

## O CONCEITO DO CAMPO DE FETCH APLICADO À LAGOA DOS PATOS

*Marcelo Marques<sup>1\*</sup>; Fernando O. de Andrade<sup>2</sup>; Cristhiane M. P. Okawa<sup>3</sup>; Elaine P. A. Vital<sup>1</sup>; Adalberto K. Takeda<sup>1</sup>; Otávio C. Montanher<sup>1</sup>; Alexandre K. Guetter<sup>4</sup>*

**Resumo:** Em estudos envolvendo corpos de água continentais como lagos, reservatórios e estuários, o fetch é obtido pontualmente com base na direção do vento e no formato das margens. Como se constitui em um conceito geométrico, sua determinação é fortemente condicionada pelo formato irregular e geralmente dendrítico do entorno do corpo de água. O fetch é comumente utilizado para estimar fenômenos como ondas e seiches gerados pelo vento em corpos de água. Como estes são bem representados por um campo bidimensional, decidiu-se pelo tratamento do fetch como um campo de modo a possibilitar abordagens bidimensionais. Assim exposto, esta comunicação científica propõe ampliar o conceito de fetch através da representação bidimensional via processamento automatizado. Para tanto foi desenvolvido um programa em linguagem computacional LISP denominado ONDACAD. O modelo apresentado permitiu, além da distribuição do fetch, a determinação segura dos valores máximos para cada direção na Lagoa dos Patos, localizada na planície costeira do Rio Grande do Sul. A maior extensão determinada foi de 82 km para ventos WSW e SW.

**Palavras-chave:** fetch, onda, Lagoa dos Patos

## THE CONCEPT OF FETCH FIELD APPLIED TO LAGOA DOS PATOS

**Abstract:** In studies involving continental water bodies such as lakes, reservoirs and estuaries, the fetch is obtained pointwise based on the wind direction and the size of the margins. Its determination is strongly influenced by irregular and generally dendritic shape of the water body surrounding. This fact is intrinsic to a method based on geometric concepts. The fetch is commonly employed to estimate phenomena generated by wind in bodies of water, such as waves and seiches. As the water bodies are well represented by a two-dimensional field, it was decided to approach the fetch in two-dimensional description. Accordingly, the present work proposes to extend the concept of fetch by means of two-dimensional representations via automated processing. A computational program was developed in the LISP language and named ONDACAD. The model allowed the distribution of the fetch and the determination of the maximum safe values for each direction in the Lagoa dos Patos, located in the coastal area of Rio Grande do Sul State. The greatest calculated fetch was 82 km for southwest oriented winds.

**Keyword:** fetch, wave height, Lagoa dos Patos

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Tecnologia, Área de Meio Ambiente, Campus de Umuarama, Paraná: \*[mmarques@uem.br](mailto:mmarques@uem.br)

<sup>2</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Toledo, Paraná

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil

<sup>4</sup>Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA), Curitiba, Paraná

## INTRODUÇÃO

O vento é o principal forçante da geração dos fenômenos de circulação e perturbação da superfície livre em lagos e reservatórios de barragens. A ação do vento sobre a lagoa dos Patos é o principal fator de controle da circulação (Marques, 2005). A ação local do vento na Lagoa dos Patos se traduz através da transferência de momento pela fricção direta sobre o corpo da lagoa, forçando correntes, gerando oscilações de curto período, como seiches que podem ter períodos de aproximadamente 24 horas na parte central e superior da Lagoa e gerando ondas (Möller, 1996).

As perturbações geradas pelo vento provocam a erodibilidade das margens e promovem a mistura na coluna líquida, ocasionando desestratificação térmica do corpo hídrico. Os movimentos podem se propagar até o fundo provocando ressuspensão de sedimentos, promovendo o desprendimento de gases, como os de efeito estufa, dissolvidos no sedimento. Estes fenômenos são intensificados no caso de lagoas costeiras, caracterizadas pela pouca profundidade (Marques, 2005). Portanto, a ação do vento gera uma série de consequências de ordem química, física e biológica ao ecossistema aquático continental. Podem afetar ainda, atividades relacionadas à navegação e a instalação de parques aquícolas.

A quantificação do efeito do vento sobre espelhos d'água é feita com base no fetch. Na oceanografia o fetch é definido como a distância do ponto considerado em meio oceânico até atingir-se a costa a barlavento. Já em águas interiores, o fetch é influenciado pelo formato das margens, geralmente de aspecto irregular e dendrítico. Neste ambiente continental é amplamente utilizado o método apresentado por SAVILLE (1954) e recomendado por U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER (1984). Portanto, devido à presença das margens, é comum que em águas interiores o fetch tenha valores inferiores aos obtidos em águas oceânicas. A extensão do fetch é comumente utilizada conjuntamente com a intensidade e direção do vento, permitindo a estimativa da magnitude de elementos como: (1) oscilações na superfície líquida devido aos seiches; (2) altura e período de ondas progressivas geradas pela ação do vento; (3) profundidade de mistura provocada pela onda ao propagar-se; (4) correlação com o desenvolvimento de bancos de macrófitas em reservatórios de barragens; (5) erodibilidade de margens; (6) quantificação dos gases de efeito estufa em reservatórios.

A necessidade de aplicação do método proposto por Saville de forma automatizada e precisa levou à execução de um aplicativo em linguagem LISP em ambiente CAD, o qual permite determinar através de um mapa georeferenciado, a distribuição do fetch para cada uma das dezesseis direções. O presente estudo aplicou o conceito do campo de fetch à Lagoa dos Patos.

## ÁREA DE ESTUDO

As lagoas costeiras são corpos de água rasos, com profundidades normalmente não superiores a 5 m. São orientadas paralelamente as linhas de costa e podem apresentar uma ou mais conexões com o oceano (Smith, 1994).

A ação do vento nestes locais pode ser importante principalmente quando o eixo longitudinal da lagoa é orientado na sua direção predominante. A profundidade média destas lagoas também é um fator extremamente importante, pois, corpos de água rasos têm uma resposta mais rápida a processos de aquecimento e resfriamento ou a ação de ondas. Estas induzem processos de mistura em toda coluna d'água tendendo a destruir a estratificação vertical favorecendo a criação de gradientes longitudinais e transversais mais intensos (Smith, 1994).

A Lagoa dos Patos possui todas as características citadas anteriormente. Está localizada na planície costeira do Rio Grande do Sul estendendo-se paralelamente ao Oceano Atlântico, conforme

Figura 1. Possui 265 quilômetros de comprimento, 60 quilômetros de largura e uma área superficial de 10.360 km<sup>2</sup>. Possui uma profundidade média de aproximadamente 5 m e constitui-se na maior laguna do Brasil e a segunda maior de toda a América Latina.

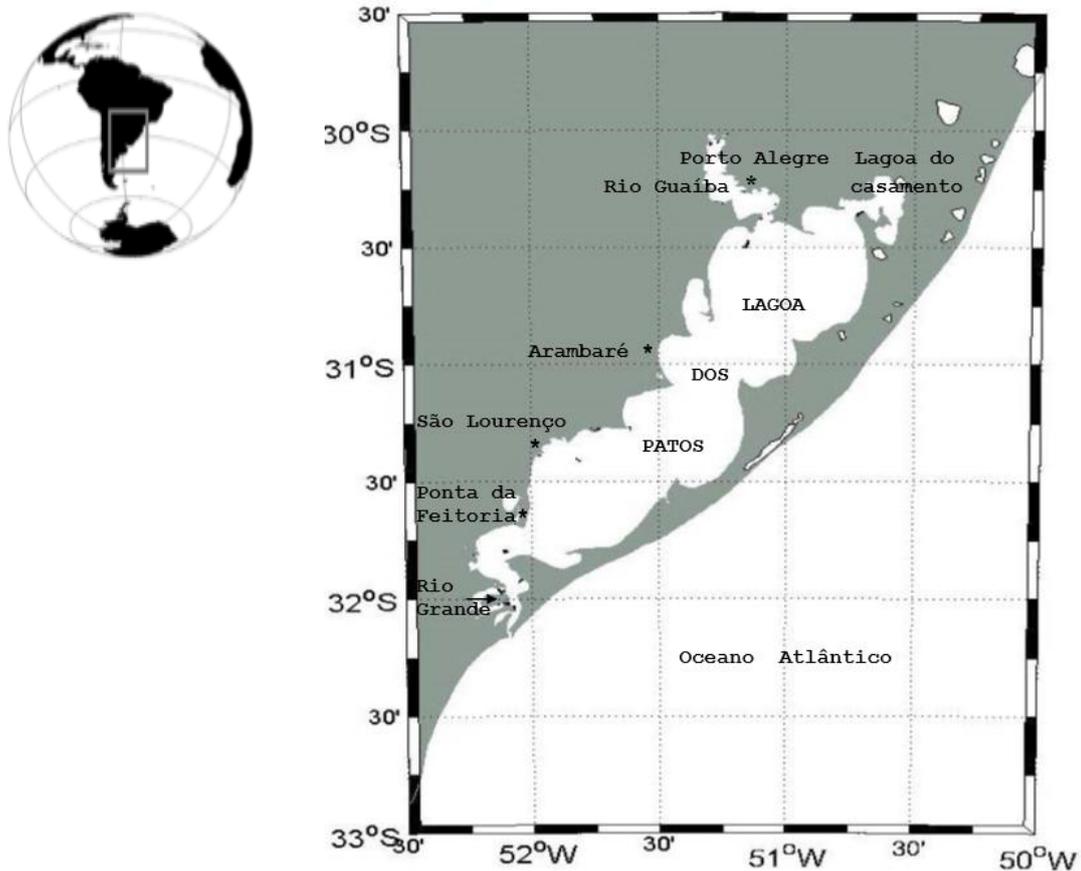


Figura 1 Localização da Lagoa dos Patos

## MÉTODO

A determinação da distribuição do fetch é feita com base no método geométrico de Saville (1954) pelo traçado apresentado esquematicamente para vento nordeste, conforme Figura 2a. De acordo com o método, o fetch em cada ponto e para determinada direção é definido pela equação 1.

$$F = \sum_i x_i \cos \alpha_i / \sum_i \cos \alpha_i \quad [1]$$

no qual  $\alpha_i$  é o ângulo entre a direção do vento e a direção secundária; e  $x_i$  é o comprimento na direção secundária.

Pelo presente trabalho é introduzido um importante aperfeiçoamento. O fetch passa a ser determinado por um método integral, ao invés de um somatório, conforme Figura 2b e equação 2.

$$F_{ef} = \int_{-\alpha}^{\alpha} F \cos \varphi . d\varphi / \int_{-\alpha}^{\alpha} \cos \varphi . d\varphi \quad \pi/2 \geq \alpha \geq 0 \quad [2]$$

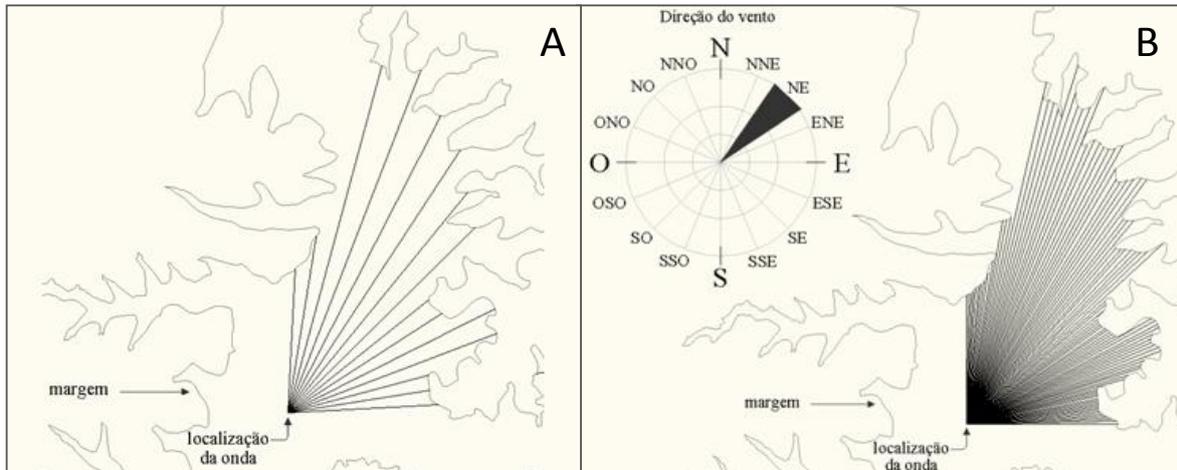


Figura 2 Traçado esquemático para determinação do fetch: (a) pelo método de Saville (1954); (b) pelo aumento da resolução angular entre linhas radiais

A distribuição do fetch de modo automatizado é realizada por um programa concebido em linguagem LISP denominado ONDACAD podendo ser interpretado por programas de projeto assistido por computador, como o AutoCAD, zwcAD e CorelCAD.

Um dos módulos do modelo ONDACAD gera a distribuição do fetch com base na discretização da superfície do corpo de água pela geração de uma malha estruturada quadrangular (Figura 3a). Os nós da malha são percorridos respeitando-se a direção do vento fornecida e aplicando o método de Saville (1954) com resolução de um grau entre as linhas radiais (Figura 3b e Figura 3c).

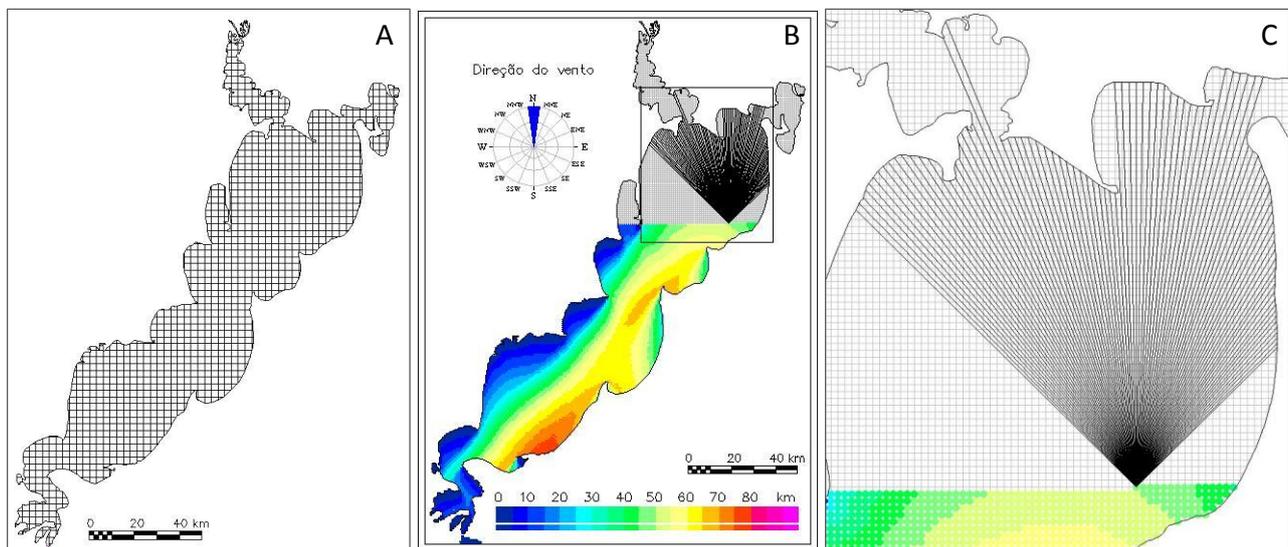


Figura 3 (a) geração de uma malha estruturada quadrangular; (b) processamento propositalmente interrompido para mostrar os nós da malha sendo percorridos; (c) aplicação de parte da Figura 2c

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na aplicação do modelo foi gerada uma malha de 900m de resolução totalizando pouco mais de 15 mil nós. Foram gerados 16 mapas, um para cada direção. A representação das ocorrências dos maiores valores de fetch é representada pela Tabela 1 e pela Figura 4. A localização da ocorrência dos maiores valores é ilustrada pela Figura 5.

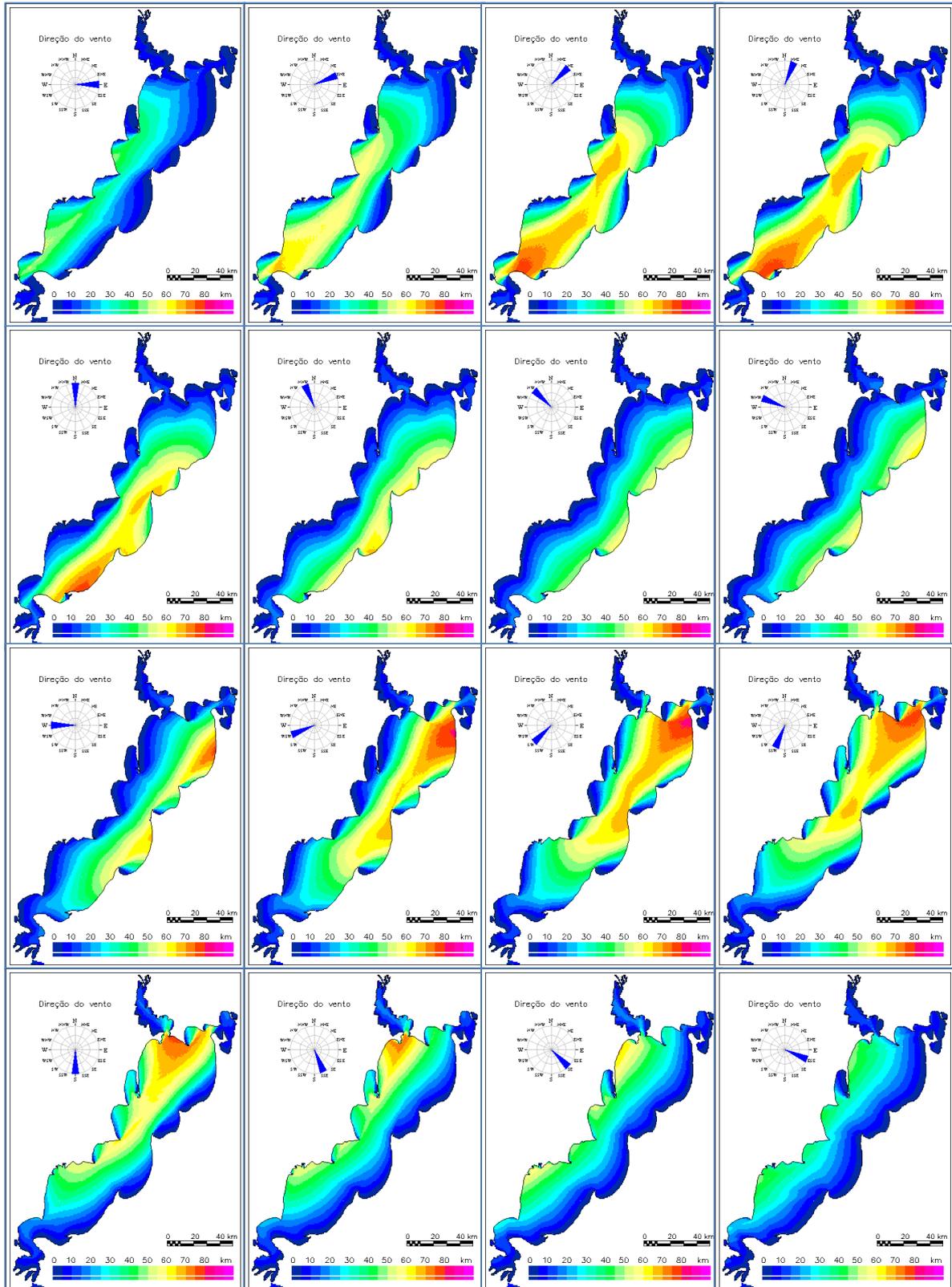


Figura 4 Distribuição do fetch para as 16 direções

Tabela 1 Maior comprimento do fetch para cada direção

Direção	E	ENE	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESSE
Fetch máx (km)	52	68	79	77	76	66	59	63	77	82	82	81	77	73	66	49

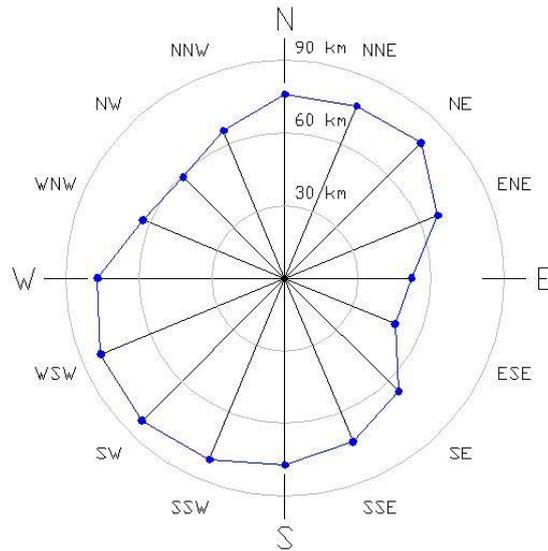


Figura 5 Valores de fetch máximos para cada direção

A ocorrência dos máximos valores de fetch é verificada para ventos que sopram dos quadrantes ímpares, coincidindo com a direção da maior distância livre na superfície da laguna. O valor médio dentre o maior fetch para cada direção é de 70,4 km e a maior extensão é de 82 km para vento vindo tanto de SW como de WSW.

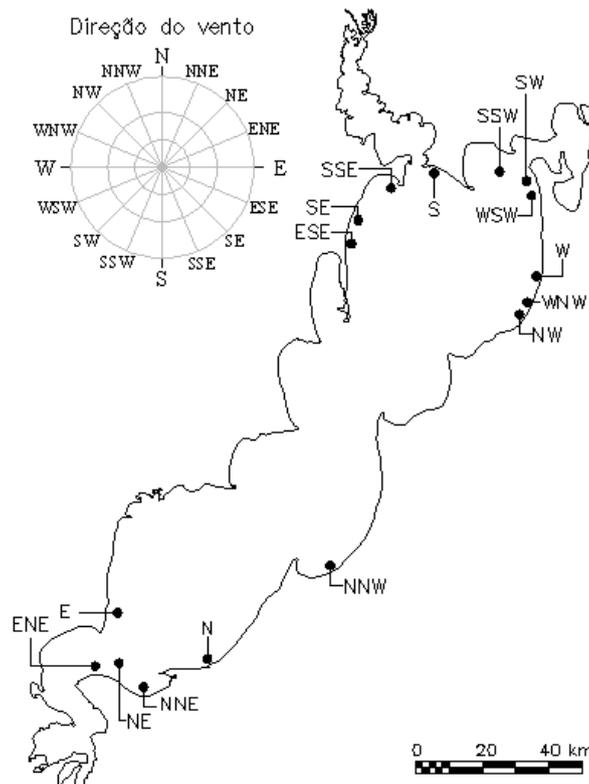


Figura 6 Localização dos maiores valores de fetch para cada direção

## CONCLUSÕES

O método proposto por SAVILLE (1954), de aplicação trabalhosa pelo projetista, por exigir uma excessiva quantidade de operações gráficas, pôde ser aprimorado e aplicado com sucesso pela utilização de processamento computacional. O estudo permitiu a obtenção confiável da distribuição do fetch, representado por mapas temáticos, ao invés de resultados pontuais. A ampliação do conhecimento pela representação bidimensional do fetch poderá permitir novas abordagens, como a elaboração de equações paramétricas concebidas não mais pontualmente, mas com base em resultados bidimensionais gerados por modelos numéricos. Para a Lagoa dos Patos, os máximos comprimentos determinados pelo estudo variam de 49 a 82 quilômetros. Os maiores valores de fetch ocorreram para ventos orientados paralelamente as linhas de costa. O presente trabalho contribuiu de forma significativa para uma definição segura do fetch neste importante corpo de água do Brasil, permitindo tratar o fetch através de uma abordagem bidimensional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALLIARI, L. J., 1980: **Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Laguna dos Patos**. M. S. Thesis, Comissão de curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- CASTELÃO, R. M., E MÖLLER, O. O., 2003: **Sobre a circulação tri dimensional forçada por ventos na Lagoa dos Patos**. Atlântica 25(2):91-106.
- COSTA, C. U., SEELIGER, U. E KINAS, P., 1988: **The effect of Wind velocity and direction on the salinity regime in the lower Patos Lagoon estuary**. Ciência e Cultura 40:909-912
- FERNANDES, E. H. L., DYER, K. R. E MÖLLER, O. O., 2004: **Spatial gradients in the flow of outhern Patos Lagoon**. Journal of Coastal Research 20:102-112
- KAMPHUIS, J.W. (2000). **Introduction to Coastal Engineering and Management**. World Scientific Press, 437 pp..
- MARQUES WC., 2005. **Padrões de variabilidade temporal nas forçantes da circulação e seus efeitos na dinâmica da Lagoa dos Patos, Brasil**. Dissertação de Mestrado, FURG, Rio Grande-RS, Brasil. 118 pp.
- MARQUES, M. ; GUETTER, A. K. ; MANNICH, M. ; FERNANDEZ, R. L. . **Estudo Comparativo da Distribuição do Fetch em Reservatórios**. In: XXV Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 2012, San José. Anais do XXV Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 2012.
- MÖLLER, O. O., LORENZZETTI, J. A., STECH, J. L. E MATA, M. M., 1996: **The Patos Lagoon summertime circulation and dynamics**. Coastal Shelf Research 16:335-351
- SAVILLE, T., 1954. **The effect of fetch width on wave generation**. Journal Technical Memorandum, n. 70, 1954.
- SMITH, N. P., 1994. **Water, salt and heat balance of coastal lagoons**. In B. Kjerfve (ed.), Coastal Lagoon Processes. Elsevier Oceanography Studies, 60:69-101.
- U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, 1983. **Shore Protection Manual**. Third Edition. Washington, D. C.: Department of the Army Corps of Engineers. Volumes 1. 1973.