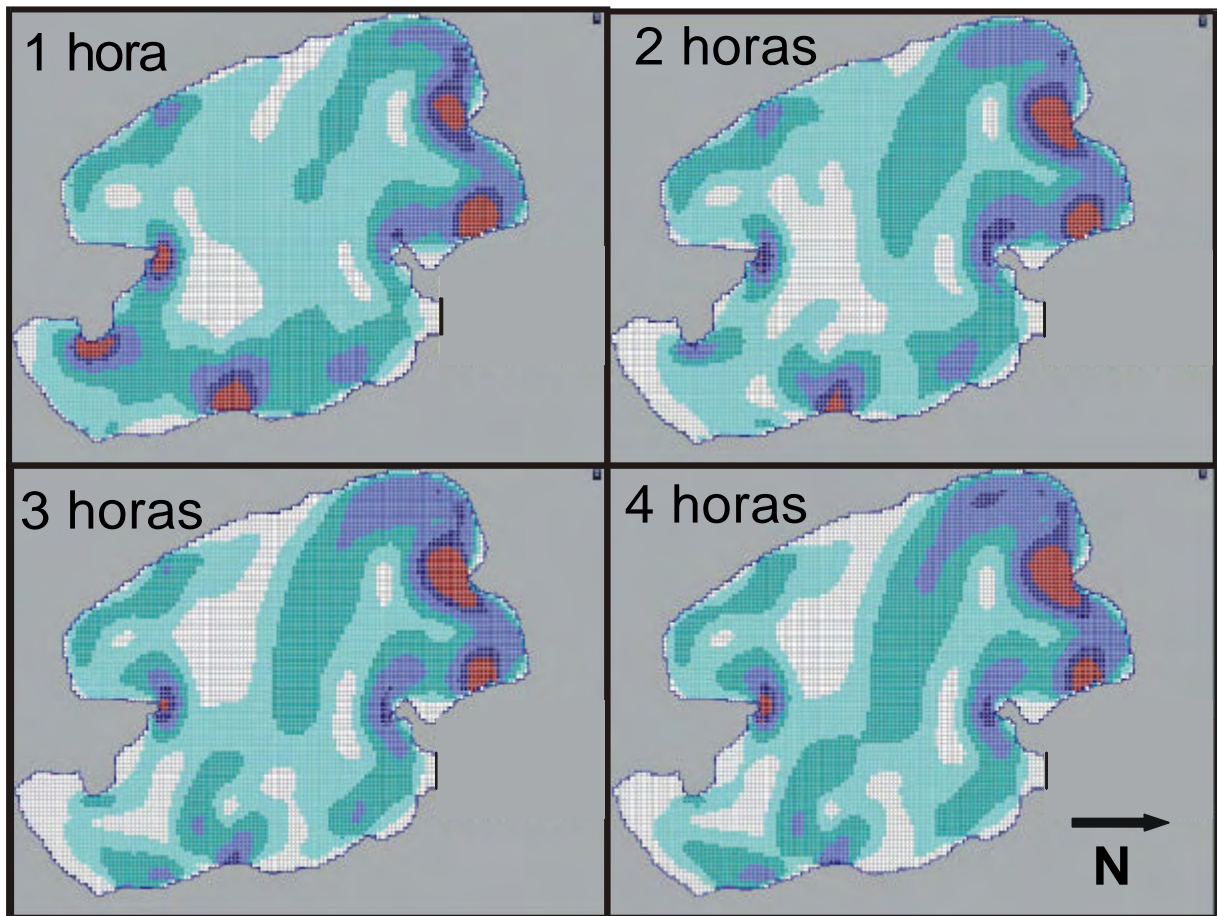
## VENTO E – 48 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 46: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

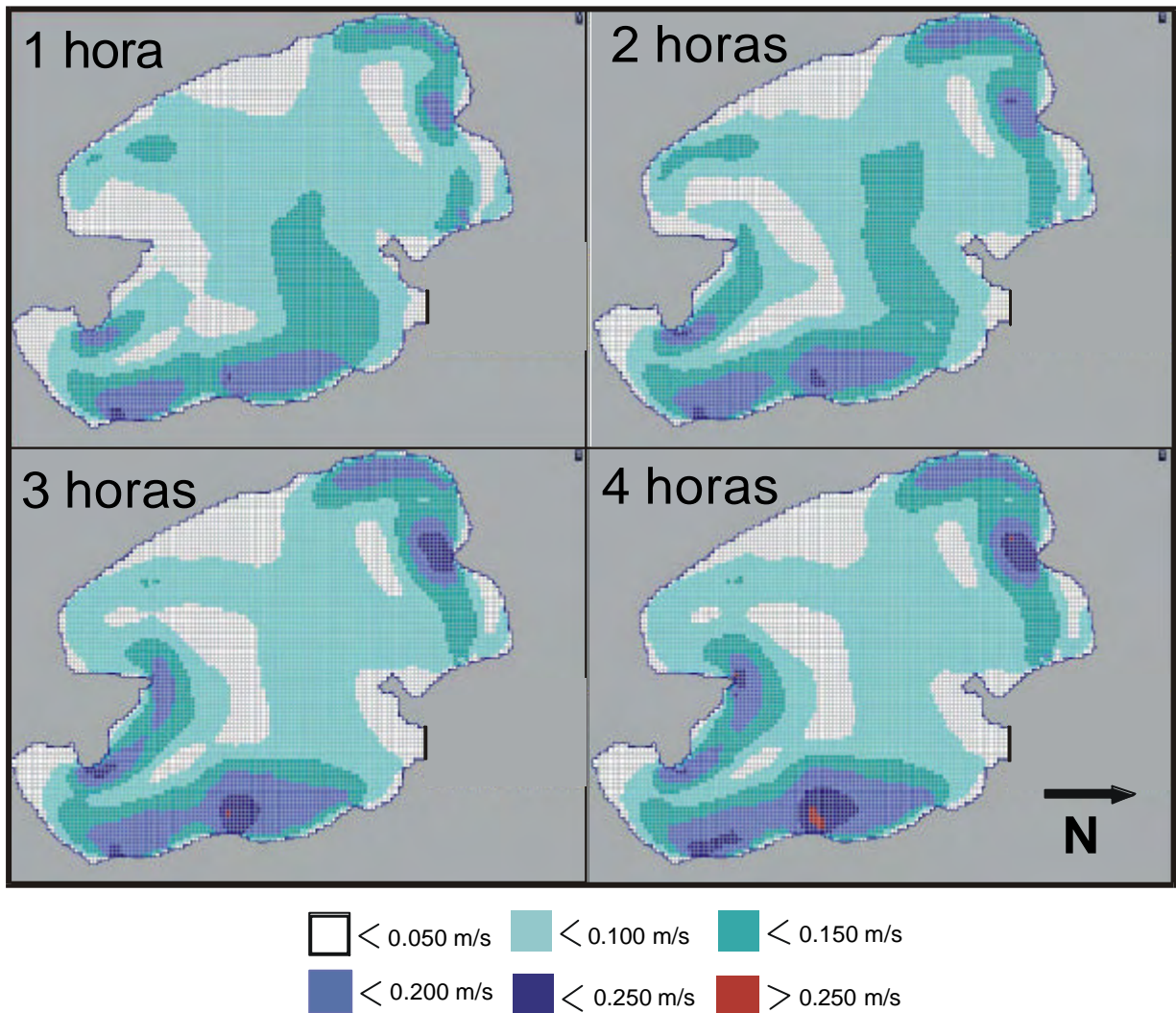
## VENTO E – 50 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 47: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE E DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

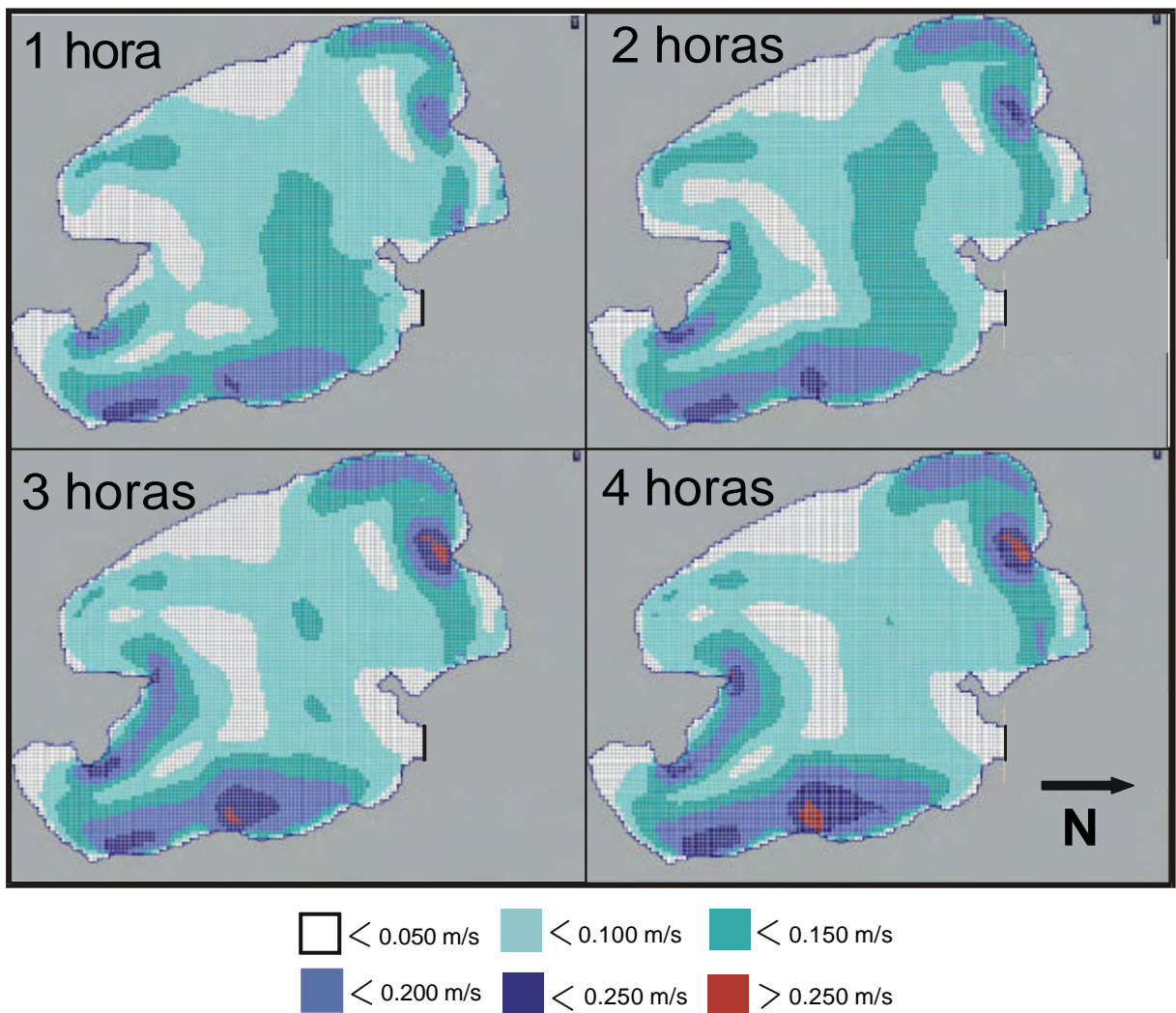
## VENTO NE – 40 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 48: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

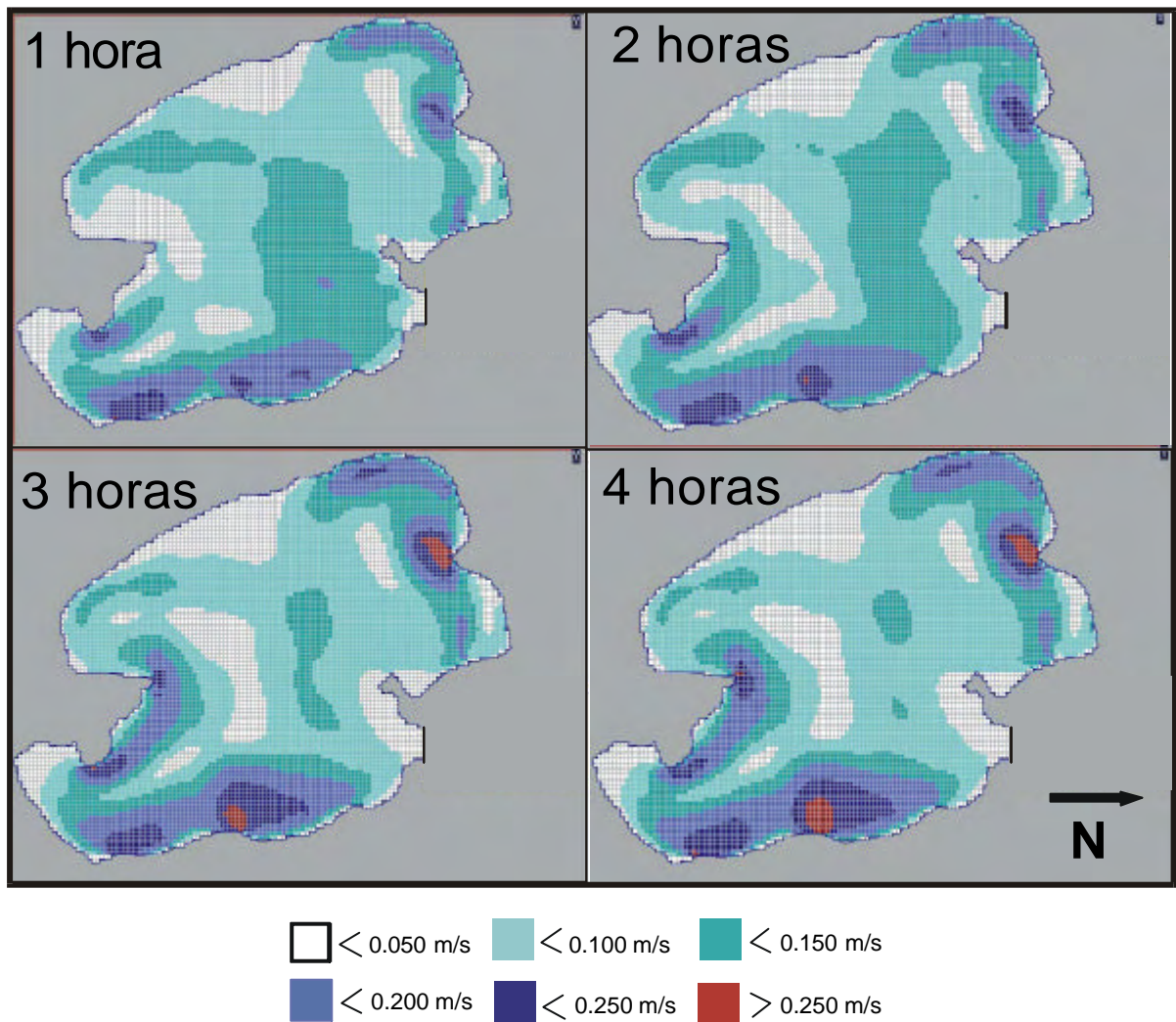
## VENTO NE – 42 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 49: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

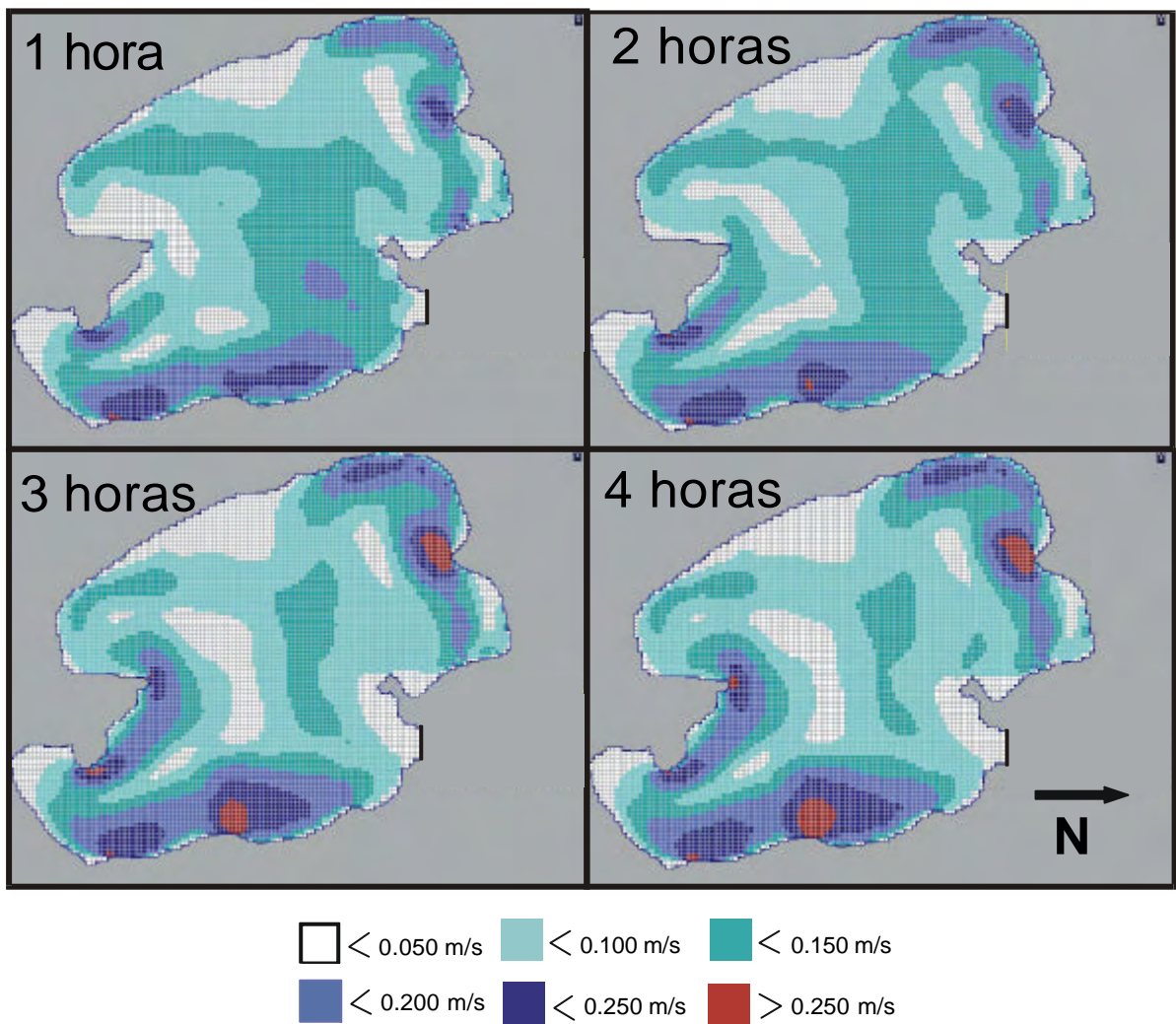
## VENTO NE – 44 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 50: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO AR AÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

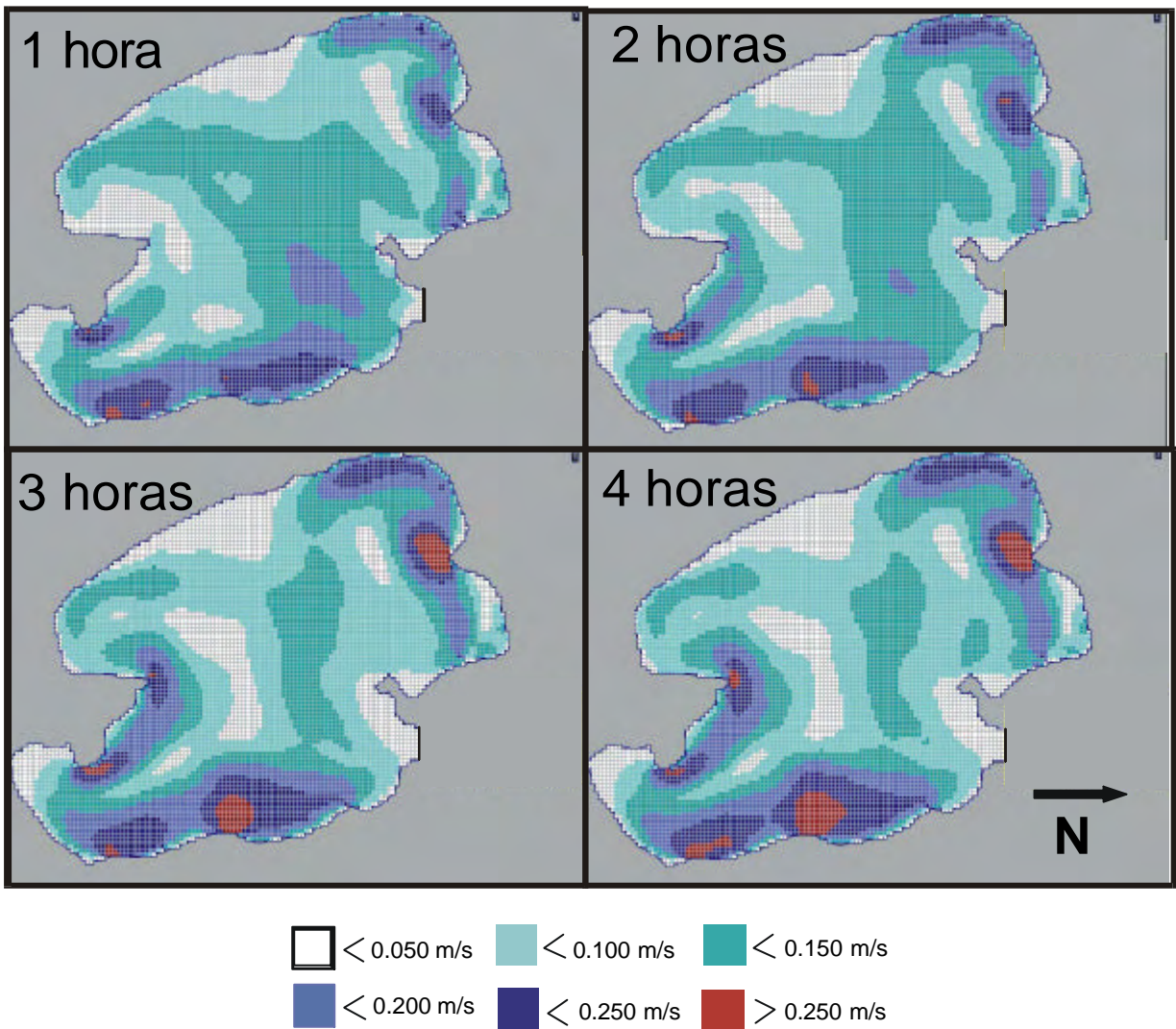
## VENTO NE – 46 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 51: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

## VENTO NE – 48 km/h

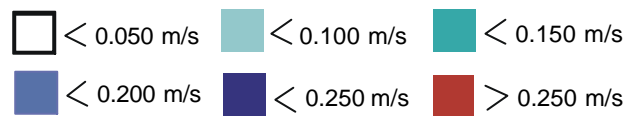
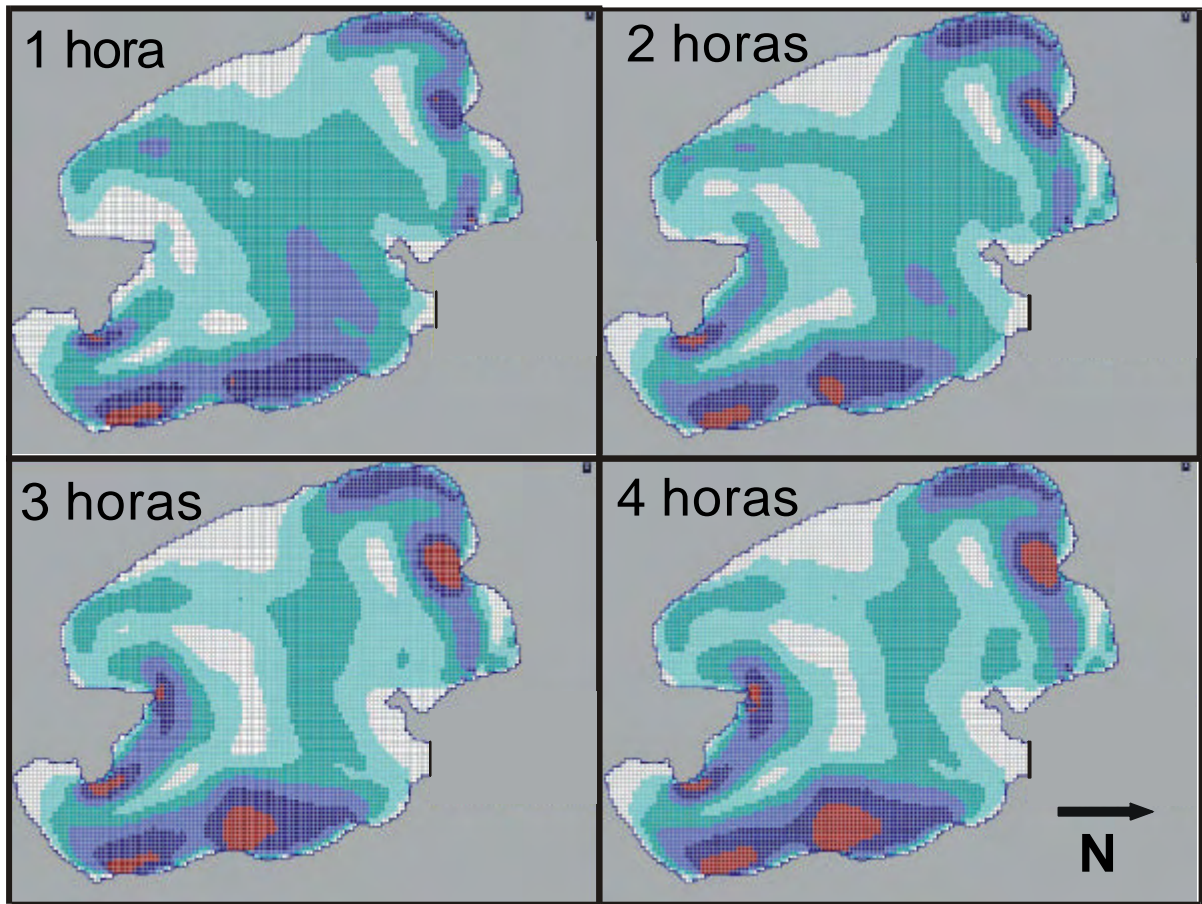


## LEGENDA

**FIGURA 52: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**



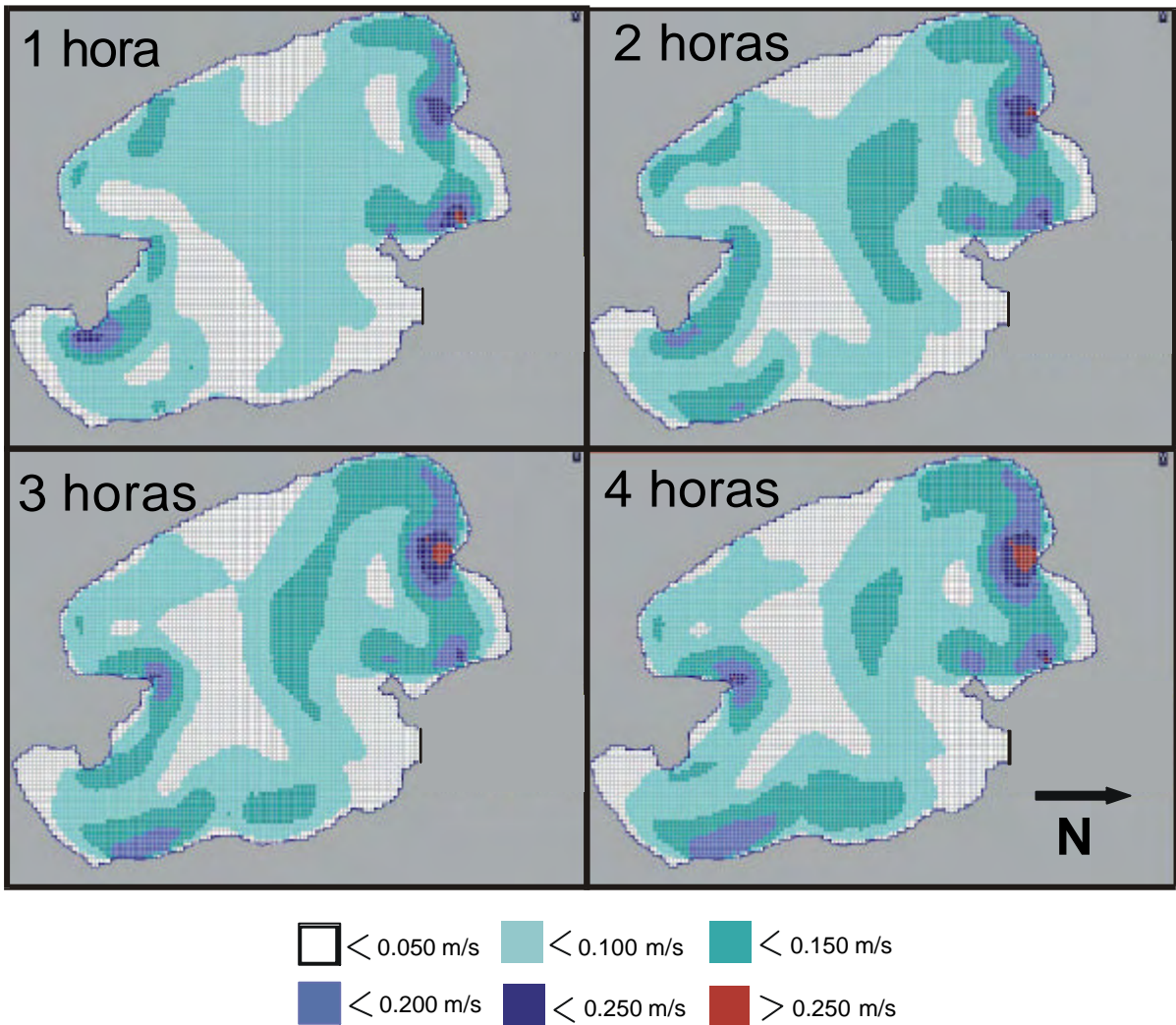
## VENTO NE – 50 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 53: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE NE DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

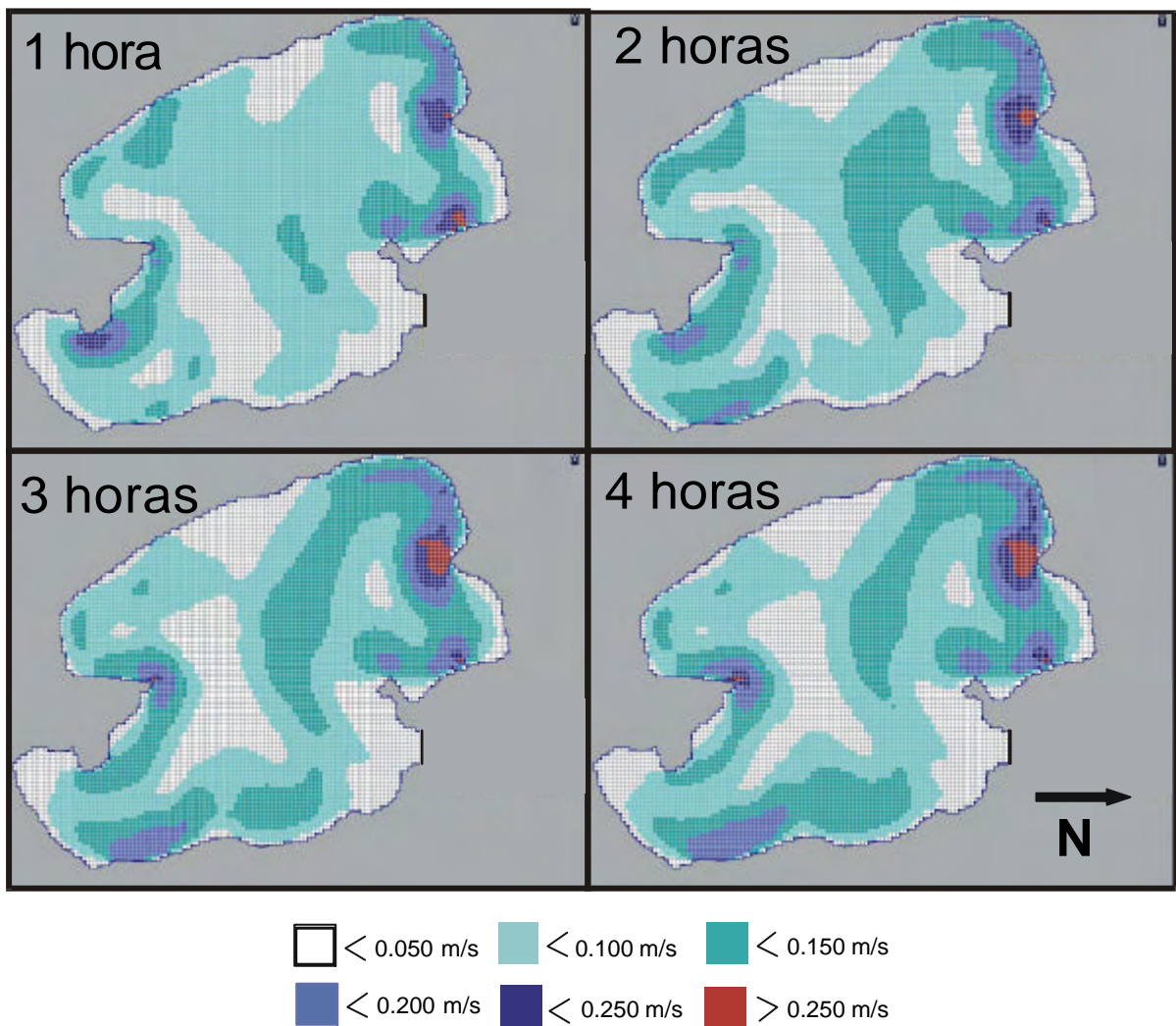
## VENTO WSW – 40 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 54: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

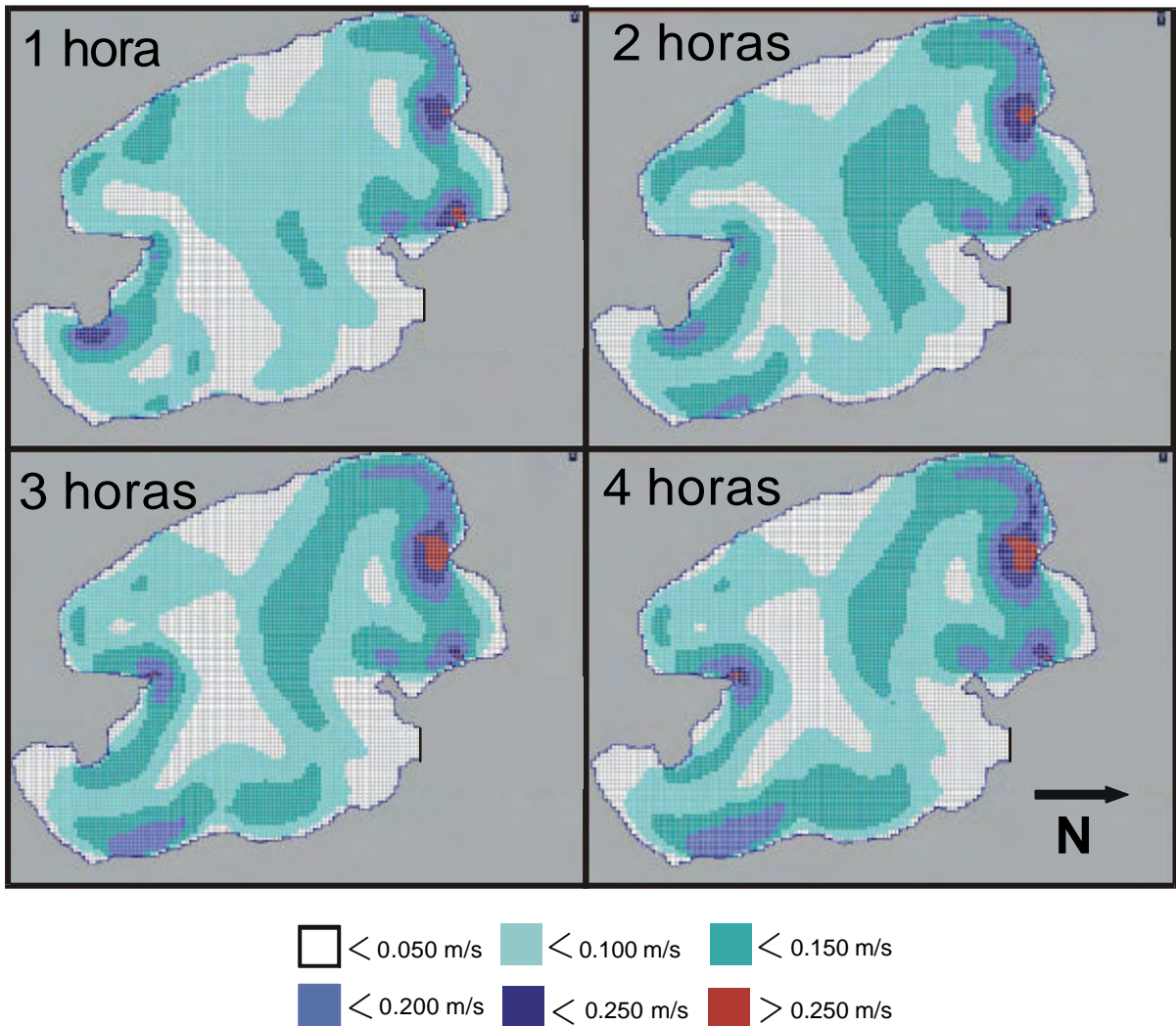
## VENTO WSW – 42 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 55: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

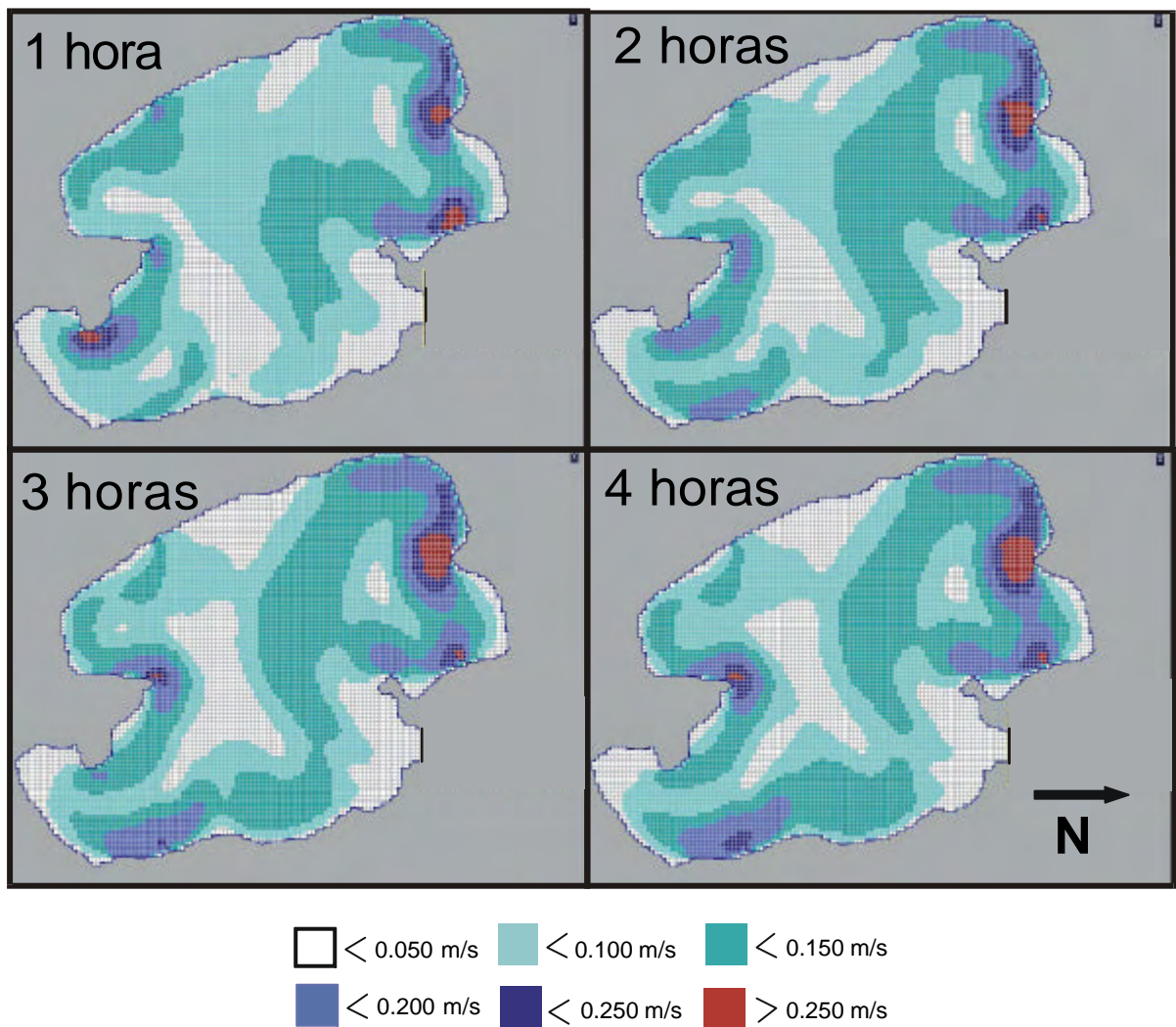
## VENTO WSW – 44 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 56: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

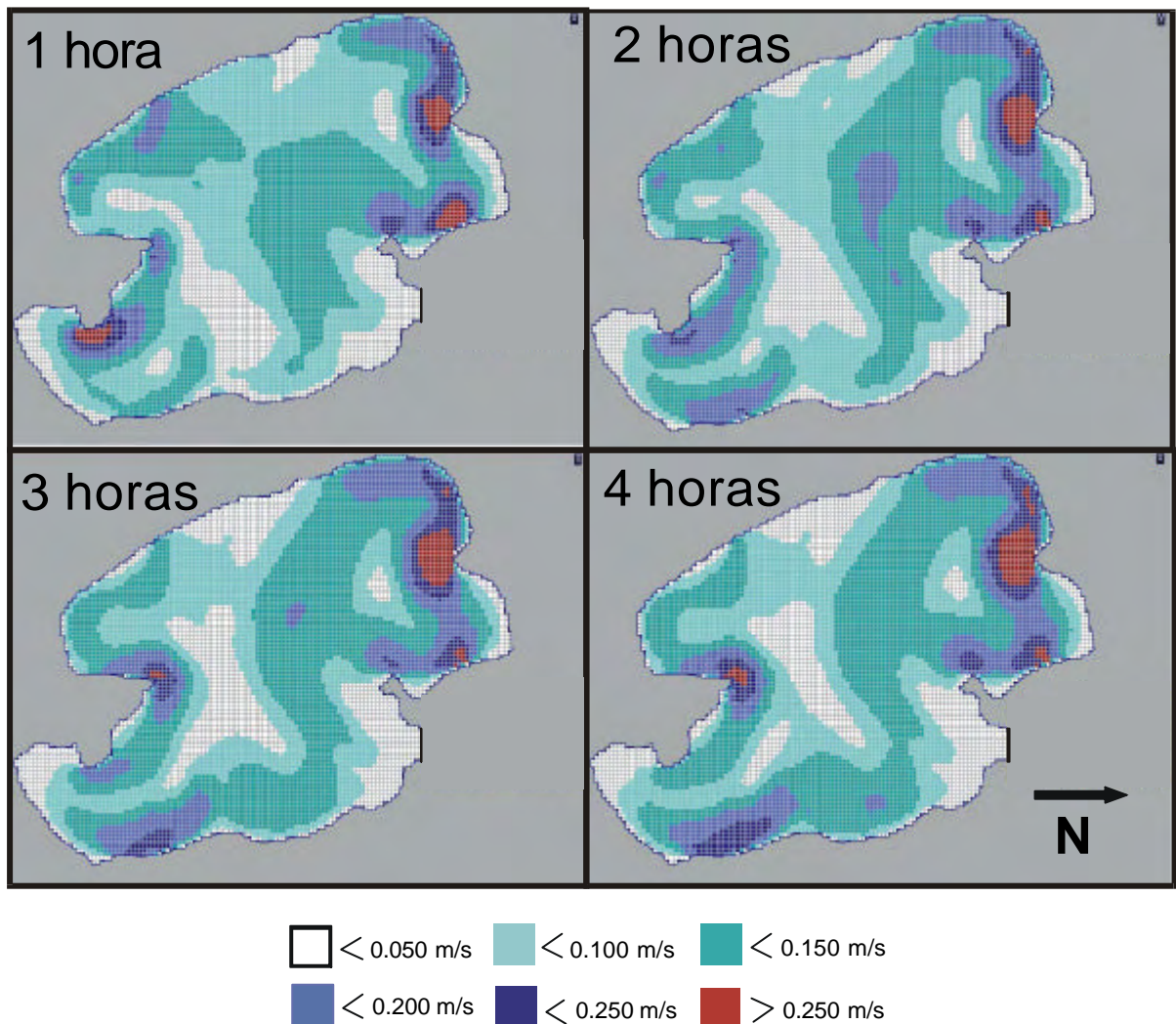
## VENTO WSW – 46 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 57: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

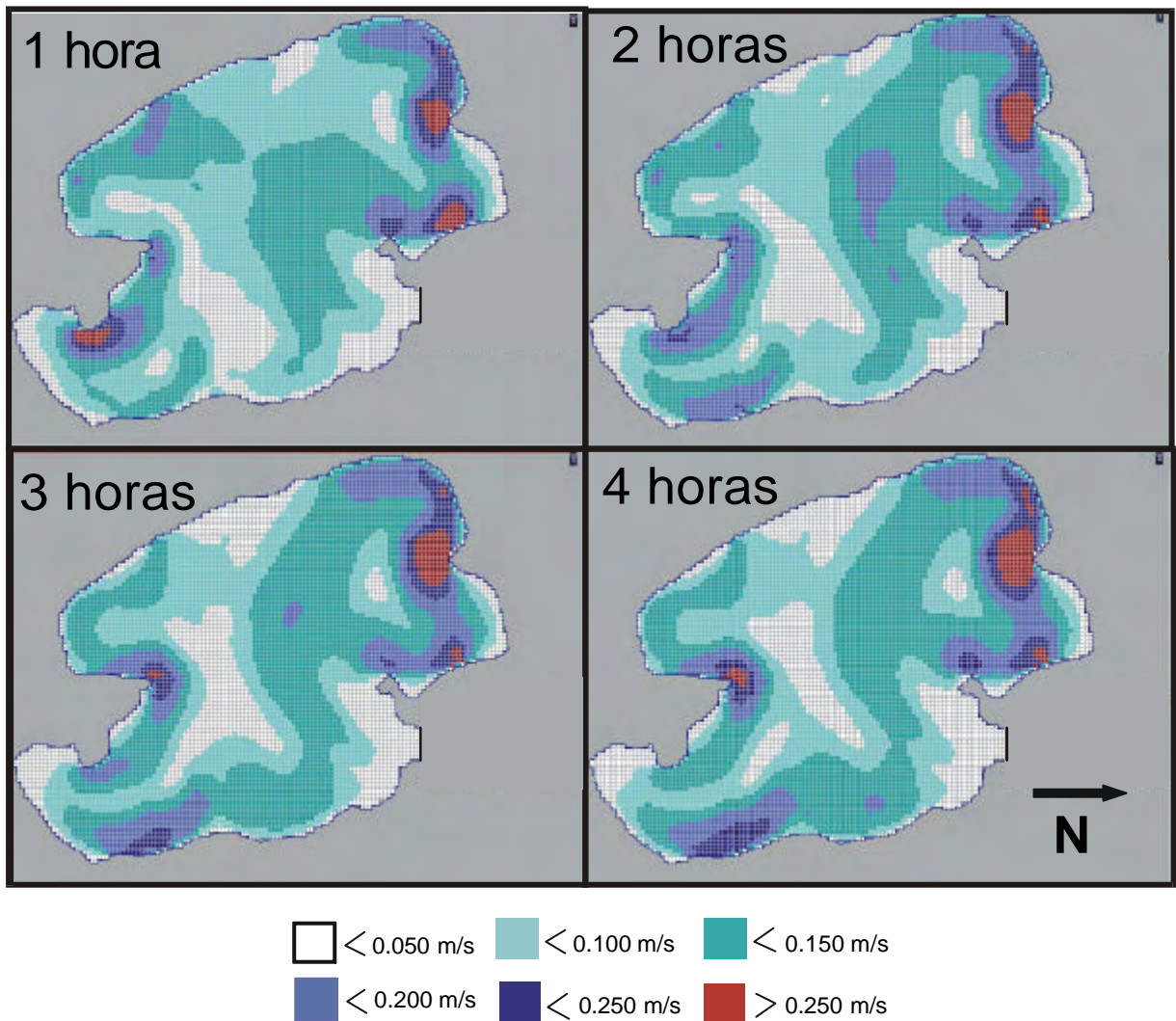
## VENTO WSW – 48 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 58: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

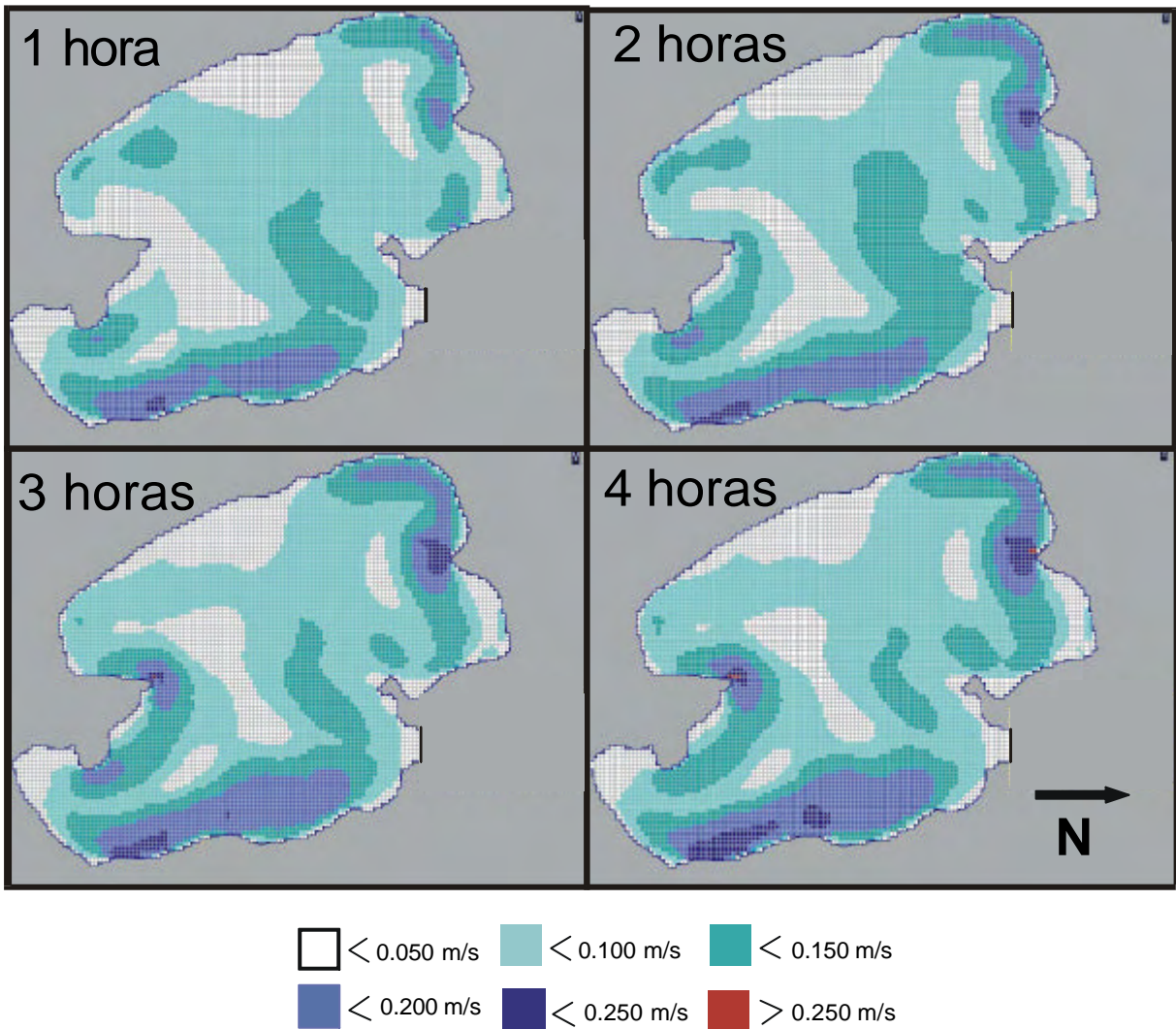
## VENTO WSW – 50 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 59: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE WSW DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

## VENTO SW – 40 km/h

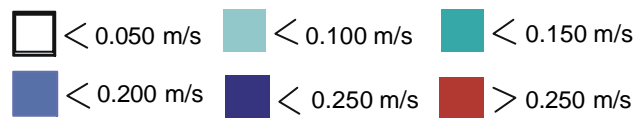
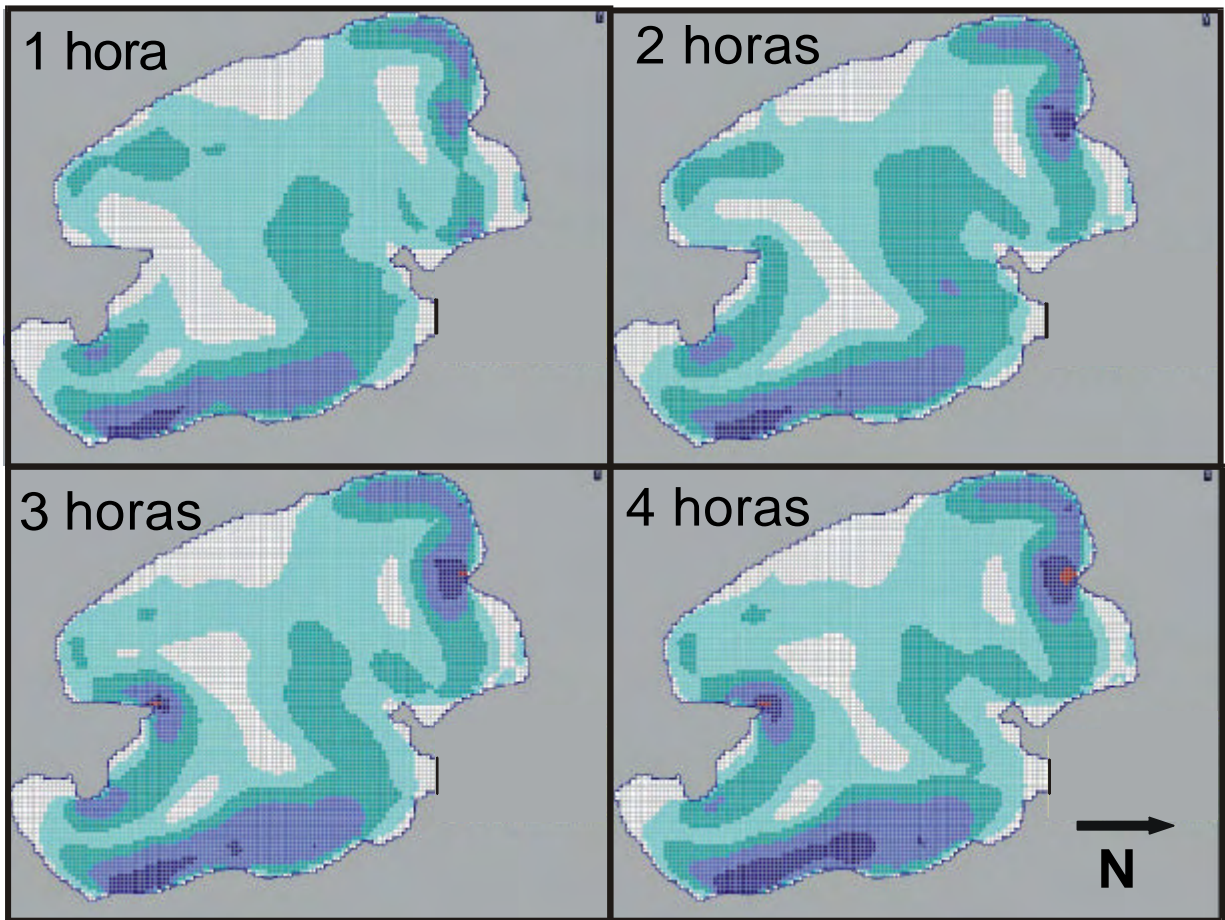


## LEGENDA

**FIGURA 60: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**



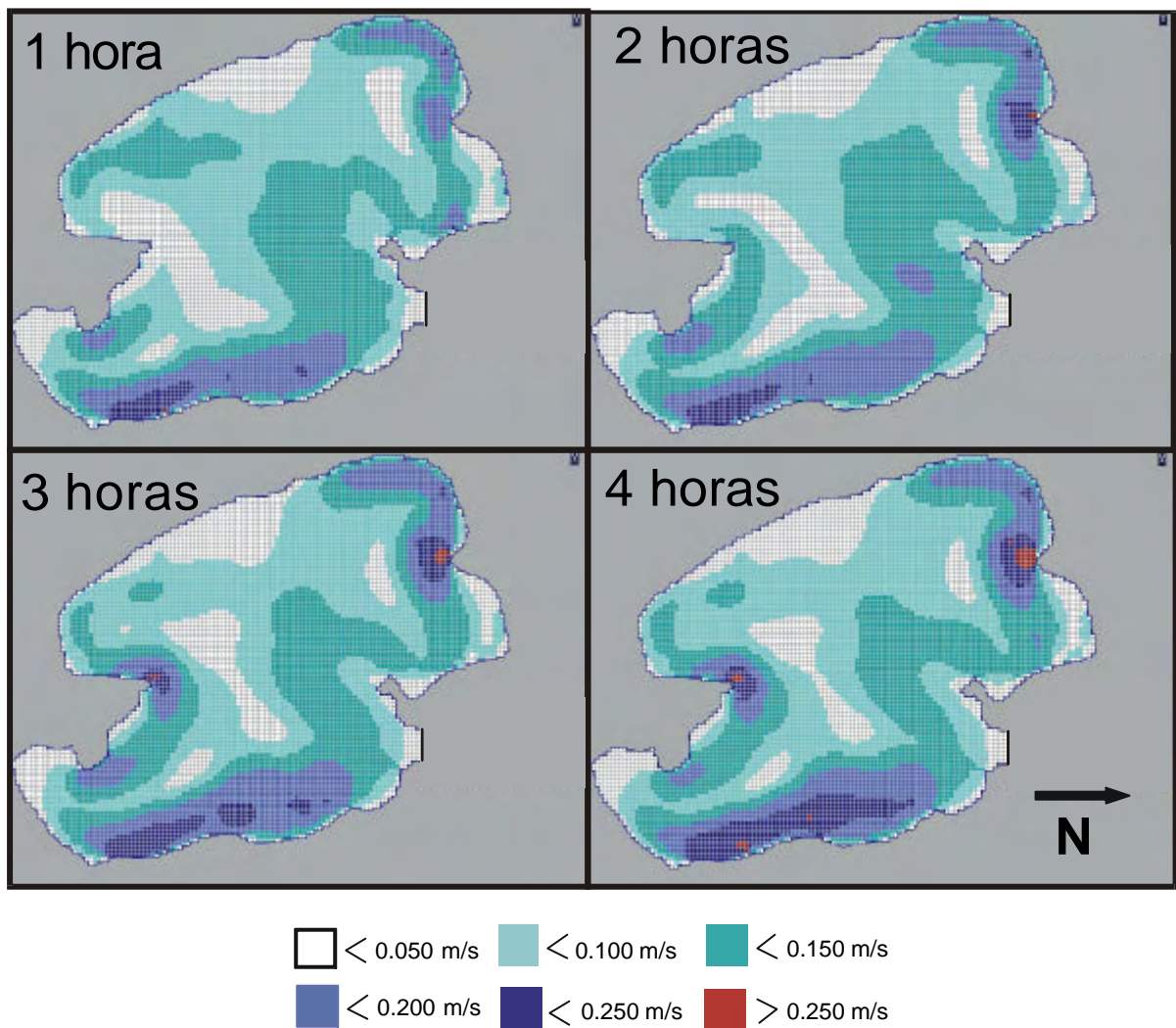
## VENTO SW – 42 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 61: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

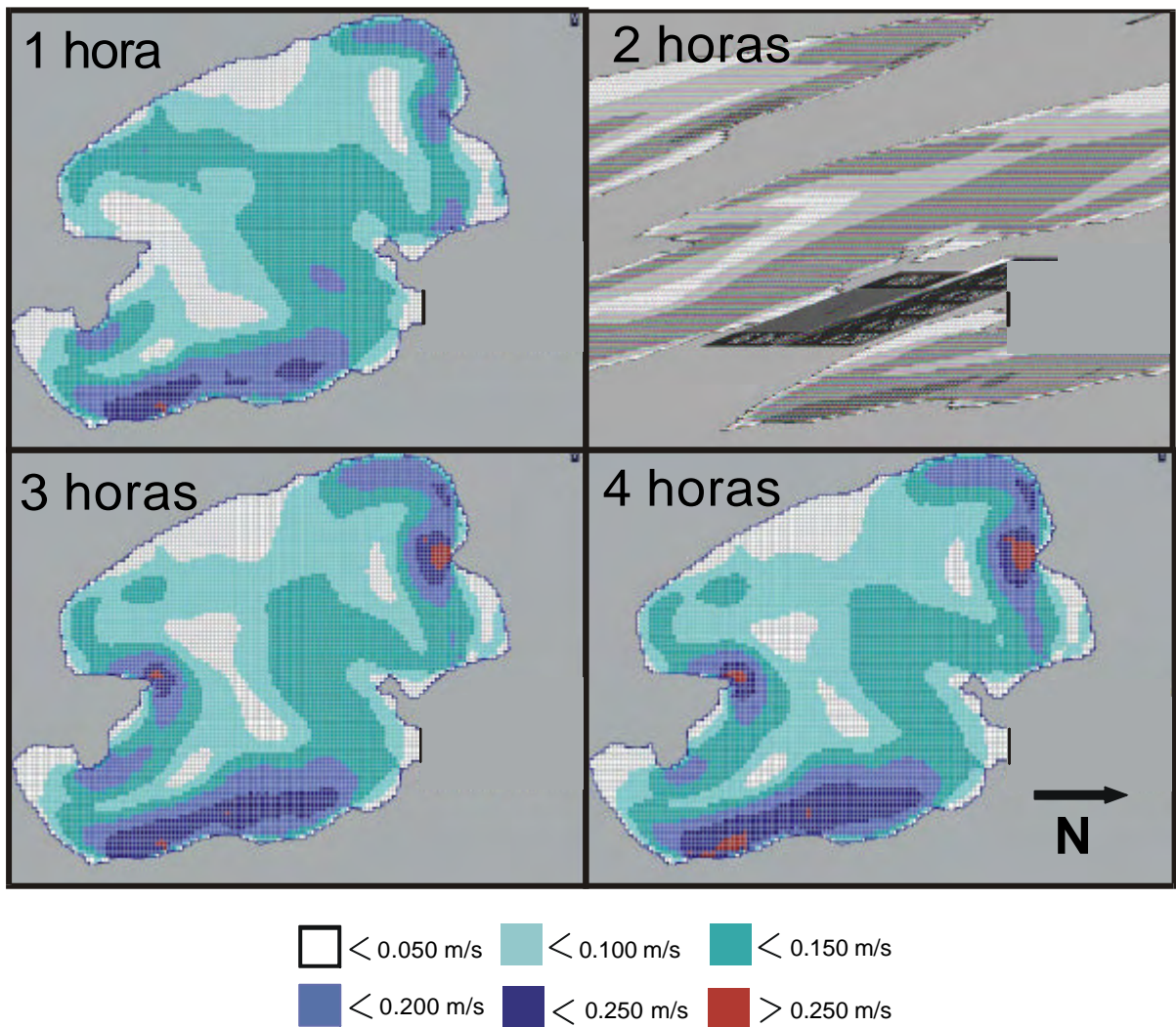
## VENTO SW – 44 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 62: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

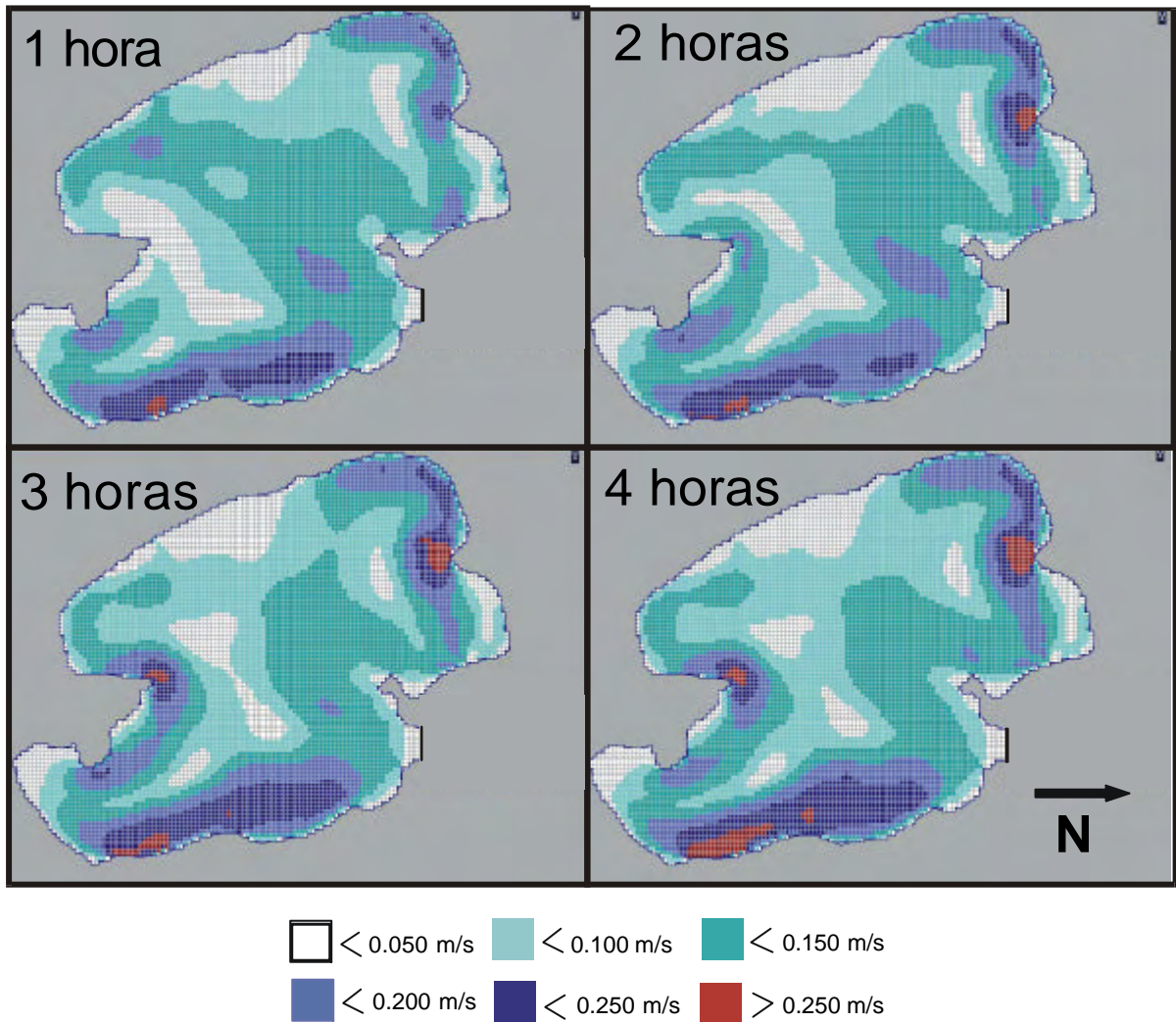
## VENTO SW – 46 km/h



## LEGENDA

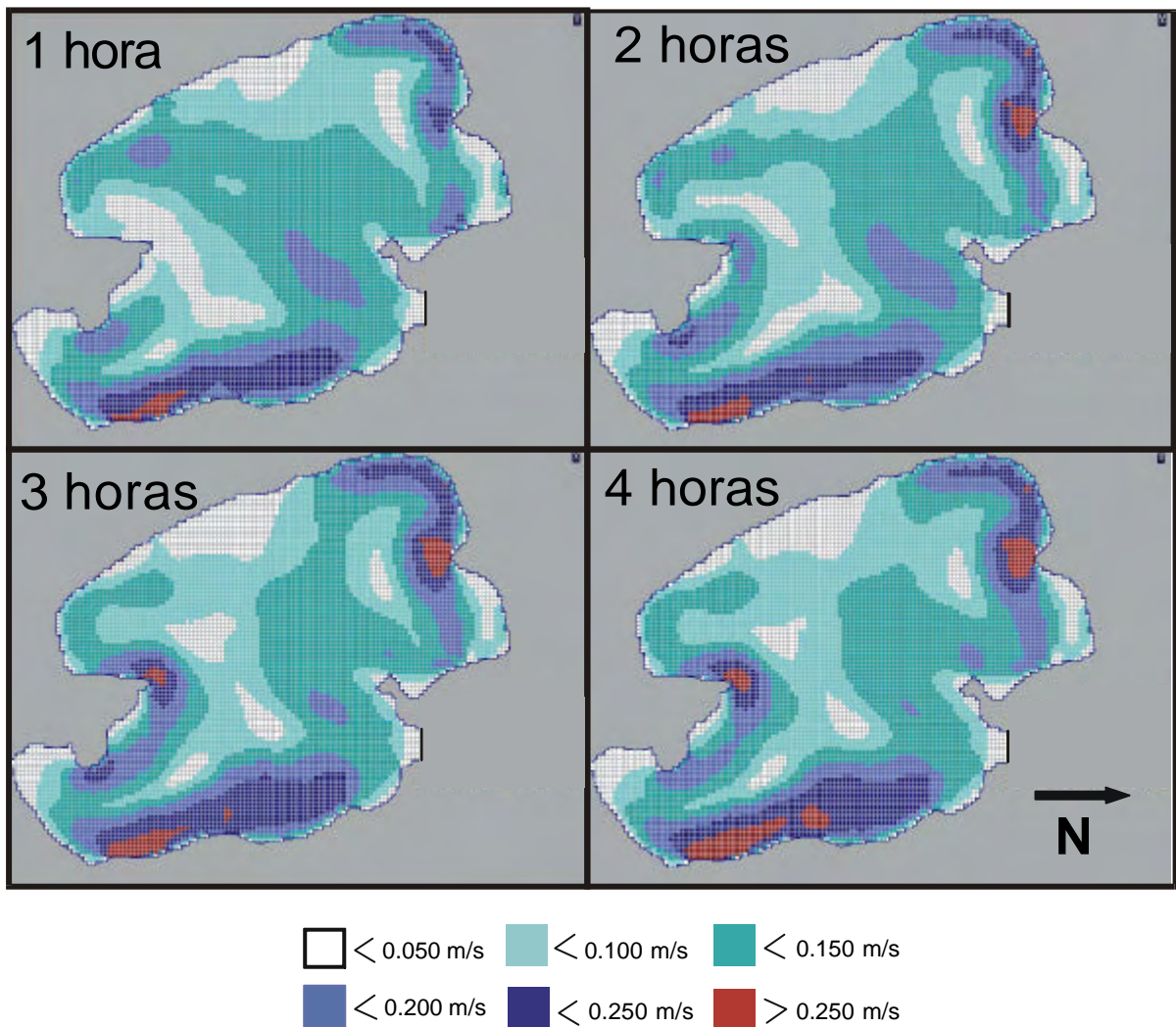
**FIGURA 63: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

## VENTO SW – 48 km/h



**FIGURA 64: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

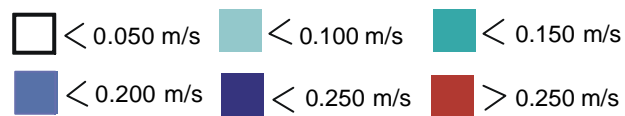
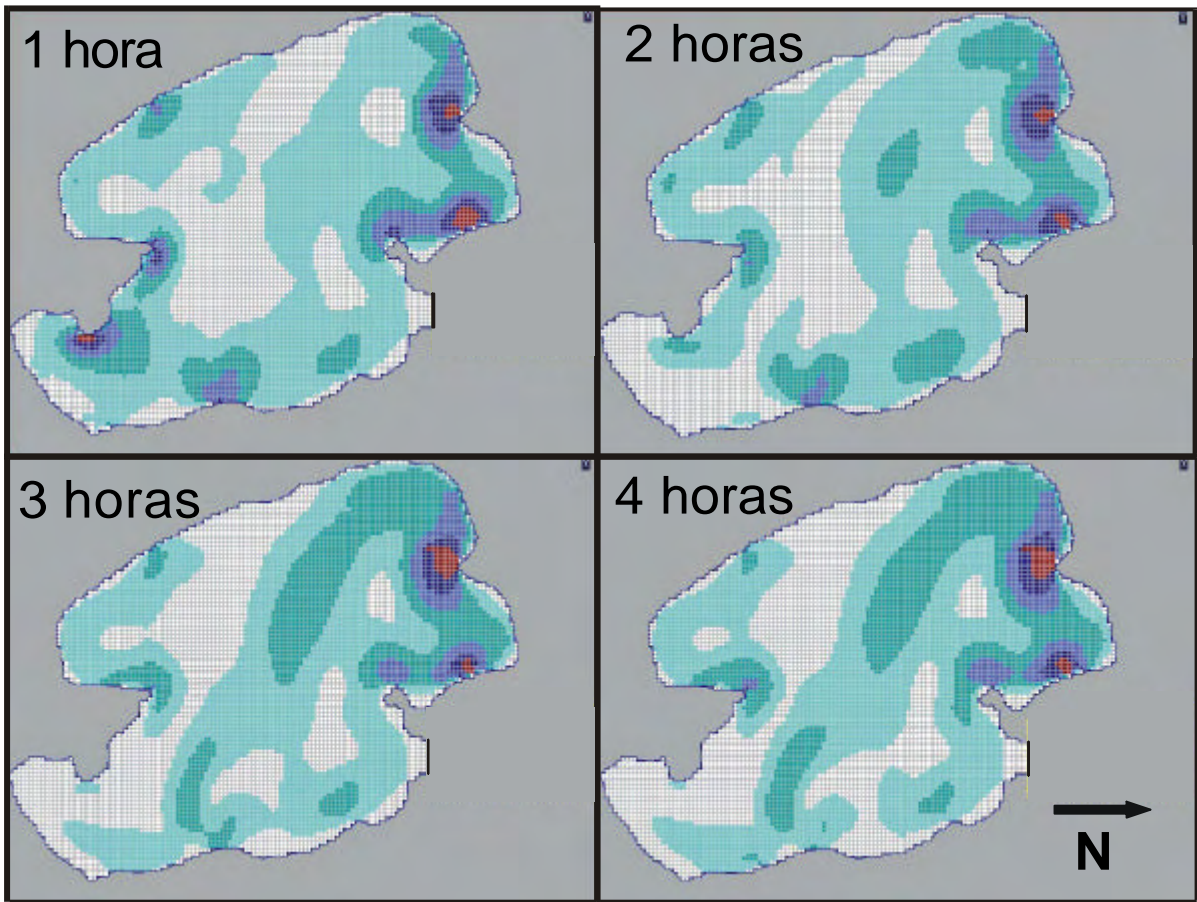
## VENTO SW – 50 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 65: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE SW DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

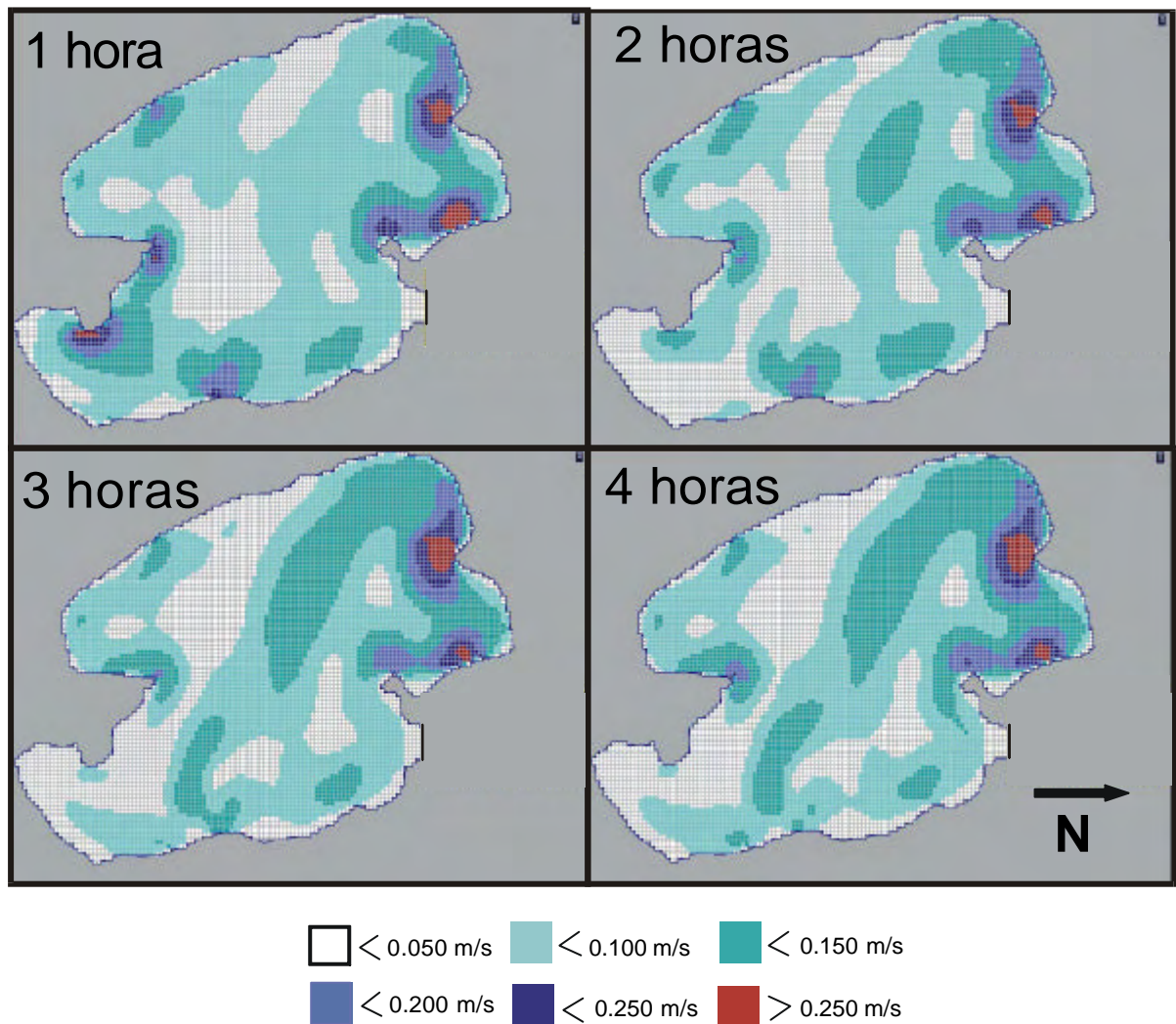
## VENTO W – 40 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 66: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 40 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

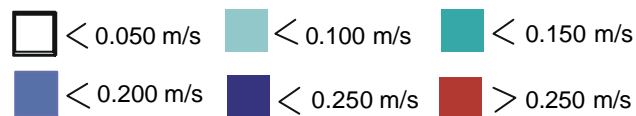
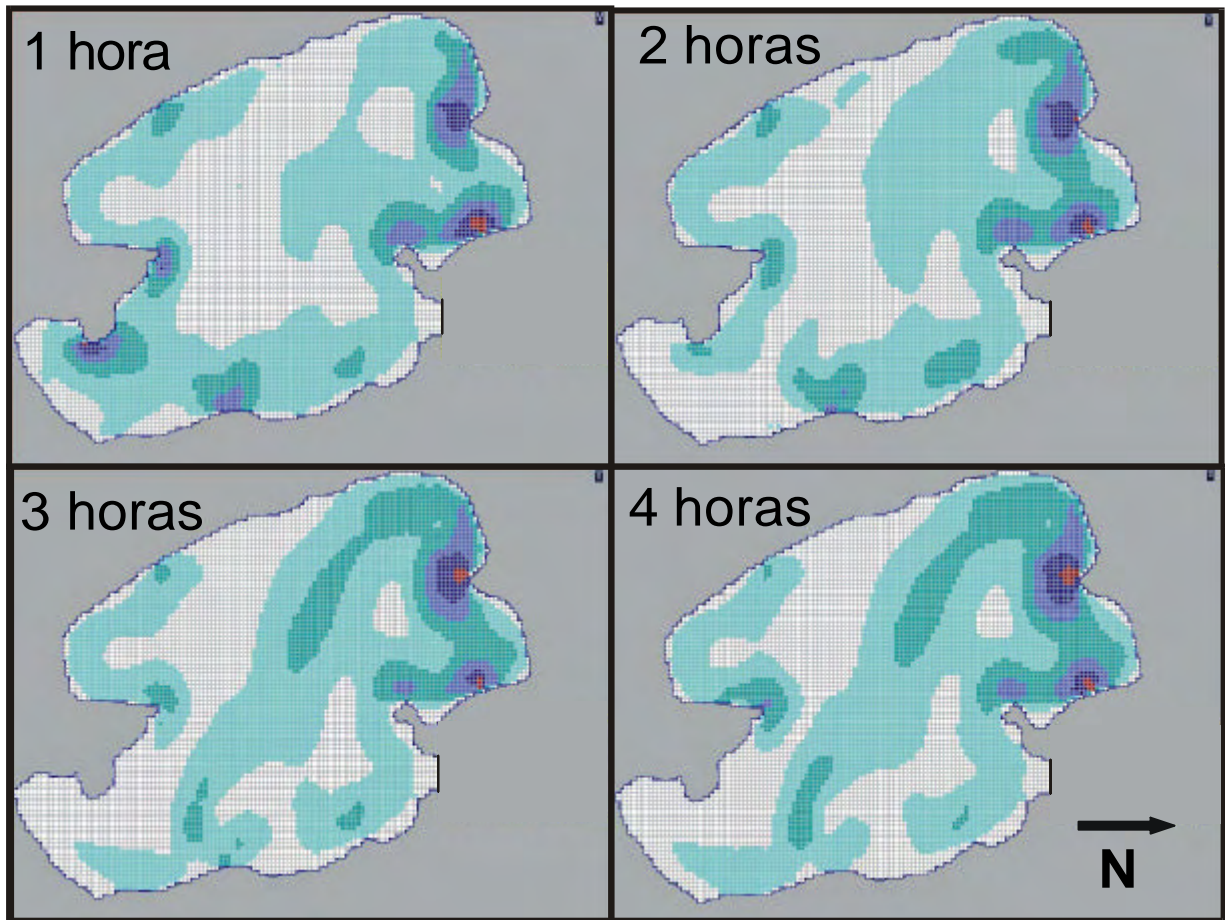
## VENTO W – 42 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 67: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 42 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

## VENTO W – 44 km/h

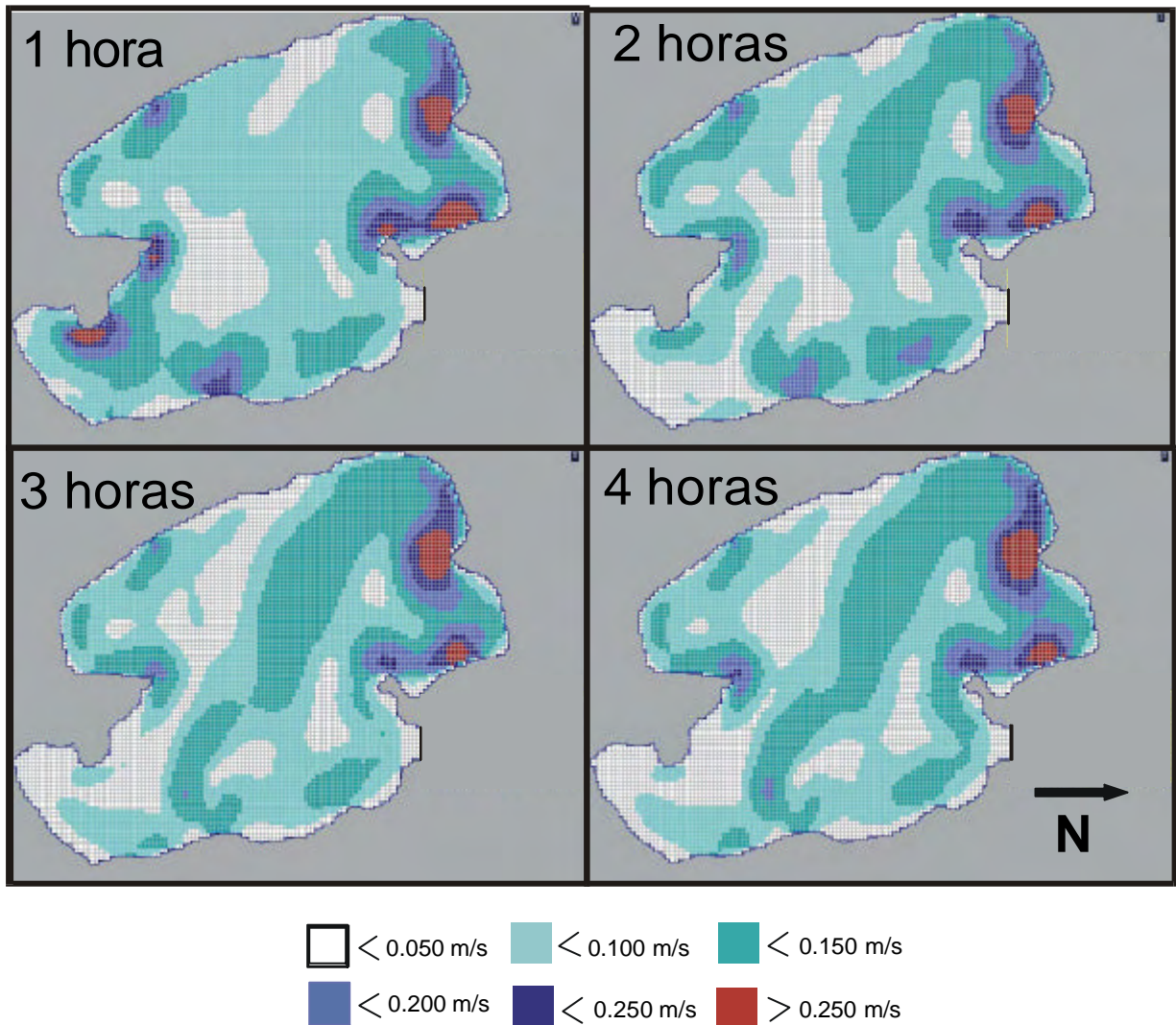


## LEGENDA

**FIGURA 68: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 44 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**



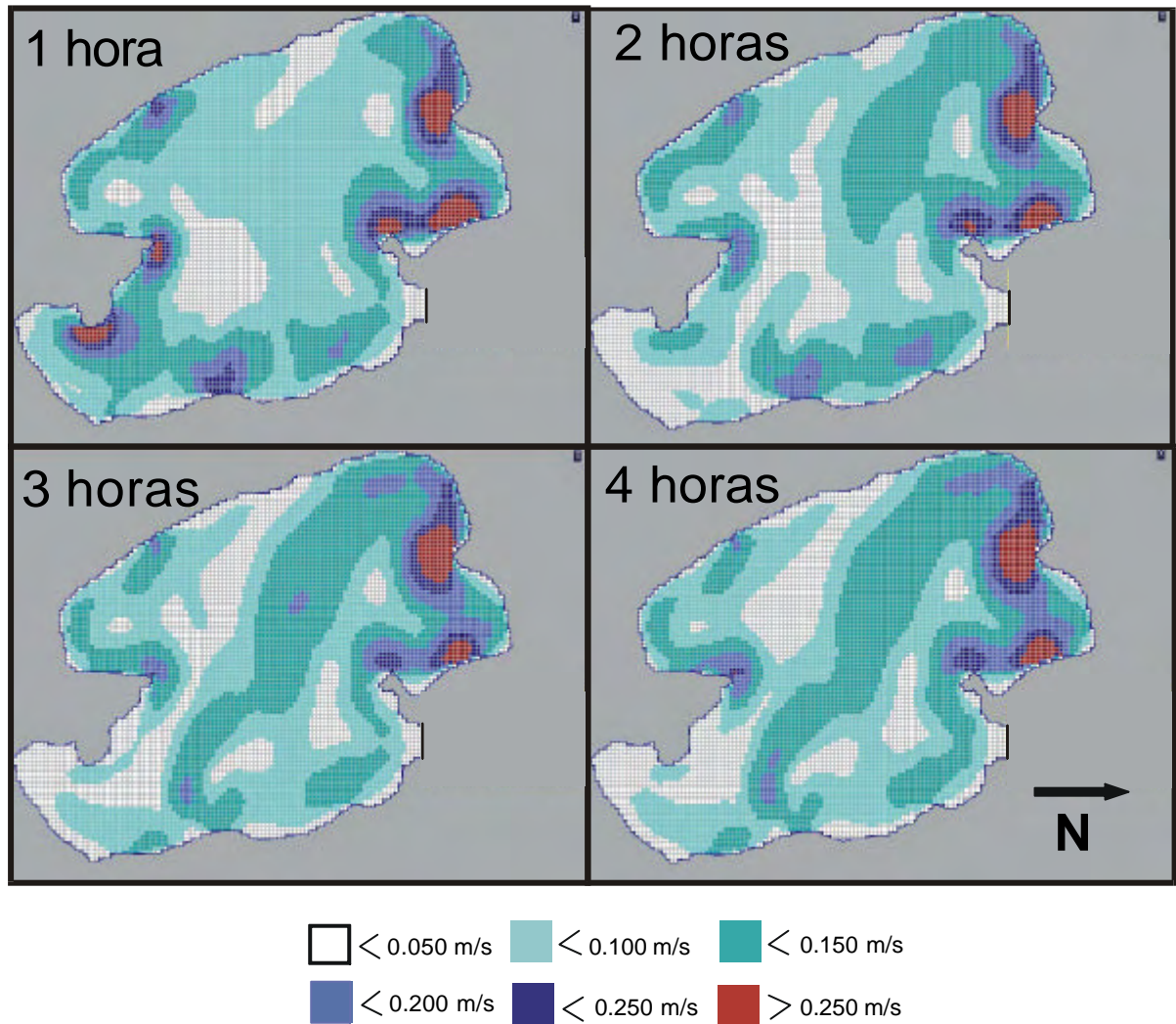
## VENTO W – 46 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 69: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 46 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

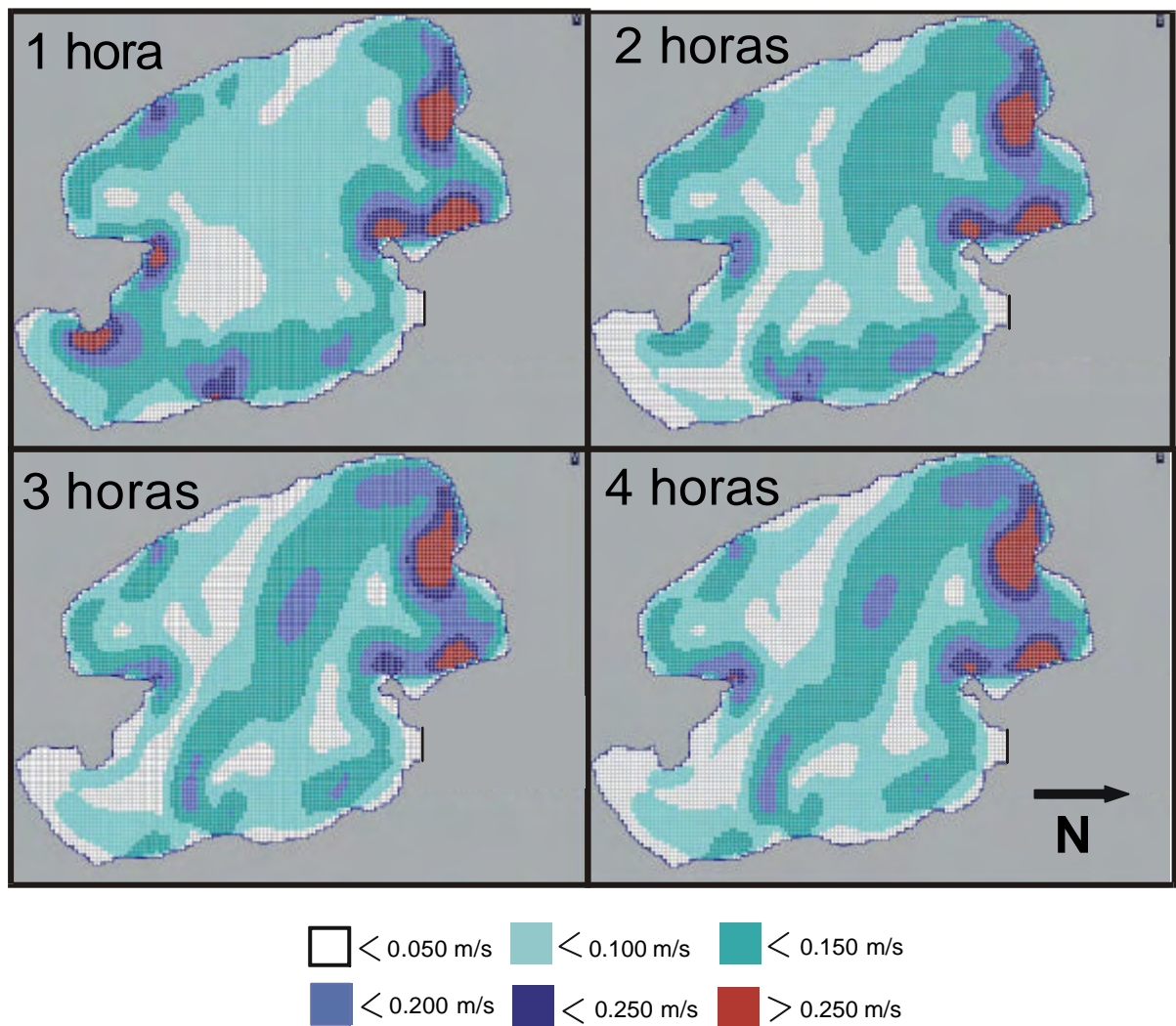
## VENTO W – 48 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 70: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 48 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

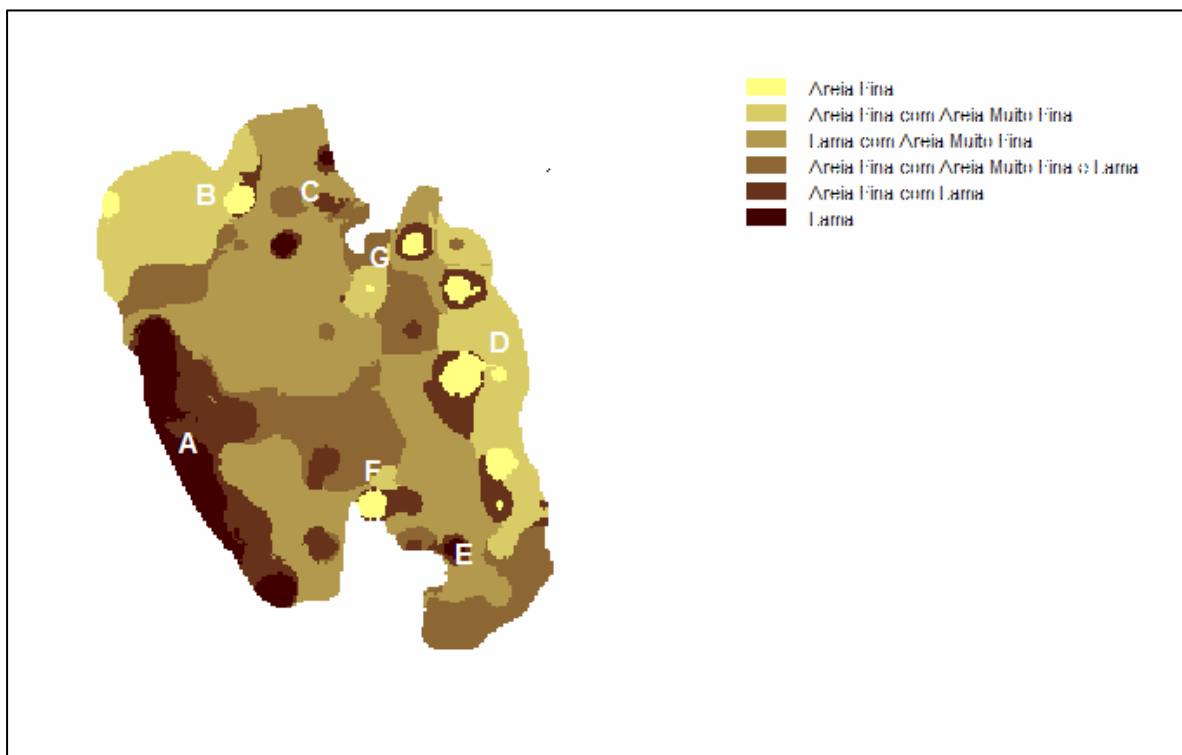
## VENTO W – 50 km/h



## LEGENDA

**FIGURA 71: MODELAGEM DE VELOCIDADE DE CORRENTE GERADAS ATRAVÉS DO APLICATIVO PARA MODELAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS (BORCHE, 1996), PARA A LAGOA DO ARAÇÁ, SIMULADAS PARA VENTOS DE W DE 50 Km/h APÓS UMA, DUAS, TRÊS E QUATRO HORAS RESPECTIVAMENTE**

Para efeito de interpretação dos mapas de circulação superficial da Lagoa do Araçá, a Figura 72 apresenta sete setores de referência nominados de A a G.



**FIGURA 72: SETORES DE REFERÊNCIA PARA INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DOS PROUTOS CARTOGRÁFICOS DE CIRCULAÇÃO DA LAGOA DO ARAÇÁ, RS**

O setor A apresenta predomínio de lama, apenas o vento Oeste com velocidades superiores a 48 Km/h é capaz de gerar vetores de correntes com velocidade suficiente para suspender a fração no limite entre silte e areia muito fina, conforme pode ser observado nas figuras referentes à circulação da Lagoa do Araçá com vento de Oeste nas velocidades de 48 Km/ e 50 Km/h. Todos os demais ventos não apresentam energia suficiente para gerar correntes com ventos de até 50 Km/h para suspender a fração no limite entre silte e areia muito fina na região do setor A.

O setor B apresenta predomínio de areia fina e areia muito fina. Todos os ventos do quadrante W- SW e E- NE, com velocidades superiores a 40 Km/h apresentam energia suficiente para gerar correntes capazes de suspender a fração

no limite entre silte e areia muito fina. As manchas de velocidade de correntes superiores a 0,2 m/s propagam-se e direção a Oeste com aumento das velocidades dos ventos tanto de origem de E – NE como de origem W-SW.

O setor C apresenta o predomínio de lama com areia muito fina com manchas de lama. Com ventos do quadrante E - NE assim como ventos de Oeste e WSW são capazes de gerar energia suficiente para desenvolvimento de correntes com velocidades superiores a 0,2 m/s no ponto C, sugerindo que a deposição de finos nessa área deva ser superior a remoção dos mesmos através de correntes de gênese eólica.

O setor D tem predominância de areia fina e areia muito fina. Tanto ventos NE quanto ventos SW geram correntes com velocidades superiores a 0,2 m/s ao longo da margem leste da lagoa. A diferença das correntes geradas reside na direção dos vetores resultantes. Ventos de NE geram correntes no sentido N – S, enquanto ventos de SW geram correntes no sentido S – N.

Em relação ao setor E esse apresenta características similares ao ponto C, apresentando predominância de lama com areia muito fina, com manchas de lama. Da mesma forma que o ponto C, ventos de NE e WSW geram correntes com velocidades superiores a 0,2 m/s, capazes de suspender a fração no limite entre silte e areia muito fina. Assim a predominância de sedimentos lamosos nesse ponto indica que a sedimentação de finos é historicamente superior a remoção dos mesmos pelas correntes.

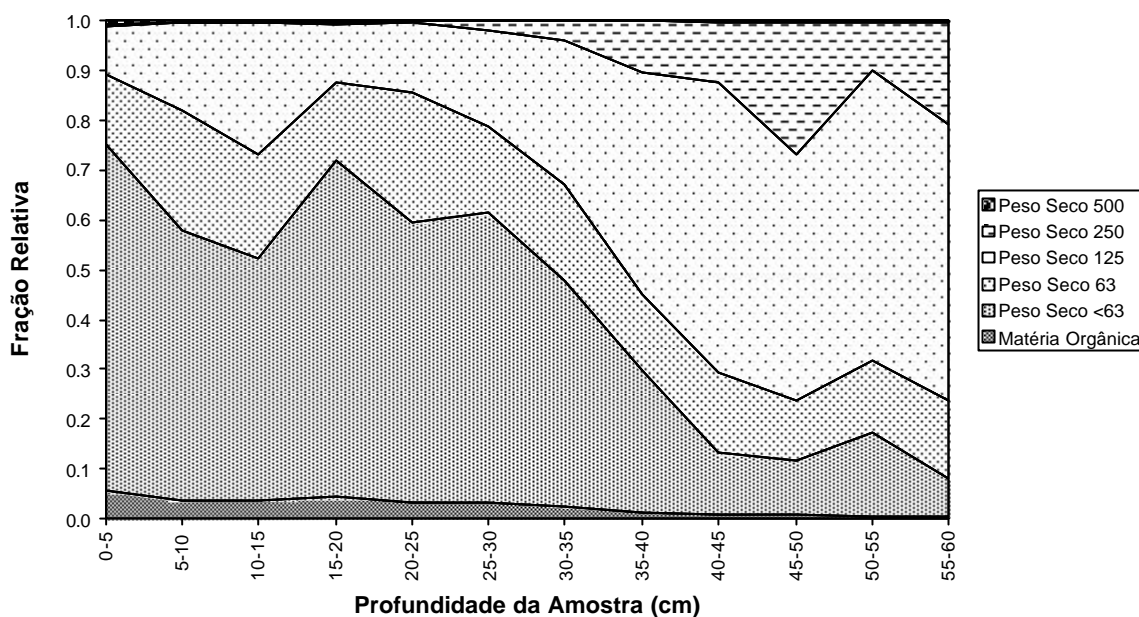
O setor F apresenta manchas de areia fina e areia fina com areia muito fina. Estas manchas encontram-se circundadas por áreas com diferentes teores de lama. Todos os ventos do quadrante E – NE e W – SW são capazes de gerar correntes com velocidade suficiente para suspender a fração no limite entre silte e areia muito fina nesse setor.

O setor G apresenta a predominância de areia fina com areia muito fina e lama, entremeada por duas manchas de areia fina e areia fina com areia muito fina.

A modelagem de correntes não revela a formação de vetores com velocidades superiores a 0,2 m/s com ventos de qualquer direção até 50 Km/h nesta área, conseqüentemente não havendo energia para ressuspensão de finos nesse local.

#### **4.7 RESULTADOS REFERENTES À ESTIMATIVA DE TAXA HISTÓRICA DE SEDIMENTAÇÃO MÉDIA E DE RETENÇÃO DE CARBONO**

A análise da coluna do testemunho possibilitou a geração da Figura 73 abaixo. Pode-se observar que os sedimentos com granulometria de 0,500 mm e 0,250 mm podem ser considerados irrelevantes sob o ponto de vista de freqüência de ocorrência na referida coluna. A fração granulométrica de 0,063mm oscila entre 12 e 25% quase que ao longo de toda a coluna, embora possam ser observados teores mais constantes abaixo dos 30 cm da mesma. Um padrão de inversão bem marcado na faixa entre 25 a 35cm pode ser observado nos sedimentos de frações granulométricas menores que 0,063mm e 0,125mm. Fica claro que em sedimentos superficiais da coluna do testemunho a fração granulométrica predominante é a menor que 0,063mm (lama), cuja variação oscila entre 60 a 70% e abaixo dos 35 cm ocorre o predomínio da fração correspondente a granulometria de 0,125mm, com uma variação entre 50 a 60% de freqüência de ocorrência. Comparando-se o mapa de fundo elaborado com a coluna do testemunho, percebe-se que as propriedades texturais do testemunho são equivalentes ao fundo da lagoa, tendo em vista o local da retirada do testemunho.



**FIGURA 73: GRANULOMETRIA DA COLUNA DO TESTEMUNHO RETIRADO NA LAGOA DO ARAÇÁ, RS**

O teor médio de matéria orgânica calculada na coluna do testemunho apontou um percentual de 2,54%. O peso médio das amostras é de 76,05 g, a área de cada amostra corresponde a uma superfície de 15,0674 cm<sup>2</sup>, correspondendo ao volume de 75,34 cm<sup>3</sup>, sendo a densidade média de cada amostra de 1,01 g.cm<sup>-3</sup>. O peso médio da matéria orgânica calculada para a coluna do testemunho é de 19,89 g.mm<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>.

Com base na fórmula geral de proporção dos elementos químicos que compõe a matéria orgânica baseada em Redfield Molécula (REDFIELD, 1958 *apud* WETZEL & LIKENS, 1990), indicando que o carbono corresponde a 35,8276% do teor de matéria orgânica total, foi possível estabelecer que o teor de Carbono retido na coluna do testemunho foi de 0,91% e, mediante conversão de unidades de área seu peso médio, foi calculado em 7,129 g.mm<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>.

O ponto médio da amostra de sedimento da coluna do testemunho, correspondendo a 650 mm (600 a 700mm), analisada pela **BETA ANALYTIC INC**,

**Flórida, EUA**, indicou a idade geocronológica de 6.470 anos. A idade geocronológica foi calibrada para 7.420 anos segundo The Pretoria Calibration Procedure (1993), com uma margem de erro de 100 anos. A taxa de sedimentação média calculada para a coluna do testemunho foi estimada em  $0,0876 \text{ mm.ano}^{-1}$  para longos períodos.

Considerando-se esta taxa de sedimentação média calculada e a máxima profundidade da Lagoa do Araçá (2,39 m), pode-se estimar, em condições atuais, 27.000 anos para sua total colmatação.

Para estimar a retenção de carbono orgânico tanto em superfície como ao longo do processo de sedimentação da lagoa do Araçá, deve-se presumir que:

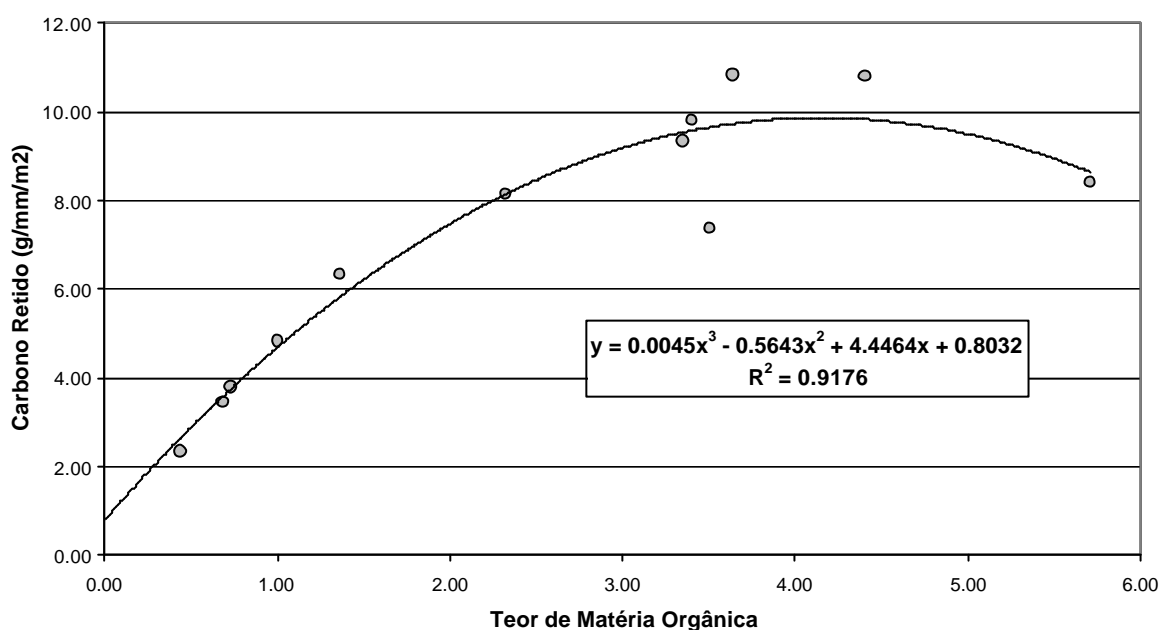
Presunção 1 - A taxa de sedimentação média calculada para a coluna do testemunho é uma boa estimativa para o conjunto da lagoa.

Presunção 2 - Embora em cada um dos 86 pontos amostrados em superfície tenha uma história diferenciada em função da alteração dos processos de sedimentação decorrentes da morfologia da lagoa e das alterações climáticas passadas, o teor médio de carbono nos sedimentos de superfície medidos não se alterou significativamente ao longo dos últimos 7.420 anos.

A Figura 74 apresenta a relação entre o carbono retido e o teor de matéria orgânica na coluna do testemunho. A relação entre ambos os parâmetros é descrita empiricamente através de um polinômio de 3º grau obtendo-se o coeficiente de determinação 0,92. Considerando que as amostras de superfície foram padronizadas para 100g de peso seco para fins de análise granulométrica, não se dispõe de informações relativas ao volume das mesmas, impedindo assim o estabelecimento de uma relação direta entre teor de matéria orgânica (%) e gramas de Carbono retido nas mesmas. Dessa forma as estimativas de Carbono retido na superfície foram estimadas através da aplicação direta do polinômio ajustado entre Carbono retido e teor de matéria orgânica na coluna do testemunho. Tal metodologia apresenta um viés derivado da compactação dos sedimentos, o que tende a

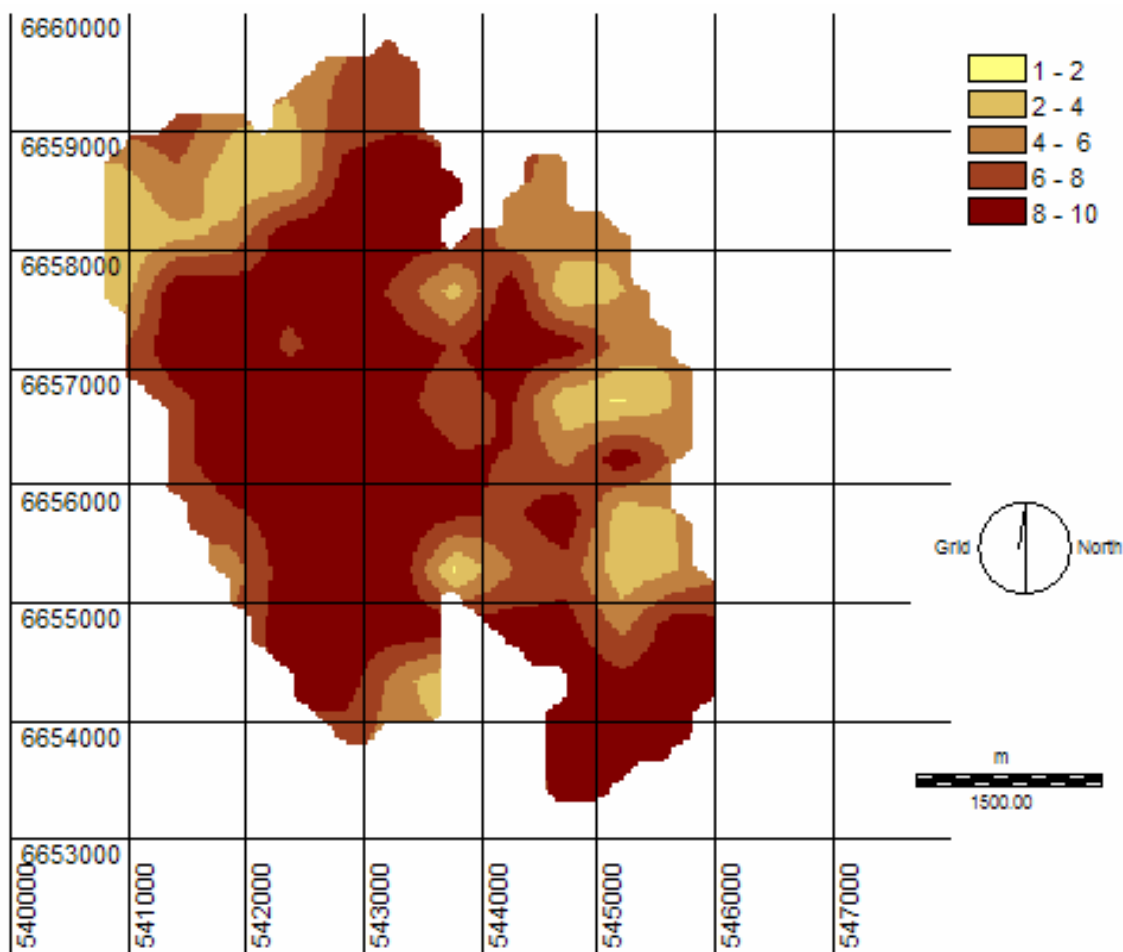


aumentar a densidade dos sedimentos mais profundos independentemente da natureza dos mesmos. Assim, as estimativas geradas através da aplicação direta do polinômio estimado, quando aplicados a sedimentos de superfície, tendem a gerar valores superestimados de carbono orgânico retido. Entretanto, na falta de outro estimador, aplicou-se o modelo polinomial ajustado para estimar o carbono retido nos 86 pontos amostrais da Lagoa do Araçá.



**FIGURA 74: CORRELAÇÃO ENTRE CARBONO ORGÂNICO RETIDO E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NA COLUNA DO TESTEMUNHO RETIRADO NA LAGOA DO ARAÇÁ**

A partir das presunções 1 e 2 acima descritas e da estimativa obtida do carbono orgânico retido em superfície de fundo da Lagoa do Araçá em função do modelo polinomial ajustado para os 86 pontos amostrais, utilizando o software IDRISI 32 RELEASE TWO, foi gerado um produto cartográfico referente ao carbono orgânico retido em superfície de fundo do corpo de água em estudo, através de interpolação pelo método do *Inverso do Quadrado da Distância*, ilustrando sua distribuição em  $\text{g.mm}^{-1}.\text{m}^{-2}$ .



**FIGURA 75: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CARBONO ORGÂNICO RETIDO NA SUPERFÍCIE DE FUNDO NA LAGOA DO ARAÇÁ ( $\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ), ESTIMADO A PARTIR DO MODELO POLINOMIAL AJUSTADO ENTRE TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONO ORGÂNICO RETIDO NA COLUNA DO TESTEMUNHO**

Tomando por base as presunções 1 e 2, o produto cartográfico do carbono orgânico retido na superfície de fundo da Lagoa do Araçá e comparando-se com o produto cartográfico referente a distribuição espacial de sedimentos de fundo gerado (Figura 14), ilustra que as menores concentrações de carbono orgânico retido, na faixa de 1 a 6  $\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , encontram-se nas regiões onde a predominância é de areia fina e areia fina com areia muito fina, perfazendo uma superfície de 5,85  $\text{Km}^2$ . As maiores concentrações, na faixa de 6 a 10  $\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , ocupam as regiões onde a predominância é de lama com areia muito fina, areia fina com lama e areia fina com areia muito fina com lama, com uma superfície de 14,84  $\text{Km}^2$ . Sendo o teor médio de matéria orgânica obtida nos 86 pontos

amostrais na superfície de fundo da Lagoa do Araçá calculado em 2,59%, estimou-se o teor de carbono orgânico retido em superfície de fundo em 0,93% (REDFIELD, 1958 *apud* WETZEL & LIKENS, 1990), e o peso médio do carbono orgânico retido, com base nos 86 pontos amostrais, foi estimado em  $7,22 \text{ g.mm}^{-1}.\text{m}^{-2}$  na superfície de fundo da lagoa do Araçá.

A taxa histórica de carbono orgânico retido para a sedimentação da Lagoa do Araçá nos últimos 7420 anos pode ser estimada através do peso médio do carbono orgânico retido obtido na coluna do testemunho, partindo-se da presunção de que a taxa de sedimentação média calculada para a coluna do testemunho seja uma boa estimativa para conjunto da lagoa. Assim o produto do peso médio do carbono orgânico retido na coluna ( $7,1299 \text{ g.mm}^{-1}.\text{m}^{-2}$ ) pela taxa de sedimentação média ( $0,0876 \text{ mm.ano}^{-1}$ ) resultam no valor de  $0,6246 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  de carbono orgânico retido na coluna do testemunho. Através da conversão de unidades de área obtêm-se uma taxa histórica estimada de carbono orgânico retido de  $624,59 \text{ Kg.Km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . Estendendo-se para a superfície da lagoa ( $20,70 \text{ Km}^2$ ) a taxa histórica de retenção de carbono orgânico estimada é de  $12.972,75 \text{ Kg.ano}^{-1}$  ou  $12,9 \text{ t.ano}^{-1}$ .

A taxa histórica de carbono orgânico retido para sedimentação da Lagoa do Araçá no mesmo período pode também ser estimada através do peso médio do carbono orgânico retido em superfície, calculado a partir do modelo polinomial ajustado. Esse polinômio foi obtido através da relação entre carbono orgânico retido e o teor de matéria orgânica na coluna do testemunho sendo aplicado aos 86 pontos amostrais de teor de matéria orgânica obtidos na superfície da lagoa. É importante lembrar que as estimativas geradas através da aplicação direta do modelo polinomial, quando aplicados ao teor de matéria orgânica contida nos sedimentos de superfície, tendem a gerar valores superestimados de carbono orgânico retido. Para esse cálculo presume-se também que a taxa de sedimentação média calculada para a coluna do testemunho venha a ser uma boa estimativa para o conjunto da lagoa. Presume-se ainda que o teor médio de carbono orgânico retido no processo de sedimentação da lagoa nos últimos 7.000 anos não se alterou significativamente em comparação ao teor médio de carbono

orgânico nas amostras de superfície. Nesse caso a estimativa da taxa histórica de carbono orgânico retido é o produto do peso médio do carbono orgânico retido em superfície ( $7,22 \text{ g.mm}^{-1}\text{m}^{-2}$ ) pela taxa de sedimentação média na coluna do testemunho ( $0,0876 \text{ mm.ano}^{-1}$ ), resultando no valor estimado de  $0,63 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  de carbono orgânico retido. Esse valor estimado corresponde a  $632 \text{ Kg.Km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ , ou  $13.096,07 \text{ Kg.ano}^{-1}$  ou ainda  $13,09 \text{ t.ano}^{-1}$ .

## 5 DISCUSSÃO

A quantificação do carbono orgânico retido na superfície terrestre é um eficiente mecanismo para avaliação e monitoramento do efeito estufa. O processo de retenção de carbono orgânico em ambientes lacustres e lagunares vai ocorrer conforme a taxa de sedimentação dos corpos de água, havendo uma variação espacial e temporal no carbono orgânico retido nos sedimentos da superfície de fundo de lagos e lagoas (JOHNSON *et al.*, 1982).

O carbono orgânico retido nos corpos de água está relacionado diretamente ao teor de matéria orgânica, conforme a fórmula geral de proporção dos elementos químicos que compõe a matéria orgânica baseada em Redfield Molécula (REDFIELD, 1958 *apud* WETZEL & LIKENS, 1990), indicando que o carbono orgânico retido corresponde a 35,8276% do teor de matéria orgânica total. Segundo Tabajara & Dillenburg (1997) o teor de matéria orgânica nos sedimentos lagunares é inversamente proporcional ao tamanho dos sedimentos, apresentando valores máximos em sedimentos lamosos e mínimos em sedimentos arenosos.

O carbono orgânico retido em ambientes lacustres e lagunares estando diretamente relacionado às taxas de sedimentação, que originam o pacote sedimentar, está conseqüentemente relacionado aos sedimentos que compõe o fundo desses corpos de água.

A morfologia de fundo dos corpos de água, bem como sua batimetria estão relacionados à circulação hídrica, que por sua vez é controlada pelo regime dos ventos, responsáveis pela geração de ondas e correntes, principais agentes de transporte e deposição do material sedimentar. Segundo Villwock (1978) a ação hidrodinâmica somada à morfologia do corpo lagunar exerce um controle direto sobre a distribuição faciológica dos sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento e conseqüentemente da Lagoa do Araçá.

Uma caracterização das lagoas costeiras localizadas no Sul do Brasil é apresentada por Schwarzbold & Schäfer (1984), enfatizando os aspectos batimétricos das mesmas. Esses estudos mostraram assimetria do perfil de fundo, com mergulho de oeste em direção a leste para as lagoas de gênese holocênica, próximas ao oceano e dele separadas por cordões litorâneos recentes. Segundo os produtos cartográficos batimétricos gerados na presente pesquisa, pode-se observar um aumento gradativo de profundidade em direção oposta NE – SW, chegando-se a uma profundidade máxima de 2,39m na porção SW da área da lagoa em estudo. Isso se deve ao fato da Lagoa do Araçá estar situada na vertente oeste da laguna dos Patos, sistema lagunar que teve sua origem no desenvolvimento de uma barreira múltipla, cujo crescimento, segundo Curray *et al.* (1969) foi condicionado pelas oscilações eustáticas que ocorreram no Quaternário.

Conforme Villwock (1972) e Jost & Soliani Jr. (1976), o maior desenvolvimento de praias arenosas ou baixios pantanosos nas margens dos lagos e lagoas costeiras está relacionado com o índice de energia hidrodinâmica local que, por sua vez, também é controlado pelo fenômeno de geração de ondas e correntes lacustres pelo vento dominante. Assim, Villwock & Tomazelli (1991) concluíram que normalmente as margens posicionadas a SW dos corpos lacustres, apresentam as praias mais desenvolvidas, como resultado da maior energia associada à incidência de ondas geradas pelo vento NE. Estas praias mais amplas da margem SW dos corpos de água permitem que o vento movimente a areia seca construindo pequenas dunas eólicas.

A constatação da importância do regime dos ventos também pode ser evidenciada através de trabalhos como o de Bicalho (1883), estudando a barra da laguna de Rio Grande; os de Delaney (1960 e 1965), que analisaram os ventos atuantes na planície costeira do Estado bem como as feições morfológicas associadas aos mesmos. Martins (1967) estudou os processos sedimentares dos ambientes das praias e eólicas da planície costeira. Motta (1969) estudou a regularização da desembocadura lagunar e Toldo Jr. (1989) tratou do transporte e da dinâmica sedimentar da laguna dos Patos.

Segundo os autores acima, os fatos apresentados evidenciam o papel fundamental que o vento desempenha na morfologia dos corpos de água costeiros, seja pela geração de ondas e correntes que controlam o crescimento de pontais perpendiculares ao vento dominante, seja pela modificação da morfologia original desses corpos e também na circulação superficial dos mesmos (JOST & SOLIANI Jr. 1976; VILLWOCK, 1978; TOMAZELLI & VILLWOCK, 1991).

É importante salientar, entretanto que Toldo *et al.* (2003), em trabalhos realizados na laguna dos Patos, verificaram em seus resultados que o lado leste da região recebe duas vezes mais energia hidrodinâmica do que o lado oeste. Isso, segundo o autor, se deve ao fato de que os ventos provenientes do quadrante SW, embora menos freqüentes, atingem a superfície com um potencial de força entre 1,1 a 2,2  $\text{kw.m}^{-1}$  enquanto que no lado oeste, mesmo com os ventos do quadrante NE sendo mais freqüentes, mas possuindo um potencial de força variando entre 0,8 a 1,8  $\text{kw.m}^{-1}$ , atingem a região com menos intensidade. A ação do vento SW, mesmo sendo menos freqüente, porém com maior intensidade quando atuante, pode propiciar o depósito de material mais grosso e/ou impedir a deposição de material mais fino no fundo das margens do lado E-NE.

Segundo Herz (1977), torna-se desnecessário justificar a importância do vento como condicionador genético da morfologia atual na geração de ondas e correntes nos corpos de água lagunares.

Almeida *et al.* (1990) na simulação desenvolvida na laguna dos Patos, afirmam que as oscilações periódicas dos corpos de água têm sua origem na ação do vento sobre a superfície da água, justificando também a importância do regime dos ventos na modelagem da circulação de lagos e lagoas. Ressaltam também a importância de dados de níveis de oscilações dos corpos de água a serem modelados, referenciados a um plano comum. Esses dados são obtidos através de linígrafos instalados nas margens da região a ser modelada. No trabalho desenvolvido pelos autores, isso nunca foi cogitado, devido aos altos custos de implementação. As simulações de circulação da laguna dos Patos foram realizadas pelos autores de duas formas distintas: a -com os modelos com fronteiras fechadas

e, b -com os modelos com fronteiras abertas, recebendo contribuição do Delta do Jacuí e do canal de Rio Grande. Os dois modelos de circulação forneceram, segundo os autores, resultados praticamente iguais nas simulações realizadas.

Para a simulação da circulação hídrica da Lagoa do Araçá, as fronteiras foram consideradas fechadas devido ao curto espaço de tempo previsto para a simulação do modelo, tendo em vista que os tributários desse corpo de água se encontram em região plana e que a circulação da lagoa é diretamente derivada do vento predominante.

Silveira (1986) concluiu em seu trabalho de modelagem bidimensional do Lago Guaíba, que para uma efetiva calibração do modelo bidimensional dessa área de estudo seriam necessários dados de níveis e vazões nas seções de contorno das ilhas do Delta do Jacuí, velocidades e direções dos ventos em toda extensão do Guaíba, o que apesar dos esforços do pesquisador não foram obtidos simultaneamente em sua pesquisa. Entretanto o autor ressalta que os resultados apresentados podem servir de base comparativa para resultados numéricos futuros, uma vez que o fenômeno simulado não muda na sua essência.

Como se pode observar na série de produtos cartográficos elaborados, a circulação na Lagoa do Araçá segue os mesmos padrões gerais de circulação da Lagoa do Casamento, com a qual se comunica, sendo controlada pelo regime dos ventos que geram ondas e correntes litorâneas, responsáveis pelo modelado da linha de costa. Assim a circulação é pouco influenciada pelo fornecimento de água ao corpo lagunar e pelo canal que liga a Lagoa do Casamento à mesma. É importante salientar que o rio Capivari, que deságua na Lagoa do Araçá, é um rio em fase senil, uma vez que drena uma superfície já aplainada e de cotas baixas, como mencionado na presente pesquisa, servindo apenas como elemento de drenagem das áreas pantanosas sendo seu regime controlado apenas pelas condições pluviométricas (VILLWOCK, 1977).

Analisando os produtos cartográficos que mostram a distribuição das frações granulométricas dos sedimentos de fundo coletados na Lagoa do Araçá, se pode



observar que a margem E-NE da lagoa apresenta a fração de areia fina com areia muito fina (setor D, Figura 72). Considerando *Toldo et al.* (2003), a predominância desse material poderia ser justificada por ventos de grande intensidade, provenientes do quadrante SW, os quais, mesmo sendo menos freqüentes, porém mais intensos quando atuantes, poderiam propiciar o depósito de material mais grosso e ou impedir a deposição de material mais fino nessa área da lagoa.

Entretanto, conforme os resultados (p. 57) na presente pesquisa, tal fato não se verifica, visto que as margens do lado SW apresentam maior porcentagem de eventos capazes de ressuspender frações granulométricas no limite entre silte e areia muito fina, ao contrário da margem NE.

Os resultados apresentados nas Tabelas 6 e 7 (p. 60) indicam que a porcentagem de eventos com energia orbital de onda para suspender a fração no limite entre silte e areia muito fina na costa SW é mais significativa, se comparada à costa NE. Esses resultados conjugados à análise dos gráficos de ventos elaborados indicam claramente que os ventos do quadrante NE são mais freqüentes e também mais intensos em relação ao quadrante SW, segundo os dados trabalhados na presente pesquisa.

As análises de dados de ventos trabalhados por Tomazelli (1990), indicam que o vento mais freqüente provém do quadrante NE, em total concordância com o aqui apresentado. Pode-se deduzir o mesmo a partir da observação da maioria das feições geomorfológicas da região adjacente à Lagoa do Araçá (Lagoa do Casamento), como afirma Villwock (1978).

Ainda conforme Motta (1969), os ventos do quadrante NE são mais freqüentes e violentos de setembro a abril, e mais raros e fracos de maio a agosto, enquanto que os do quadrante SW apresentam-se, sobretudo de maio a outubro e são mais raros de novembro a abril.

Os produtos cartográficos gerados com base na simulação da circulação da Lagoa do Araçá, ilustram tanto para ventos com direção NE como para SW, que os

mesmos originam correntes no corpo de água, e estas correntes com ventos superiores a 40Km/h possuem velocidade suficiente apenas para suspender sedimentos finos (no limite entre silte e areia muito fina) e não frações com granulometria superior. A diferença das correntes geradas consiste na direção vetorial resultante. Ventos de NE geram correntes no sentido N-S, enquanto ventos de SW geram correntes no sentido S-N.

Tomando-se como referência a Figura 72 (p. 98), a velocidade orbital de onda calculada para diferentes profundidades e os produtos cartográficos de circulação da Lagoa do Araçá, percebe-se que somente a velocidade orbital de onda não explica a localização de areia fina e areia muito fina na porção E-NE (setor D) da Lagoa do Araçá. Correntes geradas no sentido NE ou SW parecem serem compatíveis com o produto cartográfico de mapa de fundo elaborado da Lagoa do Araçá, pois as maiores velocidades são obtidas justamente nas áreas em que o produto cartográfico do mapa de fundo acusa a acumulação de material mais grosso.

Entretanto, os maiores vetores de corrente ocasionando ressuspensão de sedimentos finos nesse local, não parecem compatíveis com o produto cartográfico de batimetria elaborado, pois, apesar da retirada de sedimentos finos, a região mantém menores profundidades.

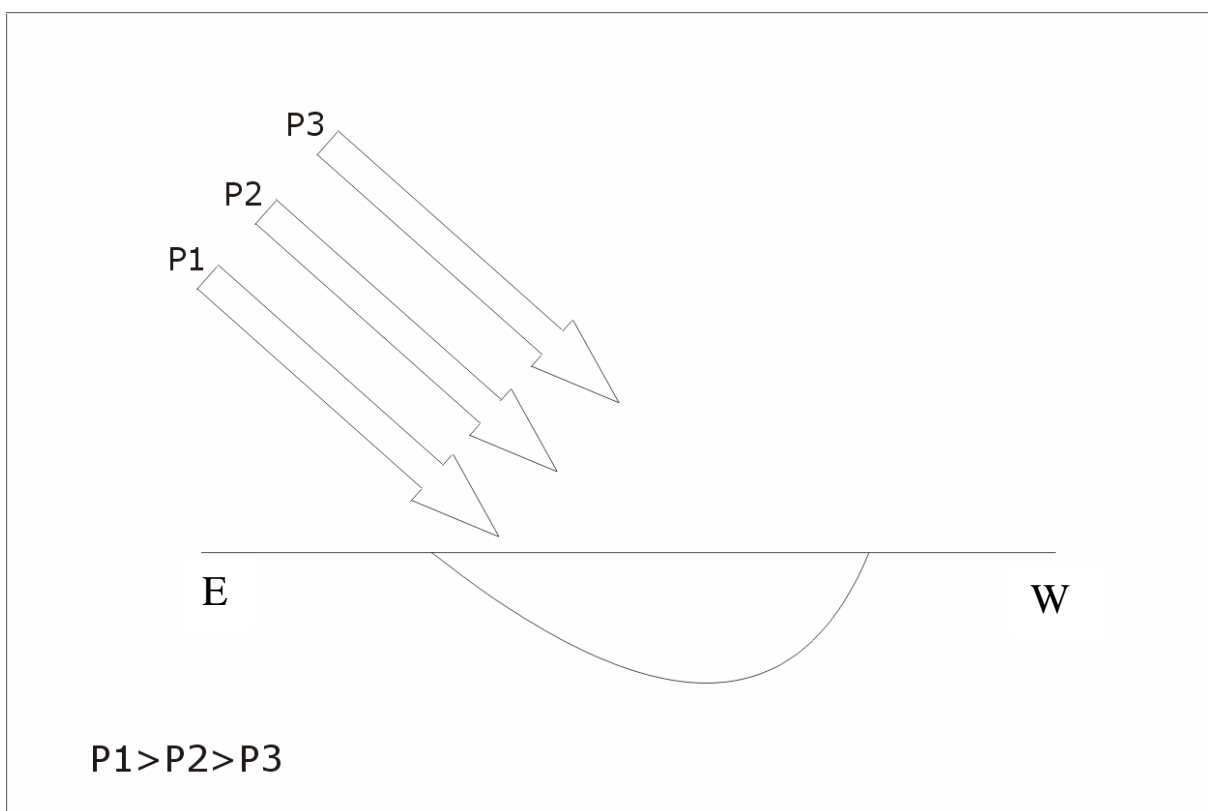
Tais evidências sugerem então que o transporte eólico deva estar contribuindo para a presença de areia fina e areia muito fina na margem E – NE da Lagoa do Araçá. A localização desse material pode ser observado na Figura 13, que ilustra a freqüência do percentual de distribuição da fração granulométrica menor que 0,063mm na área de estudo e também a Figura 16, referente ao produto cartográfico dos sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá.

A hipótese de transporte eólico de areias como fator preponderante nas distribuições dessas manchas de areia na Lagoa do Araçá, é corroborada pelas seguintes evidências:

(1) Domínio de areias na margem Leste;

(2) Menor declividade de fundo na margem Leste se comparada com a margem Oeste, em função da gênese assimétrica da lagoa, sugerindo maior probabilidade de deposição de sedimentos na área Leste do que na área Oeste.

A Figura 76 apresenta um modelo empírico de Probabilidades de transporte de uma partícula na área de estudo, num perfil E-W, com ventos de NE, os quais conforme a Tabela 5, são os mais intensos e predominantes.



**FIGURA 76: MODELO EMPÍRICO DE PROBABILIDADE (P) DE TRANSPORTE DE UMA PARTÍCULA COM VENTO NE NA LAGOA DO ARAÇÁ NUM PERFIL E-W**

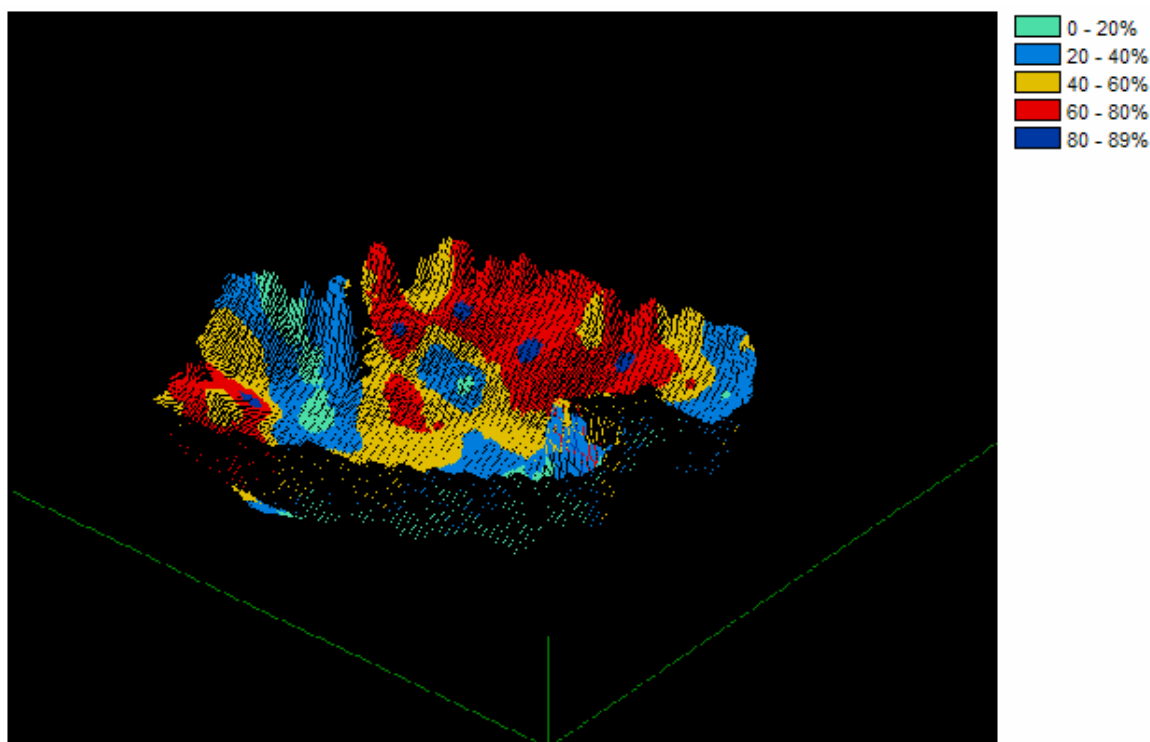
(3) Maior declividade e maiores profundidades junto à área Oeste não podem ser explicadas por ressuspensão de sedimentos, já que se constitui em área de baixa energia de correntes conforme modelagens realizadas, mas sim pela gênese,

cujo perfil batimétrico do corpo de água evidencia mergulho NE – SW em direção a laguna dos Patos, cujo sistema lagunar teve sua origem no desenvolvimento de uma barreira múltipla ocorrido no Quartenário (CURRAY *et al.*, 1969).

Entretanto, a não predominância de areias a Oeste da desembocadura do rio Capivari (setor C) e ao Norte do mesmo, margem voltada para E, não se ajustam ao modelo de transporte eólico com ventos predominantes de NE. Da mesma forma a presença de areias na margem NW (setor B) também não se justifica pelo transporte eólico, já que ventos desse quadrante são inexpressivos. Assim, a fisionomia dos sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá, parece ser o resultado de um balanço entre o transporte eólico e as correntes geradas. A energia eólica transmitida sob a forma de ondas e as velocidades orbitais de ondas resultantes para a pista de ação do vento (Fetch) NE-SW, não explicam a distribuição dos sedimentos encontrados a NW da área de estudo (setor B).

A região Oeste da lagoa (setor A) se caracteriza por apresentar uma mancha com predominância de lama, mesmo com a energia hidrodinâmica para aquela região ser elevada devido ao vento predominante NE, que possibilitaria condições de ressuspensão de material mais fino. Porém em função das cotas batimétricas naquela região sofrerem um decréscimo inversamente proporcional ao Fetch do vento predominante, tais fatos indicam que o referido material provavelmente esteja colmatado já há algum tempo.

A título de ilustração a Figura 77 abaixo apresenta a fração granulométrica do material mais grosso (0,125mm), classificado em 4 classes, sobreposto a batimetria da lagoa, em 3D, com vista de NE e azimute de 25°, ilustrando a predominância de sua distribuição na porção E-NE e NW do corpo de água, com porcentagem variando entre 60 e 89%.



**FIGURA 77: FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA 0,125mm VISTA EM 3D DA LAGOA DO ARAÇÁ**

Nas margens próximas à desembocadura do rio Capivari, ao norte da área de estudo (setor G) e no canal de acesso à Lagoa do Casamento, ao sul (setor F), as frações granulométricas médias giram em torno e 0,125mm. Esse padrão granulométrico provavelmente se deve a processos de depósito e ressuspensão de material associado à presença de correntes hídricas.

Observa-se na área de estudo dois deltas, um no extremo sul, (proximidades do setor E) e outro no extremo norte da área de estudo, localizados a SE da lagoa (entre os setores G e C).

A formação do delta ao norte tem sua origem devido ao transporte de sedimentos efetuado pelo rio Capivari, que drena a planície compreendida entre a Lagoa do Araçá e a Lagoa dos Barros. O delta ao sul apresenta sua gênese relacionada à deposição de sedimentos oriundos da Lagoa do Casamento, através do canal de ligação entre as mesmas devido ao fluxo e refluxo de suas águas.

Segundo dados de Nelson Ferreira Fontoura (informação pessoal), em eventos de vento sul, ocorre uma inversão do fluxo normal corrente no canal de ligação entre as lagoas (montante-jusante), com águas da Lagoa do Casamento adentrando a Lagoa do Araçá. Apesar do fluxo de corrente nas aberturas desses canais, são registradas médias profundidades, como pode ser observado nas Figuras 10 e 11. Os eventos provenientes dos ventos do quadrante Sul são responsáveis por inversões de correntes nos canais de ligação entre as lagoas, considerando que ventos de baixa intensidade são muito mais freqüentes, mas incapazes de gerar ondas com energia orbital suficiente para suspender a fração no limite entre silte e areia muito fina. Aparentemente os processos de deposição por transporte de sedimentos finos de origem alóctone superam a remoção dos mesmos nos setores C e E. A região que também faz ligação entre a lagoa do Casamento e a Lagoa do Araçá (setor F), apresentam algumas manchas de areia fina e areia muito fina circundadas por manchas de lama. Observando-se os modelos gerados com ventos do quadrante NE, E e WSW, no início da ação eólica são geradas correntes de maior intensidade no setor E do que no setor F. Entretanto, na medida em que a ação eólica persiste ocorre uma inversão vetorial das correntes, as quais passam a ser mais intensas no setor F.

Embora em alguns eventos de maior intensidade o vento SW gere correntes com velocidade maior que 0,2 m/s no setor E, estes eventos são muito mais freqüentes no setor F.

Os processos de sedimentação parecem ser o resultado de um balanço entre deposição e remoção de diferentes frações granulométricas. Aparentemente, todavia a origem dos sedimentos finos seja a mesma nos pontos E e F, as características distintas dos mesmos sugerem que o balanço entre deposição e remoção são completamente diferentes, sendo que no setor F o balanço entre deposição e ressuspensão de finos apresenta-se desviado para eventos de ressuspensão, ocorrendo o contrário no setor E.

A presença de duas manchas arenosas no setor G não é explicada pela modelagem da circulação de gênese eólica, pois ambas situam-se em áreas de

baixa energia. Uma explicação parece ser de que a predominância de areia não se deva à retirada de finos e sim pela deposição eólica.

A mancha de lama partindo do setor G em direção a SE, nas imediações da desembocadura do rio Capivari, teria sua origem provavelmente devido ao ingresso do rio na Lagoa do Araçá e da deposição do material fino alóctone transportado, o qual apresenta, como sua foz, exatamente o setor G. Conforme Vilwock (1977), o rio Capivari é um rio em fase senil, uma vez que drena uma superfície aplainada e de cotas altimétricas baixas. Serve apenas como elemento de drenagem das áreas pantanosas e seu regime é controlado pelas condições pluviométricas. O rio Capivari, em sua fase atual transporta apenas sedimentos finos e esse material em suspensão na água, ao sair do confinamento do canal tem sua deposição facilitada no fundo da lagoa, originando a mancha de material fino observada. Pode-se concluir que essa deposição vem a contribuir cada vez mais para o crescimento da formação deltaica acima referida.

Processo similar ocorre para a provável origem da mancha de lama observada nas imediações do canal de ligação da Lagoa do Casamento com a Lagoa do Araçá ao sul da região de estudo, no setor E, onde o fluxo e refluxo das águas transportam apenas materiais em suspensão de origem fina, facilitando sua deposição na região interna da lagoa.

A confrontação do mapa de fundo gerado com os produtos cartográficos referentes às frações granulométricas aponta a existência de áreas com pequenas incongruências. Pode se observar que junto à margem SW, a Este da mancha marginal de sedimentos lodosos ocorre uma área classificada como areia fina com lama. Entretanto as análises dos produtos cartográficos referentes à granulometria demonstram ocorrer nessa área concentrações de 60 a 75% de lama e no máximo 40% de areia fina. Já na margem E ocorrem manchas pontuais de areia fina, circundadas total ou parcialmente por manchas classificadas como areia fina com lama. Nestes casos os produtos cartográficos referentes à granulometria acusam a predominância de 60 a 75% de areia fina e teores de lama entre 10 a 20%. Observa-se, portanto que áreas com características distintas quanto à composição

granulométrica apresentam a mesma classificação, podendo levar a interpretações equivocadas se não forem observadas juntamente aos produtos cartográficos referentes à granulometria.

A justificativa para tal fato foi a simplificação do número de fácies visando a geração do mapa de fundo através da aplicação de técnicas de geoprocessamento. Porém para essa simplificação, levou-se em consideração que o fundo da área de estudo nesses setores é constituído de materiais arenosos e lamosos misturados, sendo que o teor de lama presente em ambas as fácies apresenta porcentagem superior a 10% do total.

É importante salientar, entretanto, que a distribuição dos sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá segue, no geral, o padrão clássico de sedimentação lacustre, apresentado por Reineck & Singh (1980), onde os sedimentos mais grossos recobrem as áreas mais rasas e marginais; enquanto os sedimentos mais finos dominam nas áreas com maiores profundidades.

Conforme pode ser observado na Figura 17, referente à distribuição das freqüências dos percentuais de teor de matéria orgânica nos sedimentos de fundo da Lagoa do Araçá, percebe-se que esse material oscilou entre 0,5 e 11%. Observa-se também que a menor concentração foi registrada próximo à margem NE da Lagoa do Araçá, da ordem de 0,5 a 2%, setor D. Provavelmente esse percentual se deve ao fato que neste local ocorre uma deposição de sedimentos de granulometria de areia fina com areia muito fina, de origem provavelmente eólica, trazida pelos ventos NE que agem predominantemente na região, ação que pode ser constatada em trabalhos desenvolvidos por Villwock (1977), Tomazelli & Villwock (1991), diretamente relacionados à sedimentologia.

Tabajara & Dillenburg (1997), encontram em depósitos arenosos expostos aos ventos NE na laguna de Tramandaí, teores de matéria orgânica menores que 0,5%.

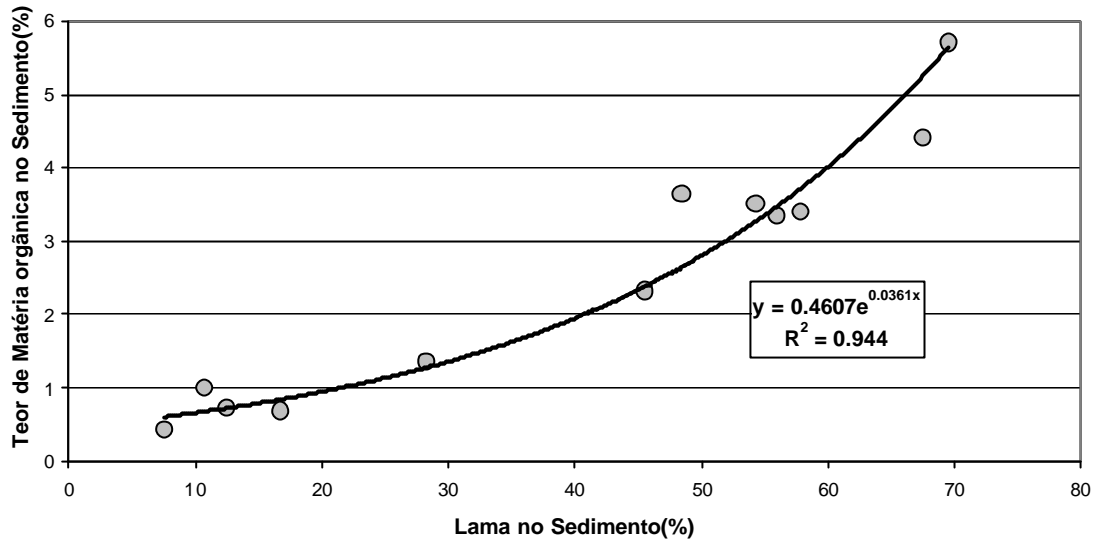


No extremo Sul da lagoa, nas proximidades de saída do canal de acesso à Lagoa do Casamento foi verificado o registro do maior teor de matéria orgânica, com concentração entre 6 e 11% do material, setor E, apresentando sedimentos com características de lama com areia muito fina. Os modelos de circulação superficial gerados sugerem que a deposição de finos nesse setor deva ser superior à remoção dos mesmos através das correntes de gênese eólica. Assim a predominância de sedimentos lamosos nesse setor é historicamente superior à remoção dos mesmos pelas correntes de praia.

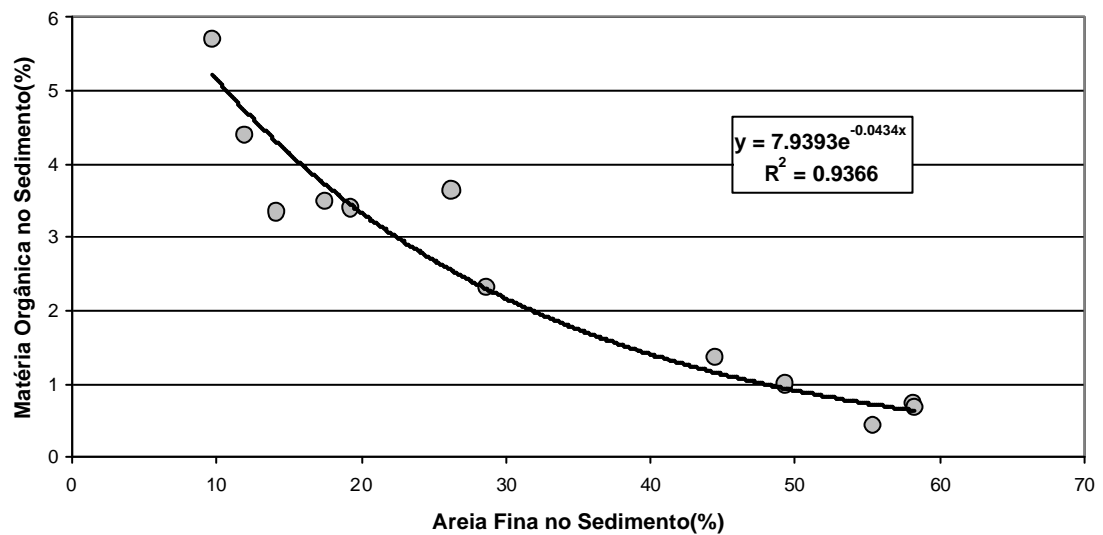
Gama (2004), estudando a distribuição e abundância de moluscos bentônicos na Lagoa do Araçá, atribuiu essa ocorrência às proximidades do local caracterizado por uma grande quantidade de vegetação em seu entorno. Pode-se também, baseado nas afirmações de Villwock (1977) e Tomazelli & Villwock (1991), acrescentar o fluxo e refluxo das águas que percorrem o canal de ligação entre as lagoas do Casamento e Araçá, transportando esse material e, apesar do fluxo de corrente nesses canais, a deposição do mesmo é facilitada devido às médias profundidades ali registradas como pode ser observado na Figura 11, referente à batimetria da região. Somado a esses fatos, em eventos de vento sul, ocorre uma inversão do fluxo normal de corrente (montante-jusante), com águas da Lagoa do Casamento adentrando a Lagoa do Araçá (Nélson Ferreira Fontoura, informação pessoal). A associação de tais fatores parece explicar a mais provável causa dos registros dos maiores teores de matéria orgânica nesse local do corpo de água em estudo.

Tabajara & Dillenburg (1997) encontraram na laguna de Tramandaí concentrações de matéria orgânica entre 10 e 18,7% nos sedimentos lamosos, estando associado, segundo os autores, à floculação das argilas na região central. Já na Lagoa do Armazém o teor de matéria orgânica registrado apresenta seus valores girando em torno de 4,6 a 7,2%, exatamente nos locais de ocorrência de sedimentos de granulometria entre areia e silte, tendo como fonte os esgotos pluviais e cloacais oriundos da cidade de Tramandaí. Na Lagoa do Araçá tal fato pode ser verificado através da Figura 78 que apresenta a relação entre a porcentagem de teor de matéria orgânica e a porcentagem de lama no sedimento da

Lagoa do Araçá e a Figura 78 que apresenta a porcentagem de teor de matéria orgânica e areia fina no sedimento da lagoa em estudo.



**FIGURA 78: RELAÇÃO ENTRE TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E PORCENTAGEM DE LAMA NO SEDIMENTO DA LAGOA DO ARAÇÁ**



**FIGURA 79: RELAÇÃO ENTRE TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E PORCENTAGEM DE AREIA FINA NO SEDIMENTO DA LAGOA DO ARAÇÁ**

Analisando a coluna do testemunho retirado na Lagoa do Araçá, obteve-se uma taxa de sedimentação média de  $0,0876 \text{ mm.ano}^{-1}$  para longos períodos. A metodologia utilizada para a obtenção da taxa de sedimentação da Lagoa do Araçá contou com apenas uma datação geocronológica, em um único testemunho, por esse motivo sendo classificada como uma taxa de sedimentação média.

Toldo *et al.* (1999) encontraram uma taxa de sedimentação para a laguna dos Patos de  $0,52 \text{ mm ano}^{-1}$  para longos períodos durante os últimos 3.000 anos, os autores utilizaram para a datação o método do  $^{14}\text{C}$ , o mesmo do presente estudo.

Dillenburg & Burnett (1995) encontram para a laguna de Tramandaí uma taxa de sedimentação para curtos períodos variando entre  $4,2$  a  $4,4 \text{ mm.ano}^{-1}$ , sendo o método utilizado para sua determinação o  $^{210}\text{Pb}$ .

Edgington *et al.* (1991) utilizaram 10 testemunhos em profundidades diferentes para avaliar taxas de sedimentação do lago Baikal na Ásia. O elemento radioativo utilizado para a inferência das taxas de sedimentação foi o  $^{210}\text{Pb}$ . As profundidades variaram entre 100m e 1710m. A menor taxa de sedimentação calculada pelos autores foi de  $0,16 \text{ mm ano}^{-1}$ , a uma profundidade de 230m. A taxa de sedimentação mais elevada calculada foi  $1,21 \text{ mm/ano}^{-1}$ , a uma profundidade de 100m, sendo a taxa de sedimentação média de  $0,616 \text{ mm ano}^{-1}$  para curtos períodos.

Comparando-se o resultado referente à taxa de sedimentação média encontrada na coluna do testemunho retirado na Lagoa do Araçá com as taxas de sedimentação acima descritas e também com as taxas de sedimentação da Tabela 1 (p. 11), pode-se perceber que a mesma é relativamente baixa, podendo indicar que a colmatação da região de estudo ocorre de maneira lenta nos últimos 7420 anos. Considerando-se esta taxa de sedimentação média calculada e a máxima profundidade da Lagoa do Araçá (2,39 m), pode-se estimar, em condições atuais, 27.000 anos para sua total colmatação.

Os resultados referentes à retenção de carbono orgânico tanto em superfície como ao longo do processo de sedimentação da Lagoa do Araçá partem das

presunções que a taxa de sedimentação média calculada para a coluna do testemunho é uma boa estimativa para o conjunto da lagoa e que, embora cada um dos 86 pontos amostrados em superfície tenha uma história diferenciada em função das alterações dos processos de sedimentação decorrentes da morfologia da lagoa, e das alterações climáticas passadas, o teor médio de carbono orgânico nos sedimentos de superfície medidos não se alterou significativamente ao longo dos últimos 7.420 anos.

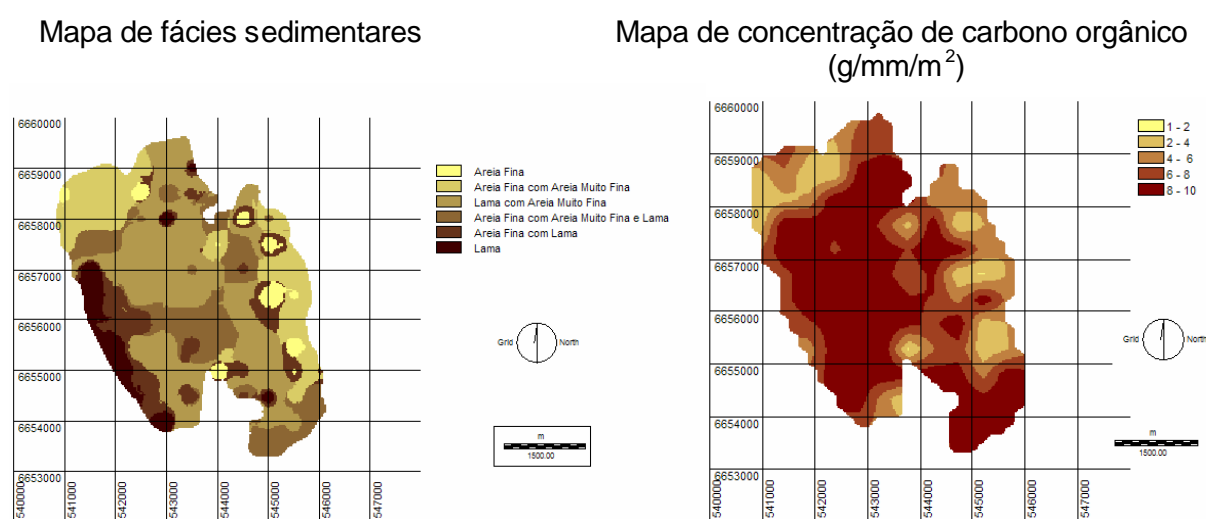
Partindo-se da presunção de que a taxa de sedimentação média calculada para a coluna do testemunho é uma boa estimativa para o conjunto da lagoa, a taxa histórica de carbono orgânico retido para a sedimentação da Lagoa do Araçá nos últimos 7420 anos estimada através do peso médio do carbono orgânico retido obtido na coluna do testemunho é de  $0,6246 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . A taxa histórica estimada de carbono orgânico retido é de  $624,59 \text{ Kg.Km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . Para a superfície da lagoa a taxa histórica de retenção de carbono orgânico estimada é de  $12.972,75 \text{ Kg.ano}^{-1}$  ou  $12,9 \text{ t.ano}^{-1}$ .

Já a taxa histórica de carbono orgânico retido para sedimentação da Lagoa do Araçá no mesmo período estimada através do peso médio do carbono orgânico retido em superfície resultou no valor estimado de  $0,63 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . A taxa histórica de carbono orgânico retido é de  $632 \text{ Kg.Km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . Para a superfície total da lagoa a taxa histórica de retenção de carbono orgânico estimada é de  $13.096,07 \text{ Kg.ano}^{-1}$  ou  $13,09 \text{ t.ano}^{-1}$ . É importante lembrar que para esse cálculo também estão sendo consideradas as presunções apresentadas anteriormente.

Tendo em vista o local da retirada do testemunho, os resultados encontrados referentes ao carbono orgânico retido para a Lagoa do Araçá foram coincidentes, tanto para o cálculo realizado com base no peso médio do carbono orgânico retido no testemunho, como para o cálculo realizado com base no peso médio do carbono orgânico retido em superfície.

Analisando o produto cartográfico referente à variação do peso estimado do carbono orgânico retido em superfície obtido através das presunções apresentadas,

observa-se que o mesmo está altamente correlacionado ao produto cartográfico referente ao mapa de fundo da lagoa, uma vez que as maiores concentrações de carbono orgânico retido ocupam áreas onde as fácies correspondem a lama, areia fina com lama e areia fina com areia muito fina com lama e as menores concentrações de carbono orgânico retido ocupam áreas com fácies de areia fina e areia fina com areia muito fina. Através do software IDRISI 32 RELEASE TWO foi realizada uma regressão linear simples entre as duas imagens cujo, coeficiente de correlação foi de  $r= 0,88$  (Figura 80).



**FIGURA 80: COMPARAÇÃO ENTRE MAPA DE SUPERFÍCIE DE FUNDO DA LAGOA DO ARAÇÁ E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CARBONO ORGÂNICO RETIDO NA SUPERFÍCIE DE FUNDO NA LAGOA DO ARAÇÁ ( $\text{g} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{m}^2$ ), ESTIMADO A PARTIR DO MODELO POLINOMIAL AJUSTADO ENTRE TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E CARBONO ORGÂNICO RETIDO NA COLUNA DO TESTEMUNHO. COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO  $R= 0,88$**

Turcq *et al.* (2004) analisando a retenção de carbono orgânico na região de inundação do Lago Curai no baixo Amazonas encontraram taxas de retenção de carbono orgânico de  $100 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$  em períodos de baixios da planície de inundação e picos de  $250 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$  em períodos de cheia da planície de inundação do referido lago. Os autores usaram apenas um testemunho e sete armadilhas (traps) espalhadas para estimar o carbono orgânico retido. A taxa de sedimentação para curtos períodos obtida pelo método do  $^{210}\text{Pb}$  através do testemunho apontou

uma variação entre 4,2 e 13,4 mm.ano<sup>-1</sup>. Os resultados dessa pesquisa sugerem que a planície de inundação da Amazônia se constitui num grande sumidouro de carbono orgânico. É importante salientar que os autores trabalharam com taxas de sedimentação recentes que geram resultados de taxas de retenção de carbono orgânico muito elevadas, onde a perda por decomposição é de escala menor.

Wan *et al.* (2003) realizaram estudos referentes ao perfil de testemunhos no lago Erhai, situado em baixa latitude e alta altitude no Sudoeste da China. Os autores obtiveram três estágios com características distintas do carbono orgânico: deposição – decomposição – acumulação. Os resultados obtidos entre deposição e acumulação para o carbono orgânico são de 12,7 e 7,2 g. m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> respectivamente. As taxas de sedimentação para os testemunhos tiveram uma variação entre 0,4 e 1,35 mm. ano<sup>-1</sup>.

Segundo Einsele *et al.* (2001) as taxas de retenção de carbono orgânico em lagos e lagoas podem ser analisadas sob o ponto de vista de lagos abertos e fechados. Os corpos de água abertos podem reter taxas mais elevadas de carbono orgânico, por influencia de três fatores determinantes: A bacia de drenagem adjacente, os tributários que deságuam no lago, e as taxas de sedimentação mais elevadas no corpo de água.

A Tabela 8 a seguir apresenta a comparação entre diferentes taxas de retenção de carbono orgânico retido em lagos fechados:

**TABELA 8: CARBONO ORGÂNICO RETIDO EM LAGOS FECHADOS**

Nome	C retidos g.m. <sup>-2</sup> ano <sup>-1</sup>	TX – 1 ano <sup>-1</sup>	Superfície Km <sup>-2</sup>
Qinghai Ásia	1,2	34.000	4.340
Turkana AFRICA	2,3	300.000	7.560
Van EUROPA	1,0	18.000	3.574
SaltLakeAm. Norte	1,0	17.000	4.360
Chad AFRICA	1,0	210	21.000

Fonte: Modificada de EINSELE *et al.*, 2001.

A Tabela 9 a seguir apresenta a comparação entre diferentes taxas de retenção de carbono orgânico retido em lagos abertos:

**TABELA 9: CARBONO ORGÂNICO RETIDO EM LAGOS ABERTOS**

Nome	C retidos g.m. <sup>-2</sup> ano <sup>-1</sup>	TX – 1 ano <sup>-1</sup>	Superfície Km <sup>-2</sup>
<b>Araçá Am. SUL</b>	<b>0,63</b>	<b>13</b>	<b>20</b>
Tanganika Ásia	1,4	360.000	33.000
Victoria AFRICA	4,0	1.100.000	69.490
Malawi AFRICA	5,0	380.000	23.000
Titicaca Am. SUL	4,0	210.000	9.000
Baikal Ásia	0,1	63.000	31.468
Curai Am. SUL	100 – 250	480.000	1340 - 2.000
Erhai Ásia	7,2	12.000	250

Fonte: Modificada de EINSELE *et al.*, 2001.

Comparando-se os resultados apresentados nas Tabelas 8 e 9 de carbono orgânico retido entre os lagos abertos e fechados, observa-se que os lagos abertos apresentam taxas mais elevadas que os lagos fechados. Os extremos das taxas de

retenção de carbono orgânico para lagos abertos são relativos ao lago Baikal com uma taxa de  $0,1 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  e para o lago Grande Curai que apresenta uma taxa de retenção de carbono orgânico variando entre 100 a  $250 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ , conforme o nível de elevação do referido lago.

Segundo Einsele *et al.* (2001) lagos abertos com grandes redes de drenagem possuem altas taxas de retenção de carbono orgânico, devido ao fato da rápida acumulação de sedimentos provenientes dos tributários que nele deságuam carreando a matéria orgânica da superfície de entorno. A produção e preservação da matéria orgânica são controladas por fatores sazonais, suplementos de nutrientes, sendo esta a principal diferença entre corpos de água abertos e fechados.

Nos lagos fechados as taxas de retenção de carbono orgânico apresentadas na Tabela 8, também se mostram superiores a encontrada na Lagoa do Araçá, porém com valores mais próximos ao encontrado na região ora estudada.

Comparando-se os resultados encontrados na presente pesquisa que giram em torno de  $0,63 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  de carbono orgânico retido na Lagoa do Araçá, com o Lago Curai em períodos de baixo, este é 160 vezes maior que os encontrados na área de estudo em foco. A provável causa das altíssimas taxas de retenção de carbono orgânico no Lago Curai em relação à lagoa do Araçá deva ser a alta produtividade primária autóctone do lago, associada a produção de serrapilheira da região de entorno, com um potencial de matéria orgânica alóctone muito mais significativa.

Já o lago Baikal provavelmente possui uma baixa taxa de retenção de carbono orgânico  $0,1 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ , por ser um corpo de água oligotrófico. É um corpo de água muito profundo e seus poucos nutrientes se precipitam ao fundo onde não encontram luminosidade suficiente para a produção de algas, possuindo por isso uma baixa produtividade primária.

Segundo Kelts (1988) a quantidade de matéria orgânica preservada num sistema lagunar é o resultado do balanço entre a biomassa autóctone e ou trazida



de sua área de drenagem (alóctone) e a quantidade de biomassa alterada na coluna de água e nos sedimentos. O tipo de matéria orgânica preservada nos depósitos lacustres é controlado por fatores como o clima, tamanho e profundidade do corpo de água, sua batimetria e sua área de drenagem.

Conforme Meyers & Ishiwatari (1993) a matéria orgânica pode variar desde completamente autóctone até quase totalmente alóctone. A principal fonte de matéria orgânica autóctone nos lagos e lagoas são organismos primários, principalmente algas. A produtividade primária é condicionada por fatores como luminosidade, temperatura, e disponibilidade de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio.

Os fatores de luminosidade e temperatura são críticos, como pode ser evidenciado em lagos de regiões tropicais com níveis de produtividade mais altos quando comparados aos de regiões de climas mais frios. O tempo de exposição da biomassa ao longo a coluna de água e na interface água – sedimento também afeta o grau de preservação da matéria orgânica. O período de locomoção da biomassa entre a superfície e o fundo do corpo de água está ligado à profundidade do mesmo, e a permanência na interface água – sedimento está relacionado à taxa de sedimentação, Wetzel (1983).

Segundo Oliveira (1983) a Lagoa do Araçá pode ser considerada distrófica, isso é, possui nutrientes, mas a associação de uma alta turbidez e pouca penetração de luz em seu corpo de água vêm a inibir sua produtividade primária e conseqüentemente seu carbono orgânico autóctone. Também o carbono orgânico proveniente da matéria orgânica de origem alóctone da Lagoa do Araçá, região adjacente da lagoa é inexpressivo se comparado ao carbono orgânico de origem alóctone da região do baixo Amazonas. Somado a isso seus tributários se encontram em fase senil, transportando pouca quantidade de sedimentos para o interior da lagoa, uma das conseqüências da baixa taxa de sedimentação média de  $0,0876 \text{ mm.ano}^{-1}$  e insignificante quantidade de matéria orgânica alóctone transportada.

Como mencionado anteriormente, já foram liberadas desde a revolução industrial cerca de 270 bilhões de toneladas de gases na atmosfera destacando-se o CO<sub>2</sub>. Hoje esses mais variados gases formam um manto que por vezes alcança 20 Km de espessura. Esse manto contribui de maneira significativa para que o calor do Sol irradiado pela Terra não se disperse de maneira apropriada, configurando o que se denomina de efeito estufa (PROTOCOLO DE KIOTO, 1997).

A presente pesquisa demonstra que lagos, lagoas e outros corpos de água têm um papel importante na contribuição de retenção de carbono orgânico, mostrando-se de grande importância em seu ciclo. Evidentemente isso não compensa as emissões de gases causadas por atividades antrópicas nos dias de hoje. A biosfera terrestre foi uma rede de escoadouro de carbono orgânico atmosférico significativa até a revolução industrial. Porém com os desmatamentos ocorridos, principalmente em regiões tropicais nos últimos dois séculos e o aumento sucessivo de emissões de gases, o aquecimento global é uma ameaça inerente.

De acordo com Denmann *et al.* (1996) uma alternativa para o incremento da taxa de retenção de carbono orgânico seria o suplemento de nutrientes em águas costeiras visando promover o aumento significativo da produtividade primária e a consequente retenção de carbono orgânico nessas regiões, porém segundo o autor fica claro que isso por si só não compensaria por completo as emissões de gases causadas pelas atividades antrópicas nos dias de hoje.

## 6 CONCLUSÕES

O carbono orgânico retido em ambientes lacustres e lagunares está diretamente relacionado às taxas de sedimentação que originam o pacote sedimentar, e conseqüentemente relacionados as fácies que compõe o fundo desses corpos de água.

A morfologia de fundo dos corpos de água lagunares estão relacionados à circulação hídrica que é controlada pelo regime dos ventos, responsáveis pela geração de ondas e correntes, principais agentes de transporte e deposição do material sedimentar.

As técnicas de geoprocessamento empregadas nessa pesquisa se mostraram satisfatórias na elaboração dos produtos cartográficos gerados.

Segundo os produtos cartográficos batimétricos gerados, pode-se observar um mergulho gradativo em direção NE – SW, chegando-se a uma profundidade máxima de 2,39m na porção SW da área da lagoa do Araçá.

Os resultados referentes a intensidade e direção dos ventos indicaram que os ventos do quadrante Nordeste são mais freqüentes e também mais intensos na área de estudo no período das amostragens.

A coluna do testemunho retirado na Lagoa do Araçá acusou uma taxa de sedimentação média de  $0,0876 \text{ mm.ano}^{-1}$  para longos períodos.

O resultado referente à taxa de sedimentação média para Lagoa do Araçá é relativamente baixa, podendo indicar que a colmatação da região de estudo ocorre de maneira lenta nos últimos 7420 anos. Considerando-se esta taxa de sedimentação média calculada e a máxima profundidade da Lagoa do Araçá (2,39 m), pode-se estimar, em condições atuais, 27.000 anos para sua total colmatação.

O peso médio do carbono orgânico retido obtido na coluna do testemunho foi de 0,6246 g.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>, para a superfície da lagoa a taxa histórica de retenção de carbono orgânico estimada é de 12.972,75 Kg.ano<sup>-1</sup> ou 12,9 t.ano<sup>-1</sup>. O peso médio do carbono orgânico retido em superfície foi estimado em 0,63 g. m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>. Para a superfície total da lagoa a taxa histórica de retenção de carbono orgânico estimada é de 13.096,07 Kg.ano<sup>-1</sup> ou 13,09 t.ano<sup>-1</sup>. Os resultados encontrados tanto para o cálculo realizado com base no peso médio do carbono orgânico retido no testemunho como para o cálculo realizado com base no peso médio do carbono orgânico retido em superfície foram coincidentes, indicando a representatividade do testemunho para a lagoa como um todo.

A Lagoa do Araçá apresenta características de lagoa distrófica, possui alta turbidez, pouca penetração de luz e baixa produtividade primária. A matéria orgânica de origem alóctone da Lagoa do Araçá, região adjacente da lagoa pode ser considerada inexpressiva.

O produto cartográfico referente à variação do peso estimado do carbono orgânico retido em superfície está altamente correlacionado (R=0,88) ao produto cartográfico referente ao mapa de fundo da lagoa, uma vez que as maiores concentrações de carbono orgânico retido ocupam áreas onde as fácies correspondem a lama, areia fina com lama e areia fina com areia muito fina com lama e as menores concentrações de carbono orgânico retido ocupam áreas com fácies de areia fina e areia fina com areia muito fina.

As pesquisas referentes ao carbono orgânico retido não têm apresentado resultados satisfatórios até o presente momento em ambientes lagunares, principalmente para o sul do Brasil. A dificuldade dessas pesquisas e a obtenção de resultados podem ser atribuídas à ressuspensão dos sedimentos de fundo desses corpos de água devido à baixa profundidade dos mesmos e a complexa mistura do pacote sedimentar, derivado de atividades terrestres, planctônicas e da ação de bactérias.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.E.; BORCHE, A.; ROSAURO, N.M.; SCHETTINI. **Simulação da Circulação induzida por Vento na Lagoa dos Patos.** In: XIV Congresso Latino Americano de Hidráulica. Montevideo, Uruguay, 1990. v. III. p. 1251-1263.

ALVAREZ, J.A., MARTINS, L.R. Estudo da Lagoa dos Patos. **Pesquisas**, v. 14, p. 41-66, 1981.

AYUP, R.N. **Aspectos da dinâmica sedimentar do Rio de La Plata Exterior e plataforma interna adjacente.** Porto Alegre: UFRGS, 1986. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986.

BICALHO, M. Relatório da Comissão de Melhoramento da Barra do Rio Grande. In: **Obras do Porto e da Barra do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Oficinas Gráficas da Federação, 1883. v. 3.

BORCHE, Alejandro. **Aplicativo para modelação de estuários e lagoas.** Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1996.

CALLIARI, L.J. 1980. **Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarina da laguna dos Patos.** Porto Alegre: UFRGS, 1980. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980.

CARVALHO, N.O. **Hidrosedimentologia prática.** Rio de Janeiro, 1994.

COSTA, R. & MOREIRA, I. **Geografia Espaço & Sociedade.** Rio e Janeiro: Mercado Aberto, 1989.

CORDAZO, C.V. & SEELIGER, U.. **Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Brasil.** Rio Grande: Fundação Universidade do Rio Grande, 1995.

CURRAY, J.R.; EMMEL F.J.; CRAMPTON, P.J.S. Holocen history of a srnd plain, Lagonal Coast, Nayarit, México. In: PHLEGER, F.B. & CASTAÑRES, A. **Coastal Lagoons, a symposium, México, Universidad Autónoma de México**, 1969. p. 63-100.

DELANEY, P.J.V. Lagoas Codiformes do Rio Grande do Sul. **Boletim Escola de Geologia-UFRGS**, Porto Alegre, n. 3, 1960.

\_\_\_\_\_. Fisionomia e Geologia de Superfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Publicação Especial. **Escola de Geologia**. Porto Alegre: UFRGS, n. 6, 1965.

DENMAN, E.; HOFMANN, E.; MARCHAND, H. Marine biotic responses to enviromental change and feedbacks to climate. In: HOUGHTON, J.T. MEIRO FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KALTENBERG, A.; MUSKEL, K. (eds.). **Climate change – The Scince of Climate Change** (IPCC 1995). Cambrige Univ. Press Cambridge, 1996. p. 483-516.

DEPARTMENT OF THE ARMY CORPS OF ENGINGEERS. **Shore Protection Manual**. U.S. Army Coastal Engineering Reserch Center. Research Center, 1977. v. 1.

DILLENBURG, S; BURNETT, W. Taxas de sedimentação da laguna de Tramandaí, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, determinadas através do Método do  $^{210}\text{Pb}$ . In: V Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quartenário. XI Simpósio de Sedimentologia. **Anais**. Niterói, RS, 1995. p. 224 229. 1995.

EDGINGTON, D.N.; KLUMP, J.V.; ROBBINS, J.A.; KUSNER, Y.S.; PAMPURA, V.D. & SANDIMIROV, I.V. Sedimentation rates, residence times and radionuclide inventories in lake Baikal from 137 Cs and 210 Pb in sediment cores. **Letters to Nature**, v. 350, p. 601-604, 1991.

EINSELE, G.; JIANPING, Y.; HINDERER, M. Atmospheric carbon burial modern lakes basins and its signicance for the global carbon budget. **Global and Planetary Change**, v. 30, p. 167-195, 2001.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de limnologia** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

GAMA, A. **Distribuição e Abundância dos Moluscos Bentônicos da Lagoa do Araçá-RS, em Função de Parâmetros Ambientais**. Porto Alegre: PUCRS, 2004. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2004.

HARTMANN, C. **Utilização de dados digitais do mapeador temático para obtenção dos padrões de distribuição do material em suspensão na desembocadura da laguna dos Patos**. São José dos Campos, SP: INPE, 1988. Dissertação (Mestrado), INPE, 1988.

HEAT, G.E., MORRE, T.C.; DAUPHIN, J.P. Organic carbon in deep sea sediments. In: ANDRESON, R. & MALAHOF, A. [ed.]. **The fate of fossil fuel CO<sub>2</sub> in the oceans plenun**. 1977.

HERZ, R. **Circulação das águas de superfície da lagoa dos Patos**. São Paulo: USP, 1977. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 1977.

HJULSTRÖM, F. Transportation of detrits by moving water. In: Recent Marine Sediments Trask. **American Assoc. Petrol. Geol**, Oklahoma, p. 5-71, 1939.

JENSSEN, J.R.; KJERFVE, B.; RAMSEY, E.W.; MAGIL, K.E.; MEDEIROS, C.; SNEED, J.E. Remote sensing and numerical modeling of suspended sediment in laguna de Términos, Campeche, Mexico. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 10, pp. 33-45, 1989.

JONGMAN, R.H.G.; BRAAK, C.J.F.T.; TONGEREN, O.F.R.V. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: University Press, 1995.

JOHNSON, T.C.; EVANS, J.E.; NEISENREICH, S.J. Total organic carbon in Lake Superior sediments : comparison with hemipelagic and pelagic marine environments. **American Society of Limnology and Oceanography**, Inc., p. 481-491, 1982.

JOST, H. & SOLIANI Jr. E. **Plano Integrado para desenvolvimento do litoral Norte do Rio Grande do Sul**: Mapeamento Geológico e Geomorfológico. Secretaria de Coordenação e Planejamento, Fundação de Economia e Estatística do Estado do RS. Porto Alegre, RS. 1976.

KELTS, K. Enviroments of deposition of lacustrine source rocks: an introduction. In FLEET, A.J.; KELTS, K.; TALBOT, M. (ed.). Lacustrine petroleum source rocks. **Geological Society Special Publication**, n. 40, p. 3-26, 1988.

KLEIN, A.H.F. Clima regional. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.E; CASTELLO, J.P. (eds.). **Os ecossistemas costeiros e marinhos do extremo sul do Brasil**. Rio Grande: Ecociência, 1997.

KJERFVE, B. Comparative oceanography of coustal lagoons. In: WOLF, D.A. (ed.). **Estuarine Variability**. Academic Press, 1986. p. 63-81.

KREMER, L.M. & ROSA, Z.M. Dinoflagelados do microplâncton de Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Sér. Bot.**, n. 30, p. 3-35, 1983.

LAHM, R. **Análise da correlação linear entre a concentração do seston e sua radiância espectral, através do uso de imagens orbitais do sensor TM / Landsat 5, no canal de Rio Grande, RS, Brasil**. Porto Alegre: UFRGS/CEPSRM, 1995. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

MARGALEF, R. **Ecologia**. 2.ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1977.



MARTINS, L.R.; GAMERMANN, N. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos III – Granulometria da zona norte média. **Iheringia, Geologia**, Porto Alegre, p. 177-86. 1967.

MENDES, C.A. **Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto na região estuarina da laguna dos Patos, RS, Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 1990. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

MEYERS, P. & ISHIWATARI, R. Lacustrine organic geochemistry – an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. **Organic Geochemistry**, v. 20, n. 7, p. 867-900, 1993.

MOTTA, V.F. **Relatório Diagnóstico sobre a melhoria e Aprofundamento do Acesso pela Barra do Rio Grande**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1969.

MULLER & SUESS. Productivity, sedimentation rate, and sedimentary organic matter in the oceans – Organic carbon preservation. **Deep Sea Res**, v. 26, p. 1347-1362, 1979.

MUNDAY, J.C.; ALFOLDI, T.T.; AMOS, C.L. Bay of Fundy verification of system or multirate Landsat measurement of suspended sediment. **Satellite Hydrology**, Canadá, p. 622-639, 1979.

NICHOLS, M. Sediment Accumulation Rates and Relative sea-Level Rise in Lagoons. **Marine Geology**, v. 88, pp. 201-219, 1989.

OLIVEIRA, A.A.B. & RIBEIRO, A.G. Uso Potencial da Terra - Climatologia. 633-791pp. **Levantamento de Recursos Naturais - Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim**. Projeto Radambrasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro. 33.: il. 1986.

OLIVEIRA, Maria Elaine Araujo de. **Lagoa dos Barros: aspectos da sua poluição e tipologia limnológica**. Porto Alegre: UFRGS, 1983. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983.

PROTOCOLO DE KIOTO. Kioto, Japão. 1997.

REINECK, H.E. & SINGH, I.B. *Depositional Sedimentary Enviroments*. **Springer-Verlag**, Heidelberg, 1980.

RITCHIE, J.C., SCHIEBE, F.R., McHENRY, J.R. Remote sensing of suspended sediments in surface waters. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 42, pp. 1539-1545, 1976.

ROSA, F. *et al.* Sampling the settling and suspended particulate matter (SPM) In: MUDROCH, A.; MACKNIGHT, S.D. (eds.). **Handbook of thechiniques for aquatic sediments sampling CRC-PRESS**. 1991.

ROTH, E. & POTY, B. **Méthodes de datation par les phénomènes nucléaires narurel applications. Scientifique**. Paris, França, 1985.

SAUSEN, T. **Estudo dinâmico do alto São Francisco e reservatório de Três Marias, através de imagens MSS**. São José dos Campos-SP: INPE, 1981. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), INPE, São José dos Campos, SP, 1981.

SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil. **Amazoniana**, v. IX, n. I, p. 87-104, 1984.

SCHWARZBOLD, A. **Influência da morfologia no balanço de substâncias e na distribuição de macrófitas aquáticas nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1982. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1982.

SHEPARD, F.P. Nomenclature base don sand-silt-clay variations. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, Okla, v. 24, p. 151-158, 1954.

SILVEIRA, A.L.L. **Modelo Hidrodinâmico Bidimensional com aplicação ao Rio Guaíba**. Porto Alegre: IPH-UFRGS, 1986. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986.

TABACHNICK, B.G. & FIDELL, L.S. **Using multivariate statistics**. New York: HarperCollins, 1996.

TABAJARA, L.L.; DILLENBURG, S. Batimetria e Sedimentos de Fundo da Laguna de Tramandaí-RS. **Notas Técnicas**, Porto Alegre: UFRGS, n. 10, p. 21-33, 1997.

TOLDO, E. JR. **Os Efeitos do Transporte sedimentar sobre a Distribuição dos Tamanhos de Grãos e Morfodinâmica Lagunar**. Porto Alegre: UFRGS, 1989. Dissertação (Mestrado em Geologia Costeira), Instituto de Geociências UFRGS 143p 1989.

TOLDO, E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B.; CORRÊA, I.C.S. Produccion de Sedimentos em laguna costera de margen passiva: el ejemplo de la Lagoa dos Patos, Brazil. **Revista de Ciências del Mar**, v. 15, p. 29-34, 1999.

TOLDO, E.E.; ALMEIDA, L.E.S. ; CORRÊA, I.C.S. Forecasting Shoreline Changes of Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 35, p. 43-50, 2003.

TOLDO, E.; DILLERBURG, R.; CORRÊA, I.C; ALMEIDA, L.E. Holocene sedimentation in lagoa do Patos, Lagoon, RS, Brazil. **Journal of The Coast Research**, Boletim 16, Cap. 3, p. 816-822, 2000.

TOMAZELLI, L.J. **Contribuição ao Estudo dos Sistemas Depositionais Holocênicos do Nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul, com Ênfase no Sistema Eólico**. Porto Alegre: UFRGS, 1990. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

TOMAZELLI, L.A.; VILLWOCK, J.A. Geologia do Sistema lagunar holocênico do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Pesquisas**, 1991.

TURCQ, M; JOUANNEAU, J; TURCQ, B; SEYLER, P; WEBER, O; GUYOT, J. Carbon sedimentation at Lago Grande Curai, a floodplain lake in the low Amazon region: insights into sedimentation rates. **Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 214, Elsevier, p. 27-40, 2004.

VERMOT, E.F.; D., TANRE.; J.L.; DEUZE, M.; HERMAN, J.S.; MORCRET. Second simulation of satellites signal in the solar spectrum, 6S: An Overwrite. **JEEE TRANS. Geosc. and Remote Sensing**, v. 35, n. 3, pp. 675-686, 1977.

VILLWOCK, J.A. **Contribuição à Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: URGS, 1972. Dissertação (Mestrado em Geociências), Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1972.

\_\_\_\_\_. **Aspectos da Sedimentação na Região Nordeste da Lagoa dos Patos: Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto, RS, Brasil**. Porto Alegre: URGS, 1977. Tese (Doutorado em Geociências), Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1977.

\_\_\_\_\_. Aspectos da Sedimentação na Região Nordeste da Lagoa dos Patos: Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto, RS, Brasil. Porto Alegre. **Revista Pesquisas**, Porto Alegre: UFRGS, p. 193-223, 1978.

VILLWOCK, J.A. & TOMAZELLI, L.J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, Porto Alegre: CECO/IG/UFRGS, v. 8, p. 1-45, 1991.

WAN, G.; BAI, Z.; QING, H.; MATHER, J.; HUANG, R.; WANG, H.; TANG, D.; XIAO, B. Geochemical records in recent sediments of lake Erhai: implications for environmental changes in a low latitude – high altitude lake in southwest China. **Journal of Asian Earth Sciences**, Pergamon, v. 21, p. 489-502, 2003.

WASSERMAN J.C., OLIVEIRA F.B.L.; BIDARRA M. Cu and Fe associated with humic acids in sediments of a sub-tropical coastal lagoon. **Organic Geochemistry**, v. 28, n. 12, p. 813-822, 1998.

WETZEL, R. **Limnology**. Saunders College, Philadelphia, 767. 1983.

WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. New York: Springer-Verlag, 1990.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A – Dados da Lagoa do Araçá**





## **ANEXO B – Dados da Coluna do Testemunho**



## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L183e Lahm, Regis Alexandre  
Estimativa de retenção de carbono orgânico na Lagoa do Araçá, RS, Brasil, através da taxa de sedimentação média, morfologia de fundo e padrões de circulação hídrica / Regis Alexandre Lahm. – Porto Alegre, 2005.  
163 f. : il.

Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, 2005.  
Orientação: Prof. Dr. Albano Schwarzbald.  
Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Emílio Sá Brito Almeida.

1. Araçá, Lagoa do (RS) – Sedimentologia. 2. Carbono. 3. Sedimentação. 4. Circulação. I. Título. II. Schwarzbald, Albano. III. Almeida, Luiz Emílio.

CDU 627.157

Bibliotecária Responsável  
Iara Breda de Azeredo  
CRB 10/1379