

MÉTODO RÁPIDO PARA A DETERMINAÇÃO DO FETCH MÁXIMO

Marcelo Marques^{1}; Fernando O. de Andrade²; Elaine P. A. Vital¹; Alexandre K. Guetter³*

Resumo: O fetch, além de constituir-se em um componente fundamental na determinação de elementos relacionados à ação de ondas, pode representar a magnitude dos eventos gerados pela ação do vento em corpos de água continentais. Entretanto, a necessidade de determinação do fetch máximo pode ser insuficiente para justificar investimentos no processo de obtenção de mapas de distribuição do fetch efetivo por meio de modelagem computacional. Com vistas a determinar de modo objetivo o maior fetch para um corpo de água foi concebido o método apresentado pelo presente estudo. Para a etapa de validação do método foram utilizados 384 mapas temáticos concebidos especificamente para este fim.

Palavras-chave: fetch, método rápido, águas continentais

QUICK METHOD FOR DETERMINING THE MAXIMUM FETCH

Abstract: Besides constituting a key component in the determination of elements related to the action of waves, the fetch can represent the magnitude of the events generated by the wind action on continental water. However, the need for determining the maximum fetch may be insufficient to justify efforts in the process of obtaining the distribution maps of the effective fetch by computer modeling. In order to determine objectively the greatest fetch to a body of water, it was developed the method presented by this study. For the validation of the method 384 thematic maps were conceived specifically for this purpose.

Keywords: fetch, fast method, inland water

¹Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Tecnologia, Área de Meio Ambiente, Campus de Umuarama, Paraná: *mmarques@uem.br

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Toledo, Paraná

³Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA), Curitiba, Paraná

INTRODUÇÃO

O maior fetch em um corpo de água representa, mesmo que indiretamente, a magnitude dos eventos gerados pela ação do vento. Deste modo o fetch pode constituir-se em um importante elemento de caracterização do corpo de água quanto à magnitude das perturbações geradas pelo vento.

A obtenção segura do maior valor de fetch para cada direção para qualquer corpo de água interior pode ser feita pela aplicação do conceito da distribuição do fetch através do modelo ONDACAD (Marques & Guetter, 2012).

No entanto, caso o interesse se concentre apenas no maior comprimento absoluto do fetch, o processo de modelagem, apesar de preciso, pode ser bastante laborioso.

Deste modo, através da modelagem de 24 corpos de água de diferentes magnitudes e formatos é apresentado um método rápido para a obtenção do maior valor de fetch para qualquer corpo de água, independentemente de características como dendriticidade, sinuosidade e escala espacial.

FORMULAÇÃO TEÓRICA

Algumas abordagens já foram feitas na tentativa de caracterizar um corpo de água pela atribuição de uma quantidade que o represente. Um destes métodos consiste em determinar o fetch representativo do corpo de água como a raiz quadrada da área do reservatório. Conceitualmente, o método considera a extensão do fetch máximo como sendo equivalente ao comprimento do lado de um quadrado hipotético de área igual à superfície do reservatório. Para que o método pudesse ser testado decidiu-se por aplicá-lo aos Reservatórios de San Roque, na Argetina e Saint Claire, na disvisa entre os Estados Unidos e o Canadá. Pelo aperfeiçoamento do Método apresentado por SAVILLE (1954), foram gerados dezesseis mapas do campo de fetch e selecionado o mapa contendo o maior valor de fetch, conforme Figura 1.

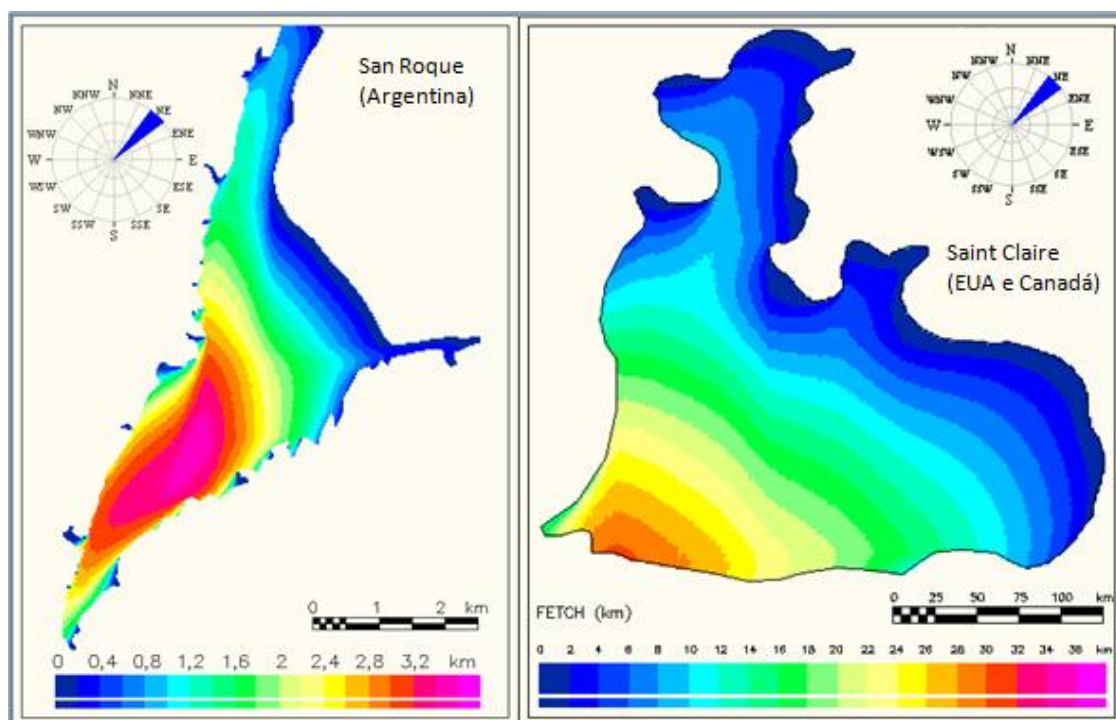


Figura 1 Campo de fetch para o reservatório de San Roque (Argentina) e o lago Saint Claire (EUA e Canadá)

A verificação da equivalência entre os resultados dos métodos é feita pela Tabela 1.

Tabela 1 Aplicação do método do lado do quadrado equivalente a dois reservatórios

Local	Superfície (m ²)	Fetch Máximo (m)	(Superf.) ^{1/2}	Erro (%)
San Roque	1,4x10 ⁷	3.680,0	3.741,66	1,45
Saint Claire	8,6x10 ⁸	28.900,0	29.325,76	1,65

A representação da magnitude do fetch como a raiz quadrada da superfície do corpo de água, como gerou erros inferiores a 2%, poderia ser considerada válida para os locais selecionados. No entanto, aplicando-se o mesmo método aos reservatórios de Jurumirim e Salto Caxias (Figura 2), e comparando os resultados pela Tabela 2, verifica-se a limitação do método.

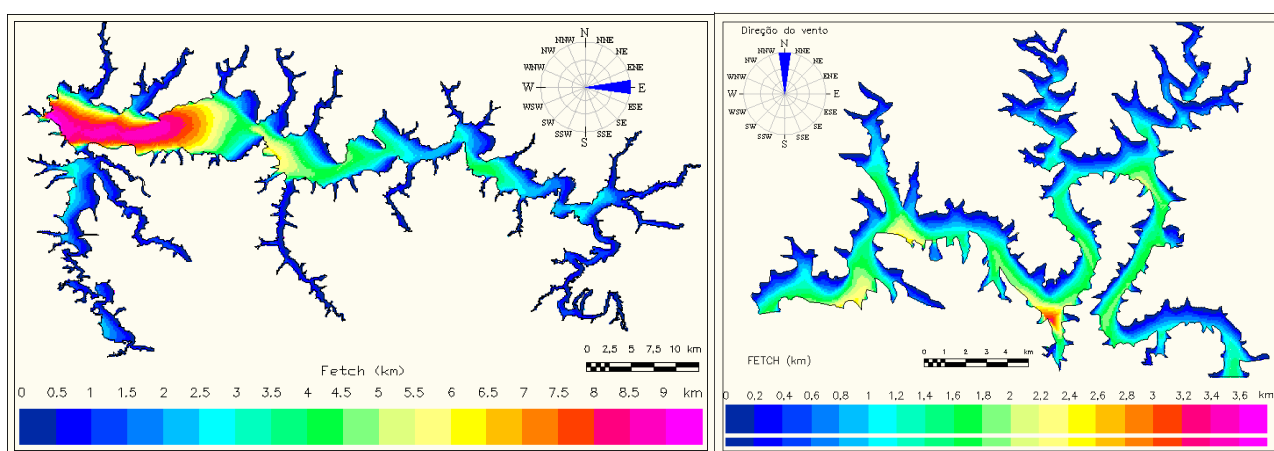


Figura 2 Distribuição do fetch na direção de ocorrência do maior fetch nos reservatórios de Jurumirim e Salto Caxias

Tabela 2 Aplicação do método do lado do quadrado equivalente a dois reservatórios

Local	Superfície (m ²)	Fetch Máximo (m)	(Superf.) ^{1/2}	Erro (%)
Salto Caxias	8,7x10 ⁷	3.310,0	9.327,37	64,5
Jurumirim	4,0x10 ⁸	9.300,0	20.000,0	53,5

Portanto o método não se mostrou suficientemente generalista, especialmente para margens de formato sinuoso e dendrítico.

Outro modelo utilizado na tentativa de caracterizar uma dimensão característica do reservatório consiste em relacioná-la ao raio gerado por uma circunferência hipotética de área igual à superfície do reservatório. Aplicando o método à porção sul do reservatório de Itaipu e ao reservatório de Texoma, no estado Norte-Americano do Texas, verificam-se os resultados pela Figura 3 e pela Tabela 3.

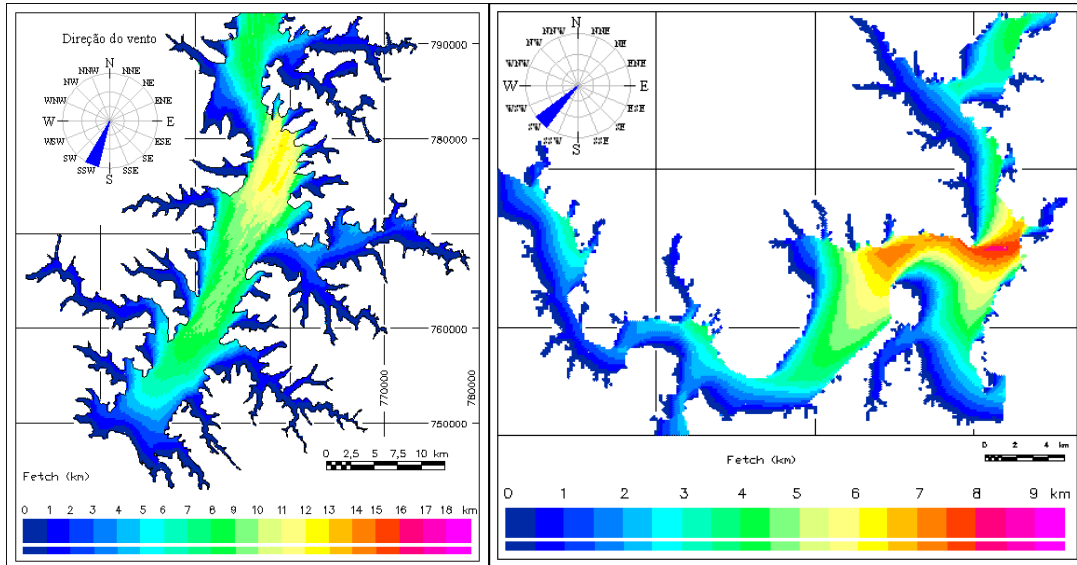


Figura 3 Campo de fetch na direção do comprimento máximo absoluto nos reservatórios de Itaipu e Texoma

Tabela 3 Aplicação do método do raio equivalente a dois reservatórios

Local	Superfície (m ²)	Fetch Máximo (m)	Raio equiv.	Erro (%)
Itaipu (sul)	6x10 ⁸	13.000,0	13.819,75	4,85
Texoma	2,46x10 ⁸	8.420,0	8.848,9	5,93

O método se mostrou adequado para os locais considerados. No entanto, aplicando-se o mesmo método à Lagoa dos Patos e ao reservatório de Los Molinos (Figura 4), e comparando os resultados pela Tabela 4, verifica-se a limitação do método.

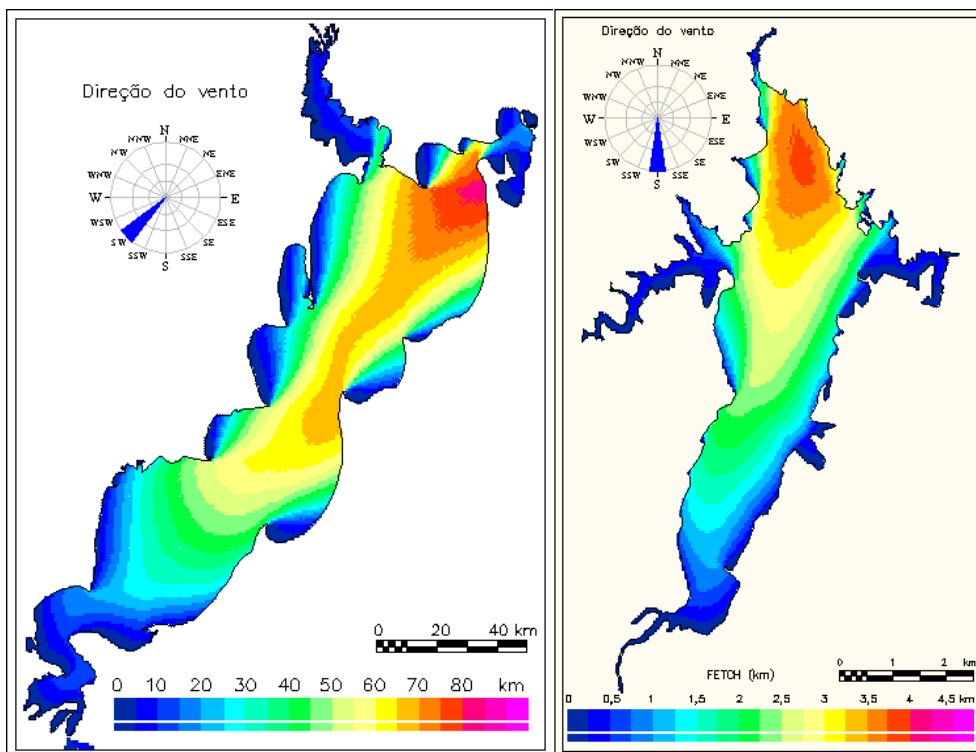


Figura 4 Campo de fetch na direção da maior ocorrência na Lagoa dos Patos (esquerda) e em Los Molinos

Tabela 4 Aplicação do método do raio equivalente a dois reservatórios

Local	Superfície (m ²)	Fetch Máximo (m)	Raio equiv. (m)	Erro (%)
Lagoa dos Patos	9,3x10 ⁹	82.032,0	54.408,41	50,71
Molinos	1,95x10 ⁷	3.910,0	2.431,39	56,94

Pela geração de erros superiores a 50%, este método não se mostrou suficientemente generalista.

Um terceiro método utilizado na determinação de um fetch característico consiste em relacionar a maior extensão do fetch ao comprimento obtido pela relação entre a área e o perímetro do contorno do reservatório. Aplicando o método ao lago Saint Claire, verificam-se os resultados pela Tabela 5.

Tabela 5 Aplicação do método ao Lago Saint Claire

Local	Superfície (m ²)	Fetch Máximo (m)	Área/Perímetro (m)	Erro (%)
Saint Claire	8,6x10 ⁸	28.900,0	28.289,47	2,16

O método se mostrou adequado para o lago Saint Claire. No entanto, aplicando-se o mesmo método aos reservatórios de Porto Primavera e Vossoroca, e comparando os resultados pela Tabela 6, verifica-se a limitação do método.

Tabela 6 Aplicação da relação entre a área e o perímetro para os reservatórios de Porto Primavera e Vossoroca

Local	Superfície (m ²)	Fetch Máximo (m)	Área/Perímetro (m)	Erro (%)
Porto Primavera	1,3x10 ⁹	28.100,0	100.000,0	71,9
Vossoroca	3,4x10 ⁶	1.150,0	3.715,85	69,05

Portanto, nenhum dos métodos se mostrou suficiente generalista para determinar o comprimento do fetch máximo em um corpo de água com uma margem de erro inferior de 50%.

MÉTODO RÁPIDO

Como demonstrado, o fetch máximo não parece estar relacionado com a superfície total ou mesmo o perímetro do Reservatório.

O fetch como extensão de uma linha reta, comumente tratado como Fetch Oceânico, apesar de possuir forte apelo intuitivo, se mostra inadequado para águas com restrição marginal por desprezar a influência da largura do corpo de água na determinação da altura da onda. Deste modo, uma classificação dos corpos de água com base unicamente no maior comprimento livre classificaria como semelhantes corpos de água de diferentes larguras e formas.

O cálculo do fetch efetivo apresentado por Saville (1954), por sua vez, por tratar-se de um processo essencialmente geométrico, raramente é influenciado por toda a extensão do reservatório. Para locais de formatos mais ou menos regulares, há grande chance de que as linhas auxiliares que geram o maior fetch alcance todo o reservatório.

Já para casos de formato dendrítico ou sinuoso, a determinação do fetch efetivo geralmente restringe-se a subáreas, invalidando métodos que considerem a totalidade da superfície do reservatório.

Deste modo, uma solução generalista para a determinação do fetch parece apontar para um método, tão geral quanto possível, de delimitação da região que contribui efetivamente para a obtenção do fetch máximo.

Isto considerado, o problema passa a ser determinar a maior superfície livre do reservatório, a qual deve corresponder a uma subárea, e relacioná-la à maior extensão do fetch verificado no local.

Considerando estes fatores e após a geração de trezentos e oitenta e quatro mapas e inúmeras abordagens buscando uma correlação, chegou-se ao método aqui apresentado. O método tem o objetivo de determinar de modo rápido o maior fetch efetivo em um corpo de água qualquer seguindo o seguinte procedimento: (1) traça-se o maior segmento de reta livre no interior do corpo de água. Este comprimento é convencionado como o comprimento L_1 . (2) Em seguida traça-se um segundo segmento de reta livre, tão extensa quanto possível, perpendicular à primeira, de comprimento L_2 . A composição das linhas dá origem a um losango. A aplicação do método para diferentes corpos de água está ilustrada pela Figura 5.

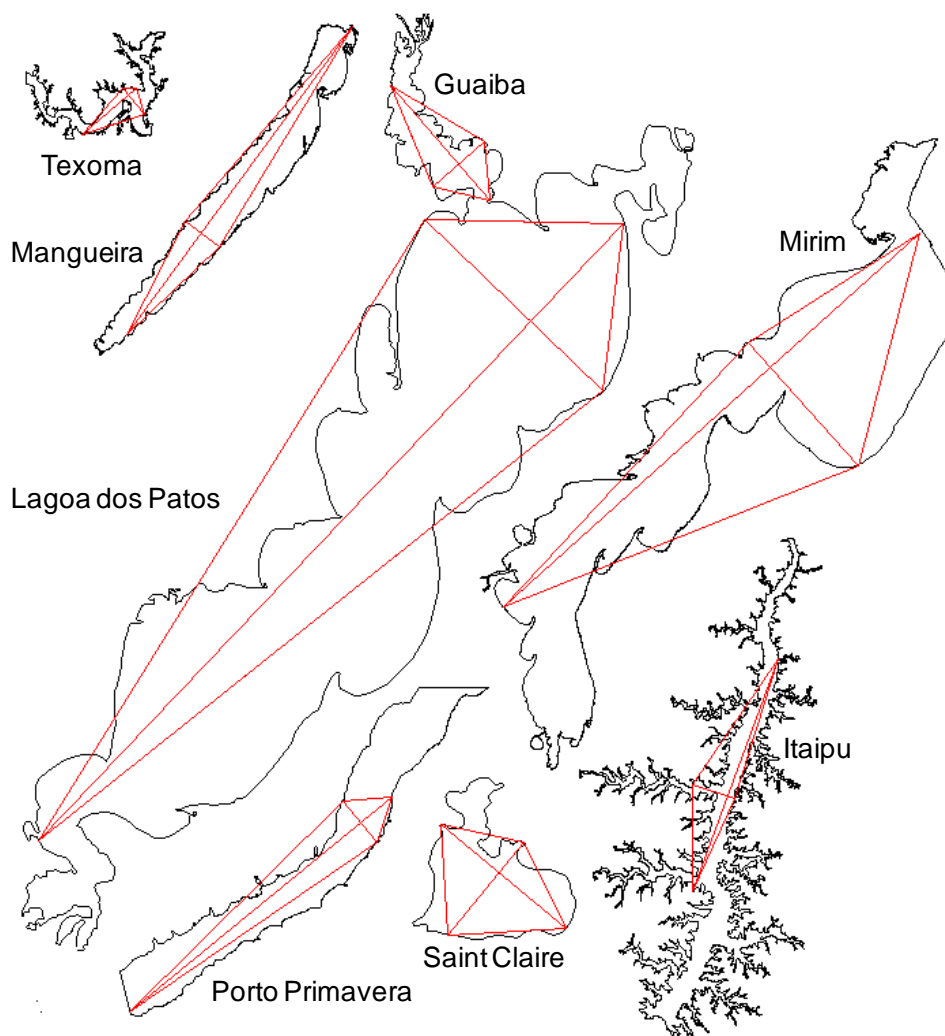


Figura 5 Representação sob a mesma escala, dos comprimentos L_1 e L_2 para oito dos vinte e quatro corpos de água

A área do losango é facilmente determinada como a metade do produto entre os dois comprimentos obtidos. O maior fetch no corpo de água é determinado pela equação 2.

$$F_{\text{máx}} = ((L_1 \cdot L_2)/2)^{1/2} \quad [2]$$

Portanto a maior extensão do fetch efetivo para o reservatório é obtido através de uma operação matemática elementar: extraindo-se a raiz quadrada da área do losango gerado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A validação do método consistiu em processo criterioso e trabalhoso. Investiu-se na geração de 16 mapas de distribuição de fetch para cada um dos 24 reservatórios, totalizando 384 mapas. Cada um dos mapas, semelhantes aos mapas das Figura 1 à Figura 4, foi gerado com uma resolução mínima de quinze mil pontos. Com base nos dezesseis mapas para cada reservatório foi extraído o fetch efetivo máximo, representando um ponto no diagrama da Figura 6. Note que nem a direção, nem a localização do maior fetch são de interesse do método.

Este procedimento gerou tantos pontos quanto são os reservatórios, representados pela Figura 6. Os resultados estão resumidos pela Tabela 7.

Por tratar-se de um método geométrico, a simplicidade do método torna possível a obtenção do maior fetch, por exemplo, diretamente sobre imagens de satélite pela utilização de programas de acesso gratuito, como o Google Earth.

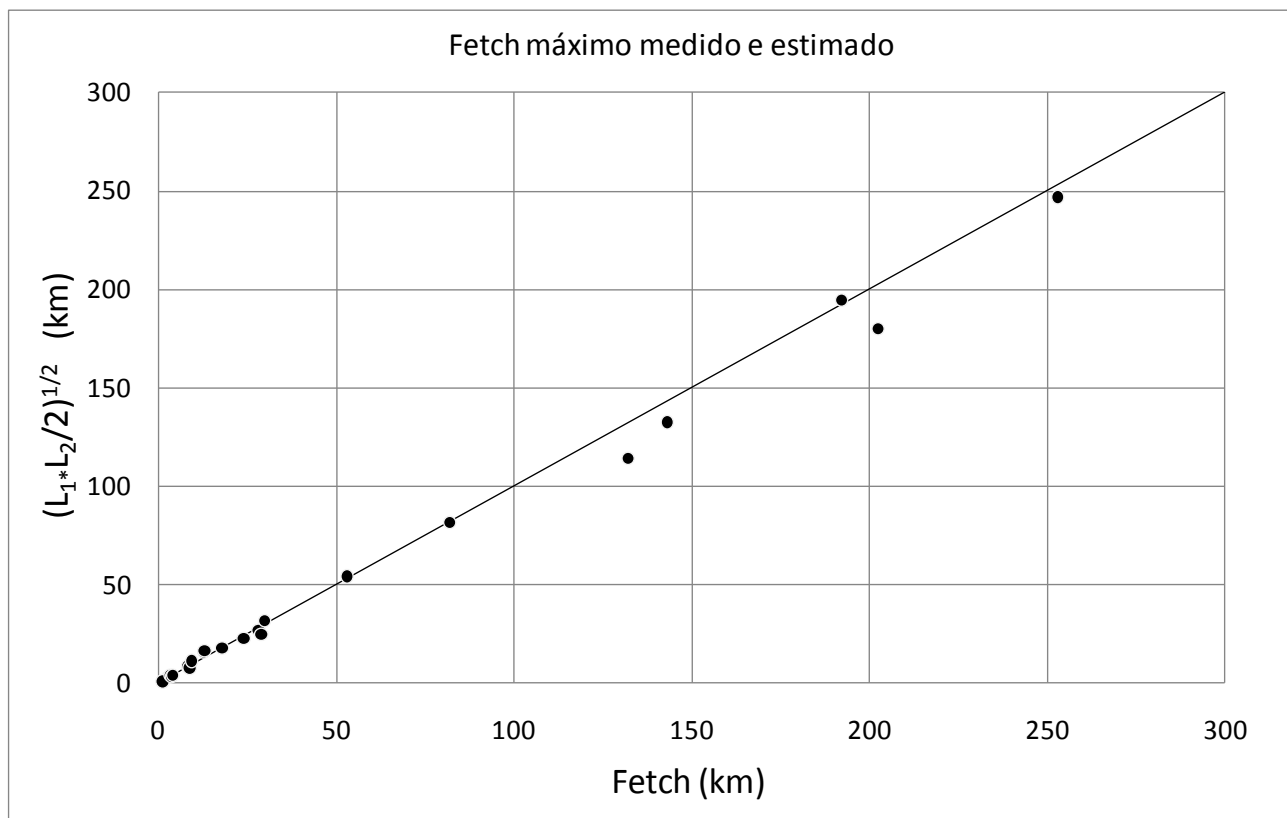


Figura 6 Comparação entre fetch máximo calculado de modo direto e indireto

Tabela 7 Erro devido à estimativa do fetch máximo

	Local	$(L1 \times L2 / 2)^{0,5}$	Fetch máx (m)	erro (%)
1	Foz do Areia	2602,07	2436	6,4
2	Vossoroça	1086,44	1150	5,9
3	Salto Caxias	4047,22	3310	18,2
4	San Roque	3370,68	3680	9,2
5	Molinos	4193,56	3910	6,8
6	Denison	8399,40	8300	1,2
7	Texoma	8884,99	8420	5,2
8	Carlyle	7997,00	8700	8,8
9	Jurumirim	11373,61	9300	18,2
10	Ilha Solteira	15773,71	12700	19,5
11	Itaipu-sul	16409,75	12900	21,4
12	Itaipu	16384,44	12900	21,3
13	Guaíba	18048,68	17920	0,7
14	Mangueira	22756,98	23900	5,0
15	Porto Primavera	27037,01	28100	3,9
16	St Claire	25024,79	28900	15,5
17	Sobradinho	32017,18	29800	6,9
18	Mirim	54350,25	53100	2,3
19	Lagoa dos Patos	81902,38	82000	0,1
20	Ontario	114377,45	132000	15,4
21	Erie	132758,24	143000	7,7
22	Huron	194715,18	192000	1,4
23	Michigan	180263,70	202500	12,3
24	Superior	246921,04	253000	2,5
Erro Médio (%)				9,0

Pela Tabela 7 verifica-se que a aplicação do Método Rápido ficou relacionada a um erro médio de 9%. O maior erro foi de 21,4%, relacionado à porção sul do Reservatório de Itaipu. Os resultados mostraram que o erro não está associado às dimensões do corpo de água. O reservatório de Vossoroça gerou desvios da ordem de 5% compatíveis com a Lagoa Mangueira, de fetch máximo 20 vezes superior. O desvio também não mostrou relação com o formato dendrítico e por vezes sinuoso do reservatório. O reservatório de Foz do Areia, provavelmente o mais dendrítico e sinuoso dentre os corpos de água modelados, gerou desvios da mesma ordem do reservatório Los Molinos, na Argentina, de contorno bem menos irregular e sem sinuosidade.

CONCLUSÕES

A concepção do método apresentado baseou-se no pressuposto de que o maior fetch não é necessariamente condicionado por toda a superfície do corpo de água. A detecção desta sub-região é feita pela identificação de dois comprimentos fundamentais, os quais podem ser facilmente obtidos com o auxílio de mapas ou imagens de Satélite.

A etapa de validação foi realizada pela modelagem computacional de 24 corpos de água de diferentes dimensões e formas totalizando 384 mapas.

Os desvios determinados não mostraram correlação com a dimensão do fetch máximo nem com o grau de irregularidade do formato da margem. Com base no desvio médio da ordem de 9% pode-se afirmar que se trata de um método promissor na determinação de modo rápido, do comprimento do maior fetch em um corpo de água continental.

A determinação confiável do maior comprimento do fetch permite prever a magnitude de elementos e fenômenos relacionados às ondas, e que dependem da determinação prévia do fetch como a altura, o período, o comprimento, a celeridade, a profundidade de mistura pela ação de ondas e a tensão no fundo devido à sua propagação.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA) da Universidade Federal do Paraná pelo financiamento da bolsa de doutorado; à Universidade Estadual de Maringá pela licença para estudos do primeiro autor; à CAPES pela bolsa de Pós-doutorado do segundo autor; ao Núcleo de Pesquisa em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (NUPEHIDRO).

REFERÊNCIAS

- ASHTON, A. D.; MURRAY, A. BRAD ; LITTLEWOOD, RYAN ; LEWIS, DAVID A. ; HONG, PAULINE. Fetch-limited self-organization of elongate water bodies. **Geology**, Vol.37, p.187, Feb, 2009.
- MARQUES, M.; GUETTER, A. K.; MANNICH, M.; FERNANDEZ, R. L. (2012). **Estudo comparativo da distribuição do fetch em reservatórios** In: XXV Congresso Latinoamericano de hidráulica. San Jose, Costa Rica. Set/2012.
- MURTOJÄRVI, M.; SUOMINEN, T.; TOLVANEN, H.; LEPPÄNEN, V.; NEVALAINEN, O. S. **Quantifying distances from points to polygons - applications in determining fetch in coastal environments. Computers and Geosciences**, Vol.33, pp.843-852, 2007.
- NORDSTROM, K. F. ; JACKSON, N. L. Physical processes and landforms on beaches in short fetch environments in estuaries, small lakes and reservoirs: A review. **Earth-Science Reviews**, Vol.111, pp.232-247. 2012.
- SAVILLE, T. et al The effect of fetch width on wave generation. **Journal Technical Memorandum.**, Washington, D.C, n. 70, 1954.
- TOLVANEN, H. & SUOMINEN, T. Quantification of openness and wave activity in archipelago environments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 64, 436-446. Elsevier, 2005.
- CERC - Coastal Engineering Research Center. **Shore Protection Manual**. Department of the Army Corps of Engineers, vol.1/2, Whashington D. C., 1973.