



Características Ambientais da área de influência do Porto¹.

O Porto do Rio Grande é um porto marítimo público, localizado na cidade de Rio Grande, no litoral sul do estado do Rio Grande do Sul, na margem oeste do Canal do Norte, que é o escoadouro natural da bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos.

A Lagoa dos Patos é a maior laguna costeira (~10.000 km²) estrangulada do mundo (Kjerfve, 1986). A laguna recebe o aporte de água doce dos rios da parte norte da planície costeira do Rio Grande do Sul e dos rios afluentes da Lagoa Mirim (Figura 1), representando um escoadouro natural da bacia hidrográfica (~200.000 km²) para o oceano (Moller & Fernandes, 2010). A vazão média é da ordem de 2.400 m³/s, com máximos em torno de 13.000 m³/s, onde 85% do fluxo de água doce que a Lagoa dos Patos recebe através do Rio Guaíba que é proveniente do sistema Jacuí-Taquari (Moller & Fernandes, 2010; Fernandes *et al*, 2015). No ano de 1941 a vazão máxima foi de 20.000 m³/s, considerando épocas de chuvas ou anos de El Niño, a descarga pode passar de 10.000 m³/s (Fernandes *et al*, 2015).

¹ Setor Técnico Divisão de Meio Ambiente, Saúde e Segurança – DMASS/SUPRG.

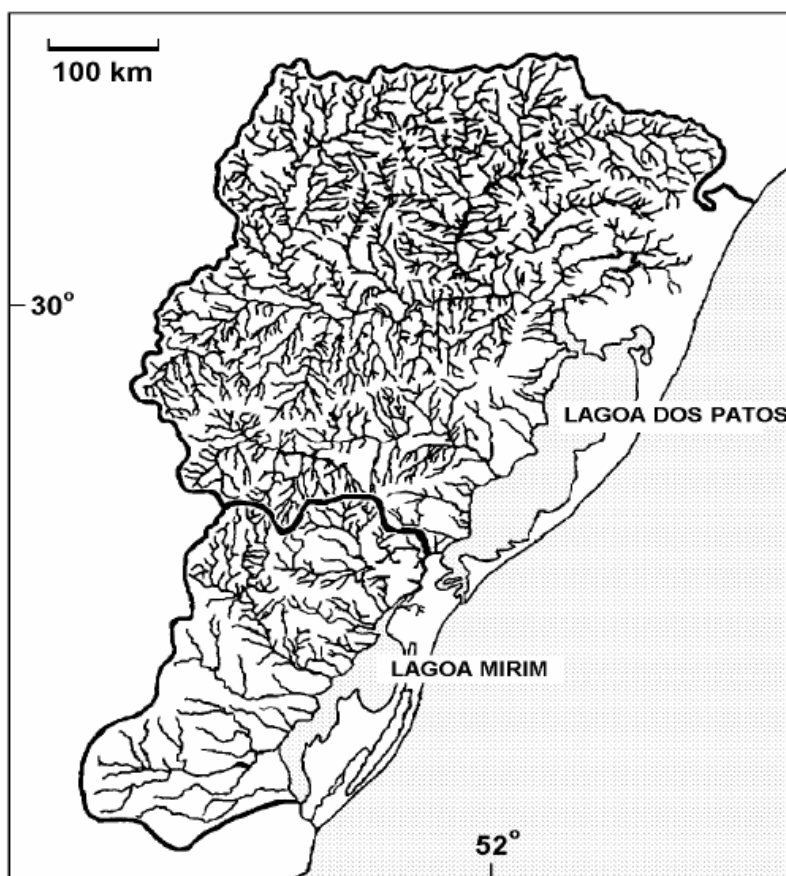


Figura 1 – Detalhe da Bacia Hidrográfica

A área da seção transversal diminui exponencialmente em direção à desembocadura, passando de 30 km na altura da localidade de São Lourenço do Sul para 700 metros na saída dos molhes da barra. O afunilamento na forma da Lagoa dos Patos em sua porção sul tem importância decisiva na circulação das águas e nos processos de troca com o oceano e de mistura interna na lagoa, pois condiciona altas velocidades de correntes, principalmente em regime de vazante (Moller *et al.*, 2009). Esse fator é determinante para os processos ligados à circulação e transporte de material em suspensão para a costa (Fernandes *et al.*, 2015).

Dados de corrente (superfície e fundo) referente ao período de 3 a 21 de agosto de 1999 (Figura 2), obtidos através de um correntógrafo fundeado no Canal de interno nas proximidades do cais da Praticagem da Barra, demonstraram que os vetores de corrente do fundo apresentaram magnitudes um pouco inferiores aos da superfície e que não há variação significativa na direção do escoamento ao longo da coluna d'água. O escoamento é praticamente unidirecional, intercalando períodos de enchente e vazante, e as correntes predominantes seguiram as direções N-NNE e SSO (ASA, 2008).

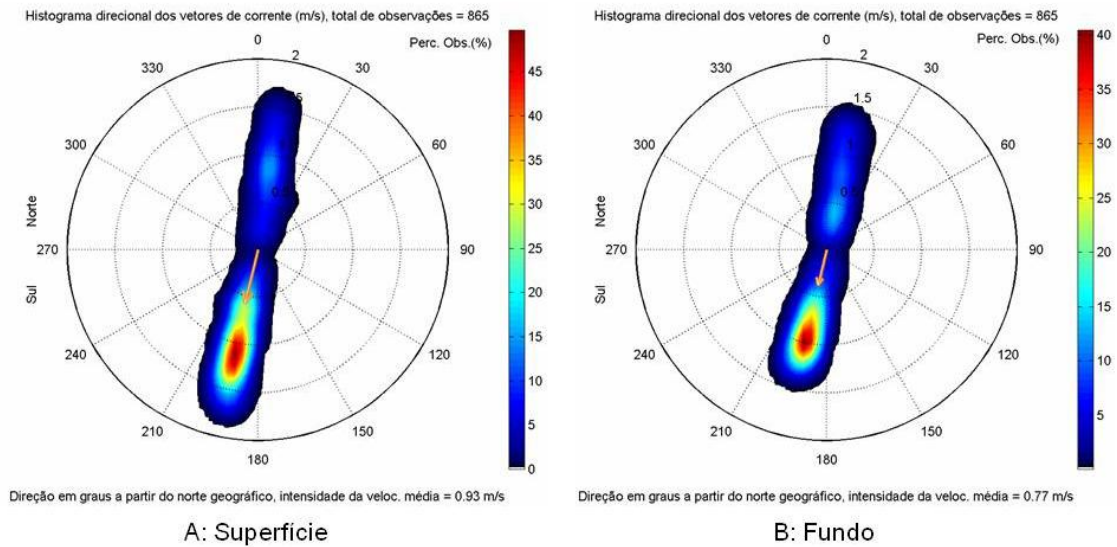


Figura 2 - Histograma direcional dos vetores de correntes, onde A – Superfície e B – Fundo.

Durante o ano de 2006 (Figura 3), dados obtidos por um Perfilador Acústico de Correntes (ADP) instalado no fundo do canal de navegação em frente à estação dos Práticos da Barra, a uma profundidade de aproximadamente 15 m, indicaram que durante o período monitorado houve alternância entre períodos de fluxo de enchente (dados em vermelho) e períodos de fluxo de vazante (dados em azul) este, com maiores valores absolutos de velocidade. Os valores em verde mostram a ocorrência de períodos de velocidade nula ou próxima à zero entre os períodos de enchente e de vazante, indicando o momento de inversão de corrente. A linha preta mostra que as variações do nível médio podem ser associadas a períodos de vazante (valores negativos) e enchente (valores positivos), onde o nível observado chegou a valores máximos próximos a 1 metro acima do nível médio e valores de -0,5 metros abaixo do nível médio (Asmus *et al.*, 2007).

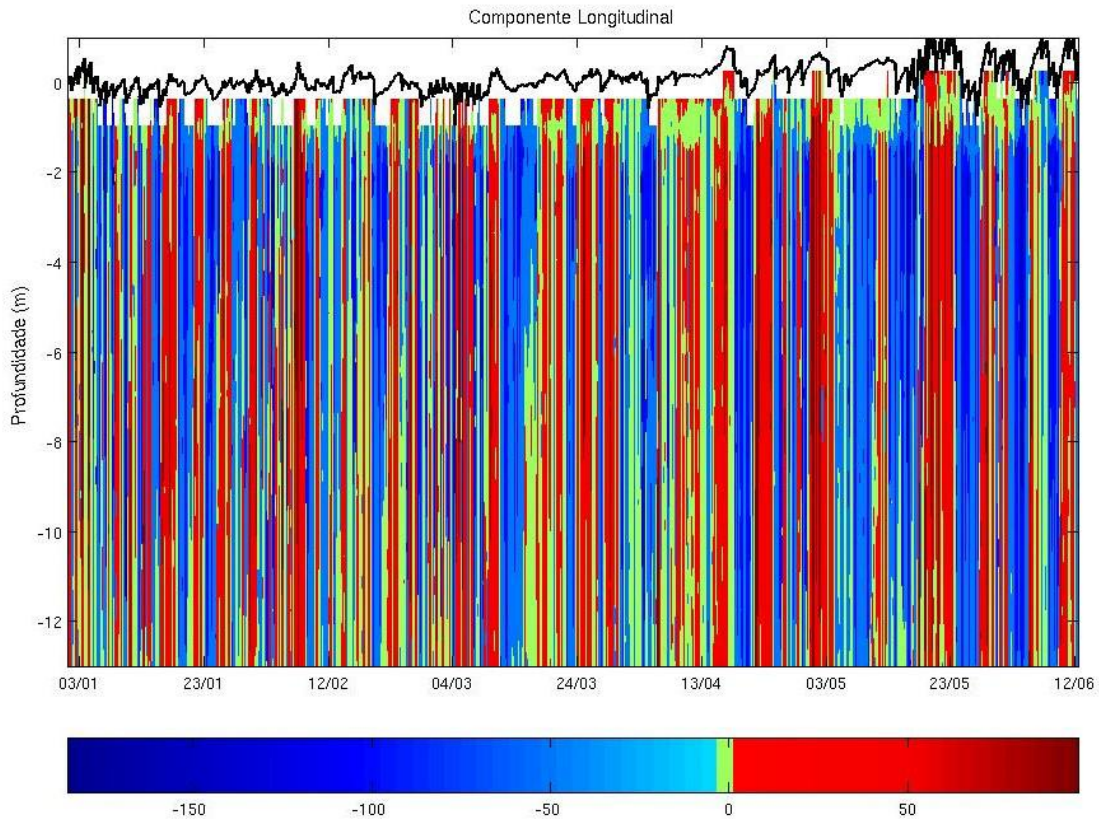


Figura 3 - Perfil temporal de velocidade do ADP. Onde: Fluxo de enchente - dados em vermelho; Fluxo de vazante - dados em azul; Velocidade nula ou zero - dados em verde; Linha Preta - Variação do nível médio.

Referências bibliográficas descrevem que as velocidades das correntes na saída do estuário podem atingir de 1,70 a 1,90 m/s, depois de prolongados períodos de chuvas. O afunilamento natural do estuário em direção ao mar é decisivo na circulação por intensificar as correntes de vazante (Moller *et al.*, 2009). Entre os molhes, as velocidades do escoamento podem alcançar valores da ordem de 2,0 m/s durante as altas descargas. Partindo-se dos molhes, em direção ao mar, o escoamento fluvial é divergente e as velocidades do escoamento decrescem rapidamente. Podem ocorrer na desembocadura situações de vazão extrema quando os totais de precipitação estão acima do normal e, em conjunto com ventos do quadrante Norte, acarretam uma perda de identidade estuarina na área, sendo encontrado, então, um deslocamento unidirecional em sentido de jusante tipicamente fluvial (Hartmann & Schettini, 1991).

Historicamente a Lagoa dos Patos, foi dividida em três regiões (Figura 4), a saber: a baixa laguna ou região estuarina área afetada pela penetração de águas de origem marinha; a área central que compreende a maior porção deste sistema e a alta



laguna que consiste na Lagoa do Casamento (Delaney, 1965). O Porto do Rio Grande está localizado na região estuarina (Figura 5), entre a desembocadura dos molhes e a Ponta da Feitoria, ocupando aproximadamente um décimo da superfície total da laguna. Esta região apresenta os maiores gradientes halinos e está separada da área central pela presença de estruturas deltaicas formadas pelos bancos de areia da Feitoria com profundidades inferiores a um metro.

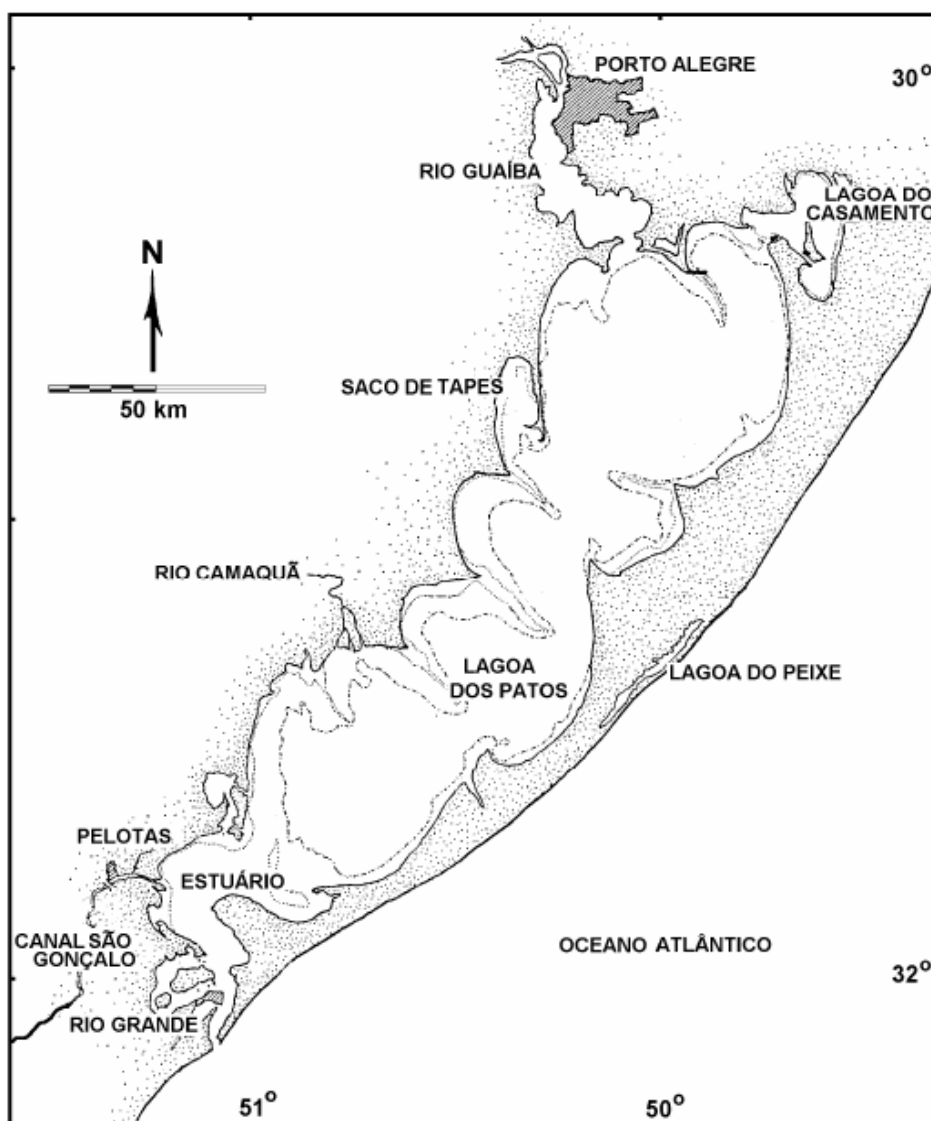


Figura 5 – Lagoa dos Patos e suas divisões.

O efeito da maré astronômica (0,4 m) é de importância secundária na região, onde 80% da energia da maré são removidas pela fricção, em função da morfologia entre a desembocadura e o médio estuário, a hidrodinâmica da laguna depende principalmente das relações entre a descarga fluvial e a ação dos ventos (Moller *et al.*,



2009; Möller & Fernandes, 2010). Durante um período de 24 horas, as oscilações do nível da água nas áreas internas da laguna são causadas pelo efeito combinado da brisa com a maré. A ação do vento soprando ao longo do eixo lagunar (efeito local), associada à variação de nível (elevação/rebaixamento) da água na zona costeira devido ao transporte de Ekman (efeito remoto do vento) gera desníveis de 0,3 a 0,4 m ao longo da laguna (Moller *et al.*, 2001; Moller & Fernandes, 2010).

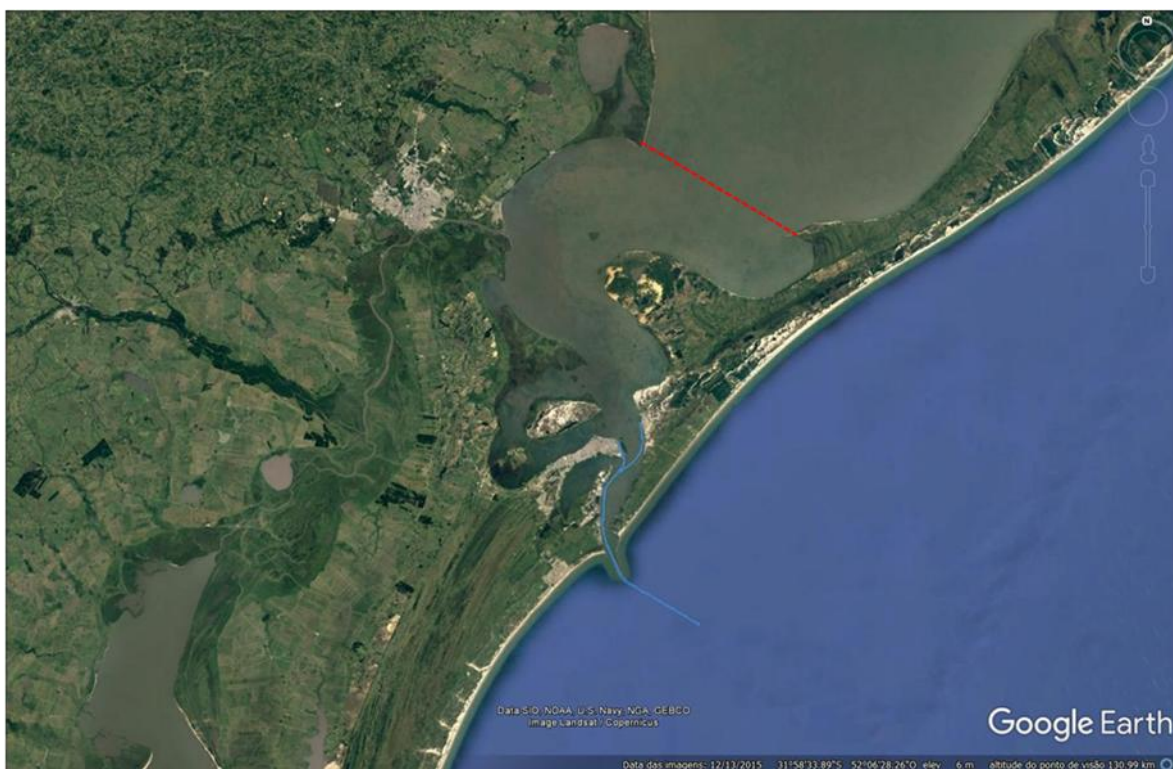


Figura 5 – Em vermelho: linha imaginária que limita o estuário; Em azul: canal de acesso externo e interno do Porto Organizado do Rio Grande.

O Estado do Rio Grande do Sul tem seu clima classificado como subtropical úmido na classificação Strahler. É uma região afetada por sistemas meteorológicos sinóticos, sub-sinóticos e fatores associados à circulação de larga escala e circulações locais da América do Sul. A região em que a Lagoa dos Patos está localizada é influenciada por dois sistemas atmosféricos, o anticiclone do Atlântico (AA) e os anticlones móveis de origem polar (AP). O anticiclone do Atlântico consiste em um sistema de alta pressão, do tipo permanente, semi-fixo, possuindo alta temperatura e umidade. Localizado sobre o Oceano Atlântico, apresenta variações e deslocamentos com periodicidade sazonais (Tchernia, 1980), estando seu centro normalmente à 30°S. Devido a sua localização, na Região Sul do país este sistema gera ventos de NE, mais intensos no verão e menos no inverno, quando o centro de alta pressão



perde força e migra para latitudes menores. Os anticiclones móveis de origem polar são formados em altas latitudes e se propagam em direção às latitudes menores. Estes sistemas apresentam alta mobilidade, transportando massas de ar secas e de baixa temperatura. Os ventos relacionados a estes sistemas são os do quadrante Sul (SE, S e SW). A área compreendida entre os dois sistemas de alta pressão é caracterizada por ser uma zona de depressão para onde convergem os ventos dos dois sistemas. Esta área é denominada frente fria, e devido às características distintas das massas de ar associadas, uma quente e úmida e outra fria e seca, o tempo torna-se instável e chuvoso (Piovesan, 2006).

Em função dos sistemas atuantes, durante a maior parte do ano há dominância de ventos de NE, isto devido ao AA estar mais ao Sul e com maior força, barrando os AP. Nos meses de outono e inverno, o AA perde força e migra para o Norte, permitindo a passagem dos AP, com isto, os ventos do quadrante Sul ganham importância na Região (Piovesan, 2006).

Localmente, as brisas marítimas e terrestres também contribuem com a circulação atmosférica na região. As brisas são resultantes dos contrastes de temperatura entre o mar e a terra. Durante o dia, devido ao seu menor calor específico, o continente aquece mais rapidamente. O ar em contato com o continente se aquece e diminui a densidade, criando uma área de baixa pressão. O ar sobre o oceano encontra-se mais frio, caracterizando uma zona de maior pressão, forma-se assim um gradiente de pressão que faz com que o vento sopra do oceano para o continente. À noite o continente perde temperatura mais rapidamente, invertendo o sistema, passando o vento a soprar do continente para o oceano (Piovesan, 2006).

Dados medidos no período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 1999 na Praticagem da Barra (Figura 6), com intervalo de uma hora, corroboram com dados bibliográficos para a região, indicando que os ventos mais frequentes e mais intensos são provenientes de NE e SO. O vento predominante na região é de nordeste (Figura 7 A), apresentando maiores frequência de ocorrência durante praticamente o ano inteiro, sendo que nos meses de outono e inverno aumenta a ocorrência de ventos de sudoeste (Figura 7 B) devido ao maior número de passagens de sistemas frontais (anticiclones migratórios de origem polar) por esta região (ASA, 2008).

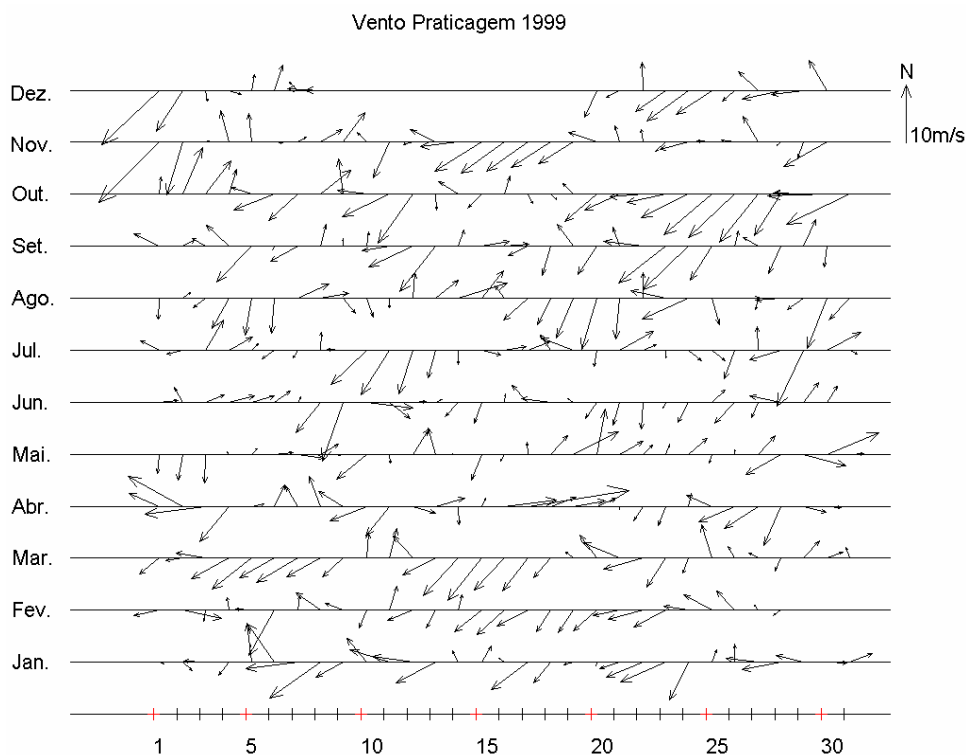


Figura 6 – Diagrama stick plot dos valores médios diários de vento medidos no Cais da Praticagem (convenção vetorial).

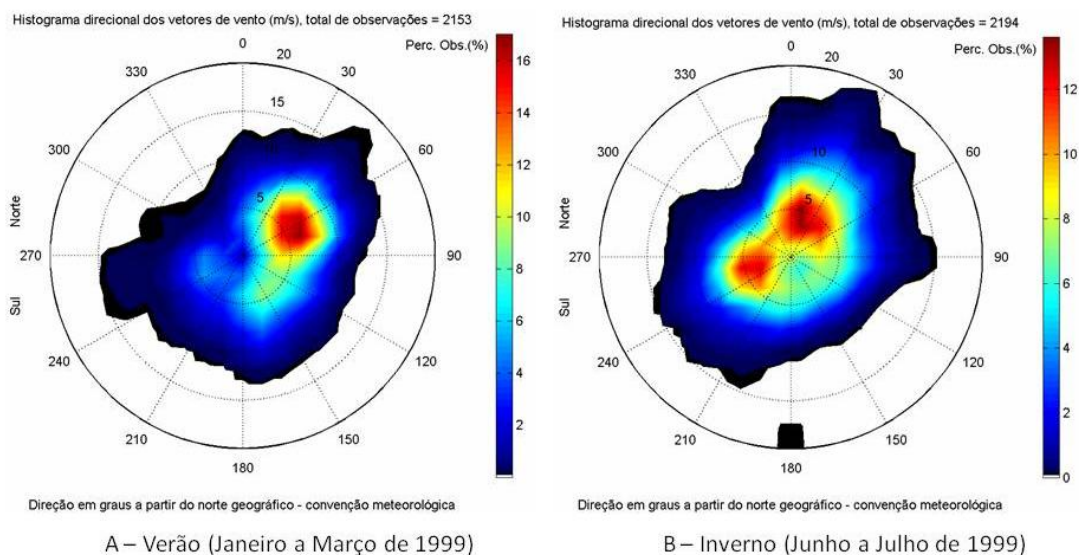


Figura 7 – Histograma direcional dos ventos medidos no Cais da Praticagem para os períodos de verão e inverno de 1999.

A dinâmica da Lagos dos Patos é controlada pela descarga de água doce e pelos efeitos dos ventos. Os efeitos dos ventos de NE e SO atuam no processo de salinização e dessalinização das águas estuarinas formando estruturas verticais de



salinidade que variam entre situações de cunha salina e bem misturado (Calliari, 1980; Moller & Fernandes, 2010). Sob os efeitos de frentes meteorológicas que ocorrem em escala de 3 a 15 dias, o nível do mar sofre uma elevação durante os ventos do quadrante SO que força a entrada de água marinha para o interior da laguna (Moller & Fernandes, 2010). Quando a descarga dos rios é alta e ocorre combinado com ventos de NE, a água salgada é praticamente impedida de entrar no estuário, com fluxo de vazante contínuo em direção ao mar (Fernandes *et al*, 2015).

O escoamento principal da laguna acompanha o eixo principal, com orientação geral NE-SO que é coincidente com o sentido dos ventos dominantes na região. Este eixo tem aproximadamente 180 km de comprimento, entre os pontais de Itapuã e da Feitoria, correspondendo ao sistema lagunar. A influência da água marinha pode chegar até aproximadamente 200 km da entrada do canal de Rio Grande, em condições favoráveis de ventos do quadrante sul, baixos níveis d'água na laguna e maré de sigízia, tornando mixoalina as águas da região central da Lagoa dos Patos (Toldo Jr, 1994; Lacerda, 2006).

A passagem de água doce e as trocas de água com o mar determinam a hidrodinâmica, a dinâmica dos sedimentos e as condições físico-químicas da água, condicionantes da estrutura e dinâmica das comunidades de plâncton, nécton e bentos (Seeliger & Odebrecht, 2010).

Eventos de *El Niño* e *La Niña* provocam profundas modificações no regime hidrológico, influenciam no transporte e na migração de organismos, além de alterarem os processos ecológicos do estuário (Seeliger & Odebrecht, 2010). Anos de *El Niño* proporcionam alta precipitação no verão/outono causando inundações nas bacias dos rios no sul do Brasil e no delta do Rio Paraná entre o Brasil, Paraguai e Argentina, enquanto que em eventos de *La Niña* prevalece a estiagem (Marengo, 2007; Seeliger & Odebrecht, 2010).

Calliari e Fachin (1993) já relataram que a maior parte dos sedimentos provenientes da rede de drenagem da Lagoa dos Patos são depositados no corpo lagunar de forma seletiva (sentido Norte para Sul), sendo depositado primeiramente os sedimentos mais grosseiros, permanecendo grande parte dos finos em suspensão até ingressarem no estuário. O estuário apresenta um leito físico bastante variável (Figura 8). No geral, observa-se a presença de silte e argila nas regiões mais profundas (canal de navegação) e nas áreas protegidas (enseadas), enquanto que sedimentos do tipo areia fina predominam nas regiões mais rasas (Calliari, 1980; Antigueira & Calliari, 2006).

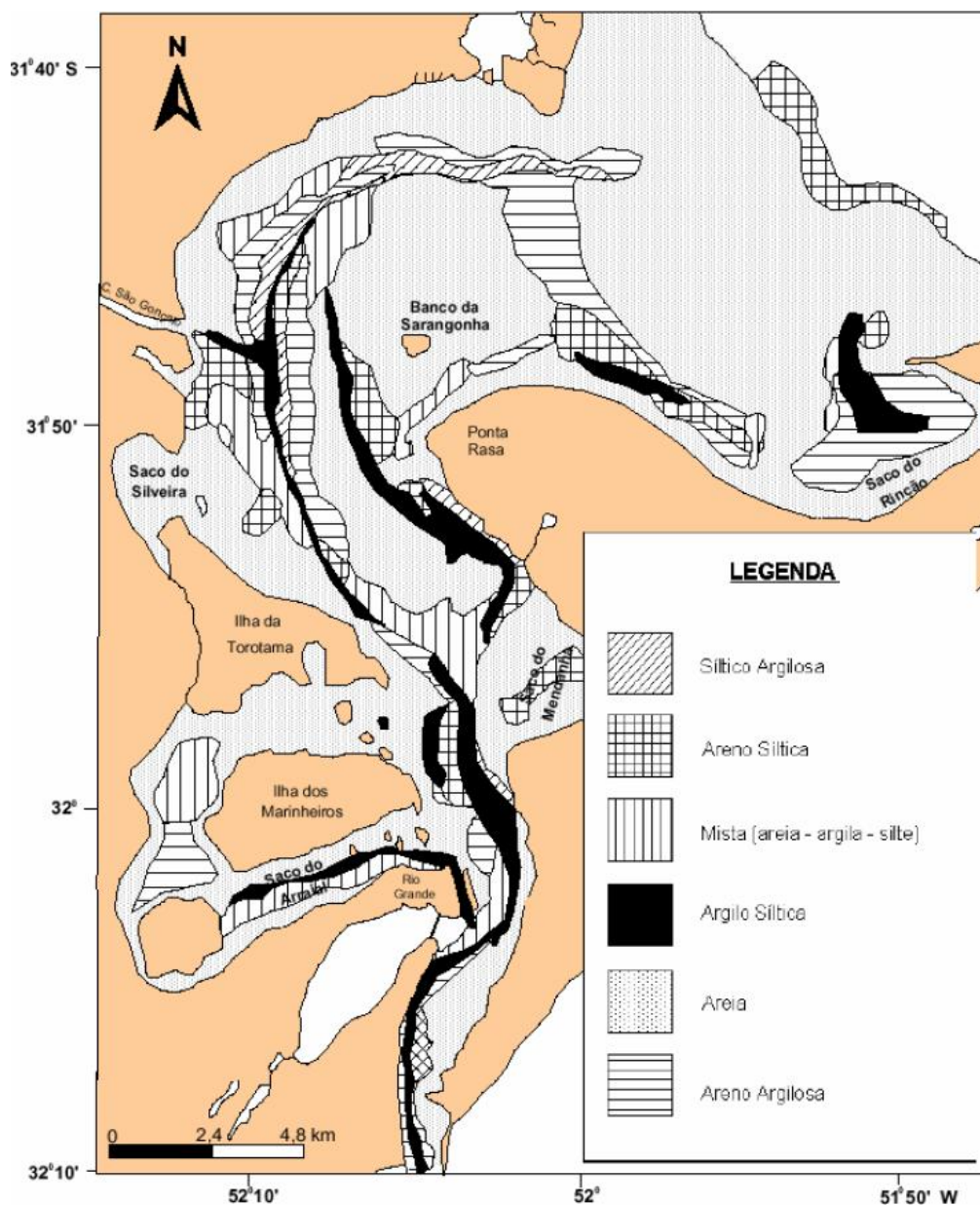


Figura 8 - Distribuição espacial do leito físico elaborado por Calliari (1980).

As águas da Lagoa dos Patos e do Rio Guaíba recebem significativa quantidade de sedimentos em suspensão provenientes de todos os tributários da rede de drenagem do sistema Jacuí e Camaquã, que correspondem à metade da área de drenagem do Estado do Rio Grande do Sul (Toldo Jr *et al.*, 2006). A concentração de material em suspensão e sua precipitação no estuário estão condicionadas, principalmente, pelo aporte de água doce (pluviosidade) e pela extensão da intrusão da água salgada. Grande parte dos sedimentos finos “escapa” para as regiões próximas à plataforma interna, evidenciando os depósitos lamíticos adjacentes à



desembocadura da lagoa. Com toda essa configuração a região estuarina devido a sua hidrodinâmica e morfologia apresentam-se como fonte potencial de sedimentos finos para a plataforma interna (Figura 9). A maior contribuição de sedimentos ao sul da desembocadura é devido à predominância dos ventos do quadrante NE que, quando associados a uma alta precipitação pluviométrica, propiciam a formação de uma pluma de direção SW. Os sedimentos finos transportados nessa pluma floculam e depositam nas adjacências da desembocadura em forma de lama fluida (Calliari & Fachin, 1993; Calliari *et al.*, 2000).



Figura 9 – Detalhe do transporte de sedimentos para a plataforma interna.



Referências Bibliográficas.

- ANTIQUERA, J. A. F., CALLIARI, L. J. 2005. Características Sedimentares da desembocadura da Laguna dos Patos. Gravel, Porto Alegre, v.3, p. 30-46p.
- ASA., 2008. Modelagem do Transporte e Dispersão de óleo para o PEI do Porto de Rio Grande – RS. Relatório Técnico. 199p.
- ASMUS, M.L. 2007. Programa de Monitoramento Ambiental para o Canal de Acesso ao Porto de Rio Grande, Bacia de evolução do Porto Novo e da Área de Descarte do Material Dragado. Relatório Técnico, 228p.
- CALLIARI, L. J., 1980. Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Laguna dos Patos. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 190p.
- CALLIARI, L. J., FACHIN, S., 1993. Lagunadospatos. In: Influência nos depósitos lamínicos costeiros. Pesquisas, Porto Alegre: 20(1), 57–69p.
- FERNANDES, E.; MOLLER, Jr.; GONÇALVES, G., 2015. Lama na Praia do Cassino: Entendendo o fenômeno. *No prelo*.
- HARTMANN, C., SCHETTINI, C.A.F. 1991. Aspectos hidrológicos na desembocadura da Laguna dos Patos, RS. . Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.21, n.4, p.371-377p.
- KJERFVE, B. & KE MAGILL, 1986. Comparative Oceanography of Coastal Lagoons. In: Wolfe, D.A. (Ed) Estuarine variability. Academic Press, New York.
- LACERDA, C. S., 2006. Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo – Cartas SAO – para a Costa Oeste da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Monografia de Graduação. Rio Grande: FURG.
- MARENGO, J. A. 2007. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI. Biodiversidade 26. Brasília: MMA.



- MÖLLER Jr., CASTELO, J. P., VAZ, A.C., 2009. Th effect of river discharge and winds on the interannual variability of the Pink Shrimp *Farfantepenaeus paulensis* production in Patos Lagoon. *Estuaries and Coasts*. 32: 787-796p.
- MÖLLER Jr., O. O. & FERNANDES, E.H.L., 2010. *In*: SEELIGER, U. & ODEBRECHT, C. 2010. O estuário da Lagoa dos Patos: Um século de transformações. Rio Grande: FURG, 180p.
- PIOVESAN, R. B. 2006. Estudo do Transporte de Manchas de Óleo na Lagoa dos Patos, por um Modelo Numérico. Dissertação de Mestrado, FURG. 82p.
- SEELIGER, U. & ODEBRECHT, C. 2010. O estuário da Lagoa dos Patos: Um século de transformações. Rio Grande: FURG, 180p.
- TCHERNIA, P. 1980. Descriptive regional oceanography.
- TOLDO Jr., E. E. 1994. Sedimentação, Predição do Padrão de Ondas, e Dinâmica Sedimentar da Antepraia e Zona de Surfe do Sistema Lagunar, da Lagoa dos Patos, RS. Tese de Doutorado, UFRGS. Porto Alegre - RS.