

Estudo da resposta hidrodinâmica de um lago costeiro submetido a cenários de vento constante através do modelo MIKE21. Caso da Lagoa do Peri, Florianópolis – SC.

Gabriela da Silva
Davide Franco
Felipe Bier

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo inicial da hidrodinâmica da Lagoa do Peri induzida por ventos constantes através do modelo MIKE21. Avalia-se a resposta do modelo para aplicação dos ventos sul e nordeste em três batimetrias distintas: duas simplificadas (elíptica e elíptica com esporão triangular) e a batimetria real. Verificou-se que a batimetria elíptica não representa as feições formadas no lago real, enquanto que a triangular as representou parcialmente. A mudança na direção do vento alterou os giros no lago, enquanto a mudança na intensidade do vento os mantém. A intensidade da corrente formada não apresentou alterações significantes para mudança na direção em comparação aos resultados obtidos pela mudança na intensidade. Fez-se um estudo de transporte de partículas para batimetria real. Para partículas dispersas no primeiro metro da coluna d'água temos as partículas acumularam-se à oeste quando aplicado vento sul e ao leste, quando aplicado vento nordeste. As partículas dispersas nos três primeiros metros da coluna d'água permaneceram por mais de 9 dias dispersas no lago nos giros formados.

Palavras-chave: hidrodinâmica, lago costeiro, vento.

Assinatura do Orientador: Prof Dr Davide Franco

1. Introdução e Objetivos

Lagoas costeiras são ecossistemas importantes por sua atuação na produção de nutrientes para sistemas costeiros, preservação da biodiversidade e, principalmente, por possibilitar usos múltiplos de sua água. Para tanto, é necessário o manejo adequado e monitoramento desses corpos, evitando assim, problemas decorrentes de sua exploração, como a qualidade de água disponível e a presença de microrganismos com capacidade de liberar substâncias tóxicas na água, como as cianobactérias. A Lagoa do Peri é o objeto deste estudo e tem grande importância para a sociedade local. Trata-se do maior reservatório natural de água doce de Florianópolis e abastece o sistema Costa Leste/Sul (CASAN, 2016). Além disso, está localizado no Parque da Lagoa do Peri, um dos principais ecossistemas em estágio de preservação e regeneração da Mata Atlântica original, classificado como área de Floresta Remanescente e patrimônio Natural do Município de Florianópolis (PENTEADO, 2002). Os gestores deste lago enfrentam problemas com a floração de cianobactérias com alta capacidade de liberar toxinas. Diversos estudos relacionam a ocorrência de florações de cianobactérias às condições morfológicas e climáticas de um corpo de água (HENNEMANN; PETRUCIO, 2010, TEIVE; LISBOA; PETRUCIO, 2008). No caso da Lagoa do Peri, supõe-se que um dos principais indutores de correntes, ou seja, agentes motores da dinâmica da massa de água (hidrodinâmica) é o vento. Apesar deste fato, são inexistentes estudos da hidrodinâmica da Lagoa do Peri. Pretende-se iniciar um estudo para preencher esta lacuna e auxiliar as pesquisas já existentes na região da Lagoa do Peri, que buscam melhorar o monitoramento e manejo da região. Frequentemente utiliza-se de batimetrias simplificadas para auxiliar, através de extrapolação dos resultados obtidos, na compreensão de processos mais complexos, e, portanto, mais reais (ANNYAH; SEMAZZI, 2009; LAIRD; WALSH; KRISTOVICH, 2003). Além disso, é possível analisar se esses resultados podem ser utilizados para prever o comportamento hidrodinâmico em lagos de dimensões similares. Ventos constantes também podem representar os ventos locais mais frequentes e intensos. O objetivo geral deste trabalho é compreender a resposta, através de um modelo hidrodinâmico bidimensional, de um lago costeiro, raso, e de pequenas dimensões, baseando-se nas características físicas da Lagoa do Peri, ao ser submetido a determinados cenários de vento constante. Para isso são estudadas as respostas para batimetria real e simplificadas, para as quais se aplica vento com diferentes direções (nordeste e sul) e intensidades (4 e 8 m/s).

2. Revisão Bibliográfica

Segundo Kjerfve e Magill (1989), lagunas podem ou não sofrer influência de marés e salinidade; e, variam, portanto, de lagos costeiro de águas doces a lagunas hipersalinas. O ambiente estudado, a Lagoa do Peri, apresenta características peculiares: sua profundidade é maior que a maioria dos sistemas classificados como lagoas, além disso, não sofre influência de maré e salinidade. Adotou-se, portanto, esta classificação, em que este corpo d'água é tido como: lago costeiro de água doce, por não sofrer influência da maré e salinidade; e sufocado, de acordo com a geomorfologia de sua ligação com o oceano. Apresenta assim, tempo de residência alto e determinado, principalmente, pelo parâmetro da vazão dos rios (afluentes e sangradouro), onde a força dominante é o vento, e desconsidera-se o transporte causado por circulação gravitacional e/ou volume perdido por evaporação, devido sua pequena área superficial (5,07 km²).

A resposta do corpo d'água devido à atuação do vento é função da intensidade, direção e comprimento da pista de atuação, da ausência ou presença de estratificação e da geometria do lago. As principais feições de larga escala formada por ventos em lagos são os giros e seiches. Os giros são movimentos circulatórios, estabelecidos pelo vento ou outra força motora os quais detêm grande parte da energia dos agentes externos. Sua formação em lagos deve-se à atuação do vento em águas com profundidades e cisalhamento de fundo distintos (JI; JIN, 2016). Além da formação de giros, o vento induz diferenças no nível superficial da água em diferentes regiões de lagos e lagoas. Quando a atuação do vento cessa, ocorre um fenômeno chamado *seiching*, ou oscilação natural do corpo d'água (DEAN; DALRYMPLE, 1984). Esses dois fenômenos são também responsáveis por grande parte do transporte de sedimentos, nutrientes e algas no lago (JI; JIN, 2016, BELETSKY, 1999). O período de oscilação do seiche pode ser calculado através da fórmula de Meridian (equação 1), onde L é a comprimento da pista de atuação do vento, n é o número do harmônico da onda, g é a aceleração da gravidade e h é a profundidade média do lago.

$$T = \frac{2L}{n\sqrt{gh}} \quad (1)$$

Contrariamente à ação do vento sobre a superfície de água, a rugosidade de fundo age sobre as camadas mais profundas, desacelerando-as. A tensão cisalhante de fundo representa a resistência ao escoamento e é apresentada nas equações da hidrodinâmica. Este valor depende dos sedimentos de fundo do corpo d'água em questão, e pode ser expresso por um coeficiente de resistência. As equações que descrevem este movimento são as equações de Navier-Stokes, baseadas em evidências físicas e experimentais. Para solucionar este conjunto de equações utiliza-se da equação da conservação de massa (ABBOTT; BASCO, 1989). Para estudos de hidrodinâmica de corpos de águas rasas são adotados os modelos hidrodinâmicos bidimensionais horizontais (2DH) que utilizam da integração das equações de momento de Navier Stokes e da continuidade na direção z .

3. Área de Estudo: Lagoa do Peri

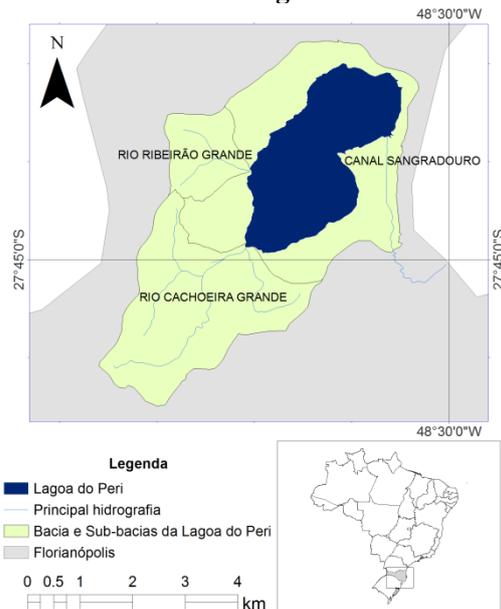


Figura 1 – Localização da Lagoa do Peri, Bacia Hidrográfica e Hidrografia.

A Lagoa do Peri localiza-se na costa sudeste de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, região sul do Brasil, entre os paralelos: 27°43'00" e 27°45'00" de latitude Sul e entre 48°30'30" e 48°32'30" de longitude Oeste. A área da Bacia Hidrográfica do Peri delimita o Parque Municipal da Lagoa do Peri. Os principais mananciais da Bacia da Lagoa do Peri são os rios Cachoeira Grande e Ribeirão Grande (PENTEADO, 2002, TEIVE; LISBOA; PETRUCIO, 2008).

3.1 Dados Meteorológicos

Baseando-se nos estudos de Souza e Schettini (2014) e Rodrigus, Franco e Sugahara (2004), e nos dados das normais climatológicas no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Verificou-se que o vento mais frequente na região é o vento norte e o mais intenso, o sul. Tendo em vista o relevo que impede a entrada de ventos oeste e norte, optou-se por simular os ventos de direções: nordeste (22° e 38°) e sul (180°). As intensidades utilizadas foram de 4 e 8 m/s.

3.2 Batimetrias Real e Simplificadas

Os dados utilizados para contorno de fundo do modelo foram: a batimetria de JRNOVO (2014), e, os pontos de altimetria extraídos do modelo numérico de terreno (MNT) da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (SDS). Os dados batimétricos foram cedidos pela CASAN (JRNOVO, 2014), o levantamento foi feito de agosto a outubro de 2013 pela empresa JRNOVO Serviços Técnicos Ltda. Os dados foram ajustados à mesma cota vertical, com referencial no nível do mar, e horizontal, SIRGAS2000, e unidos em uma grade regular de 15 metros. A partir do estudo das características físicas da Lagoa do Peri, como: volume, área, profundidade e dimensões máximas (Tabela 1). Duas batimetrias simplificadas foram criadas, uma elíptica simples e e outra que apresenta um esporão triangular na parte central t . A Figura 2 apresenta a batimetria real r e t .

Tabela 1 – Características das batimetrias simplificadas e e t , e, real r .

Característica	Batimetria		
	r	e	t
Largura da lagoa no estrangulamento [km]	0,95	-	0,97
Comprimento Máximo [km]	4,0	4,0	4,0
Profundidade Máxima [m]	13,0	13,0	13,0
Área Superficial [km ²]	5,07	5,02	4,87
Volume [hm ³]	35,74	38,33	35,48
Rotação do eixo longitudinal [°]	38	38	38

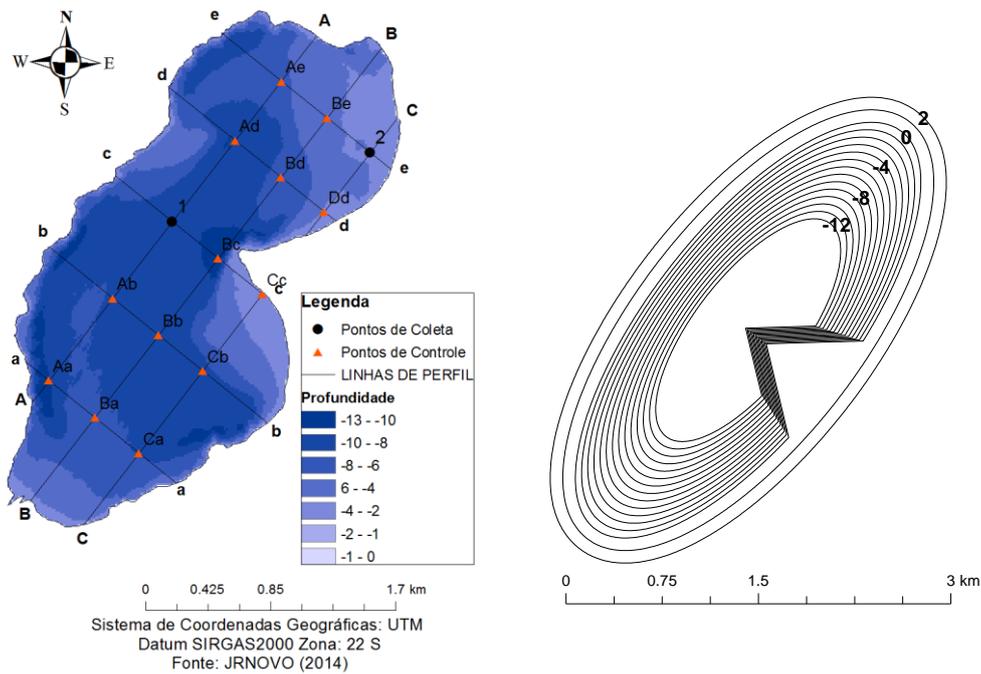


Figura 2 – Profundidade do lago real e curvas de nível da batimetria criada.

3.3 Rugosidade

A partir dos dados da tabela de Abbott e Basco (1989), atribuíram-se valores de coeficiente de rugosidade absoluto para cada um dos sedimentos encontrados na Lagoa do Peri por Oliveira (2002). Os pontos de distribuição dos coeficientes de Chezy foram entrada para as simulações das quais se utilizou a batimetria real. A partir desses dados foi possível calcular a média do Coeficiente de Chezy na Lagoa do Peri, que é de $65,7 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$, valor utilizado para as batimetrias simplificadas.

4. Materiais e Métodos

4.1. Parâmetros do Modelo Hidrodinâmico e Simulações

Parte-se de estudo de processos simplificados. Aplicam-se ventos constantes na batimetria real e constroem-se duas batimetrias simplificadas. Para tanto, será utilizado um modelo hidrodinâmico bidimensional, MIKE21HDFM. O segundo apresenta as mesmas características do primeiro com a adição de um estrangulamento, característico da Lagoa do Peri, em sua porção média, chamada de batimetria t. As malhas criadas têm elementos triangulares. A malha da batimetria ideal tem 2614 nós e 4748 elementos, enquanto a malha da batimetria real tem 2789 nós e 5031 elementos. A forçante do modelo é o vento constante que varia em direções nordeste 22° e 38° e sul 180° , e intensidade 4 e 8 m/s. As simulações feitas estão apresentadas na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Informações das simulações realizadas.

Simulação	Vento		Batimetria	Módulo
	θ [$^\circ$]	u_w [m/s]		
1	22	4	t	H
2	22	4	e	H
3	22	8	t	H
4	22	4	r	H e PT
5	38	4	t	H
6	180	4	t	H
7	180	8	t	H
8	180	4	r	H e PT

5. Resultados e Discussão

5.1. Batimetria

Para apresentar a comparação entre os resultados das simulações tomou-se para cada item uma simulação como referência, a qual foi atribuída o nome V_R para a velocidade e E_R para a energia. As Figura 3 (A e B) e Figura 4 apresentam os resultados de circulação, obtidos através das simulações 1, 2 e 4, para os quais, aponta-se:

- A batimetria e (A) apresenta dois giros de sentido contrário, feições apresentadas por outros estudos (JÓZSA, 2006; ANNYAH; SEMAZZI, 2009). Porém não representa a circulação formada no lago real (C);
- A batimetria t (B) apresenta formação de giros semelhantes à batimetria r (C);
- A intensidade da corrente é semelhante em A e B, mas apresenta valores inferiores em C.

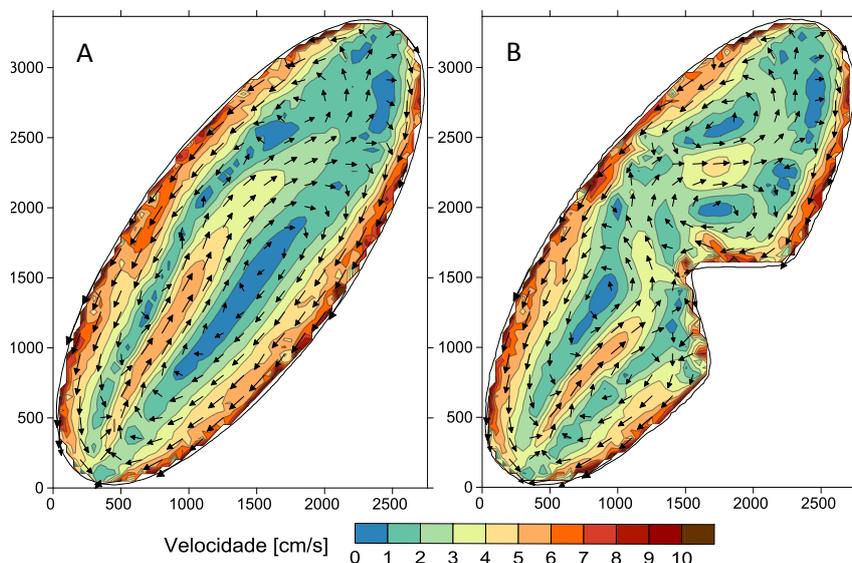


Figura 3 - Circulação final para as simulações 1 (B) e 2 (A).

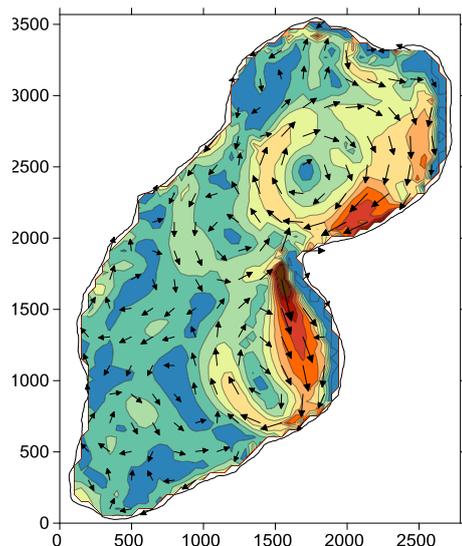


Figura 4 - Circulação final para a simulação 4.

Toma-se como referência o resultado de velocidade média da corrente formada na batimetria t , apresenta-se a Tabela 3 com a relação entre a velocidade média da corrente para as simulações 1, 2 e 4.

Tabela 3 – Velocidade média para simulações 1, 2 e 4.

Batimetria	Velocidade Média [cm/s]	Relação V/VR
t	3,70	-
e	3,95	1,07
r	2,25	0,61

As batimetrias t e e apresentam velocidade média semelhante enquanto que em r a velocidade é inferior em 39% V_R .

A partir desses resultados pode-se afirmar que o esporão é característica fundamental na formação dos giros na Lagoa do Peri. Entretanto, não deve ser responsável pela atenuação da

intensidade da corrente, papel que deve ser da irregularidade do fundo ou da variação da rugosidade de fundo.

5.2. Direção

Para os resultados obtidos através das simulações 5 e 6 a Figura 5 apresenta o resultado de circulação. Observa-se que, assim como para a simulação 1, formou-se o giro ciclone ao norte do lago em 5 e 6. A circulação resultante da simulação 5 é semelhante à 1, formam-se os mesmos giros, no entanto, ao norte o giro ciclone ocupa uma área maior. Para simulação 6 também observou-se semelhança ao resultado obtido com mesmo vento aplicado à batimetria r .

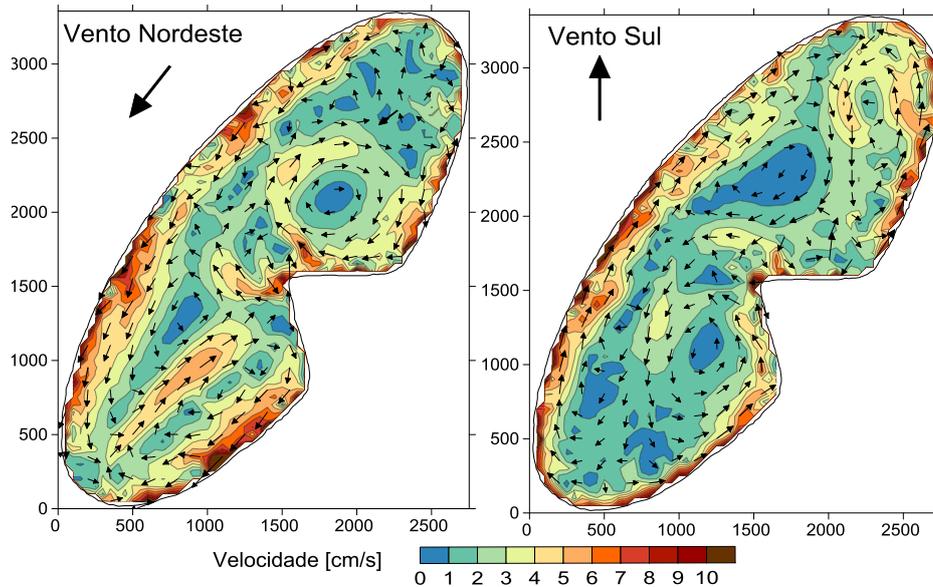


Figura 5 - Circulação para as simulações 5 e 6.

O resultado da simulação 1 foi utilizado como referência para esta análise. A Figura 6 apresenta a relação entre a velocidade (à esquerda) e energia (à direita) formada na simulação 1 e 6. A ordem de grandeza varia de $1\% V_R$ a $10V_R$ e $0,1\% E_R$ a $100E_R$. No detalhe 1, observa-se que a relação é alta no centro do giro ciclone formado pelo vento nordeste. A Tabela 4 apresenta os resultados para velocidade média. Os resultados mostram que a diferença entre as médias formadas é pequena (de 2 a 8%).

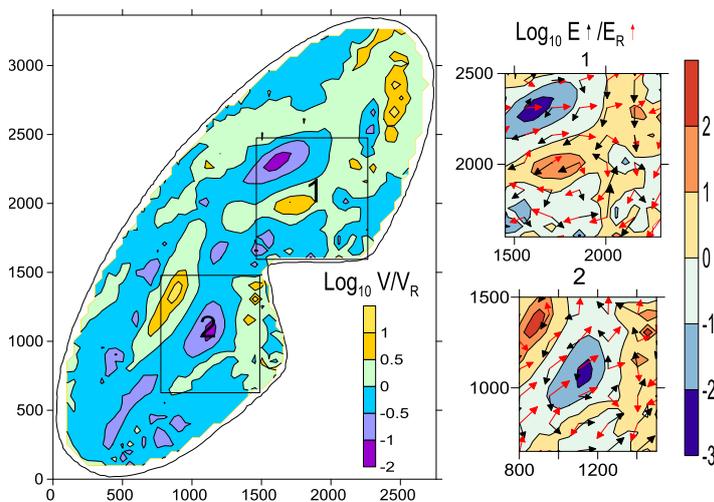


Figura 6 – Relação de Velocidade e Energia entre as simulações 1 e 6.

Tabela 4 – Velocidade média das simulações 5 e 6.

Vento	Velocidade	
	Média [cm/s]	V/V _R
Nordeste 38°	3,64	0,98
Sul	3,43	0,92

5.3. Intensidade

As simulações com intensidade de 4 e 8 m/s mostraram formação dos mesmos giros para vento sul e nordeste. Com relação à velocidade média da corrente, esta se mostrou superior em 108% do valor obtido com vento de intensidade de 4 m/s. A Figura 7 apresenta a relação entre a velocidade (à esquerda) e energia (à direita) formada na simulação 7 e 6, tomando-se como referência a simulação 6. A grandeza das relações apresentadas varia de 10% V_R a $3V_R$ e 3% E_R a $10E_R$. Observa-se que predomina o valor de $\log_{10} \frac{V}{V_R} > 0,25$, o que indica que na maior parte do lago a velocidade aumentou mais que $1,78V_R$, no entanto as relações apresentadas no item anterior apresentaram maiores grandezas.

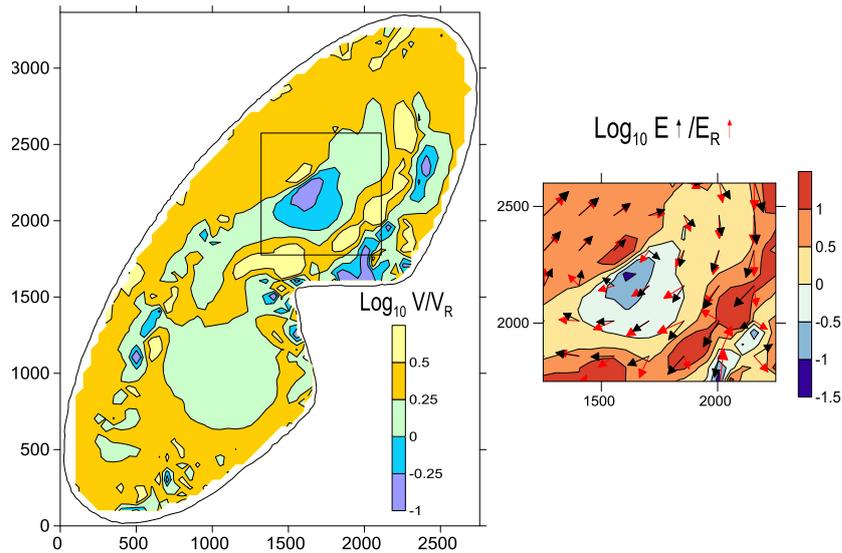


Figura 7 - Circulação para as simulações 6 e 7.

A Figura 8 abaixo apresenta o histograma das velocidades das simulações feitas para a batimetria t com diferentes direções (22° , simulação 1, 38° , simulação 5, 180° simulação 6) e intensidades (vento sul com intensidade de 8 m/s, simulação 7). Destaca-se o ponto a partir do qual a simulação com vento sul de intensidade de 8 m/s apresenta valores acima das demais.

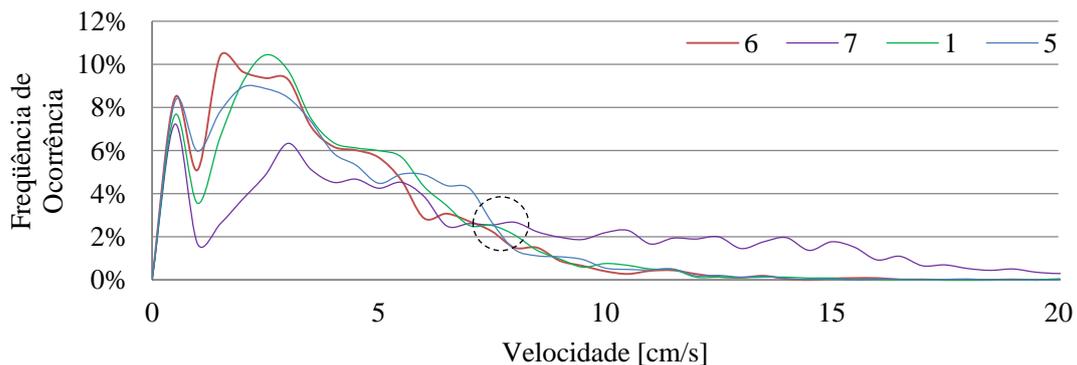


Figura 8 – Frequência de ocorrência de intensidade das correntes das simulações 1, 5, 6 e 7.

5.4. Elevação da Superfície

Por fim, analisou-se a elevação da superfície do lago. **Figura 10** mostra a diferença de nível causada pela atuação dos ventos constantes sul à 8m/s e nordeste 38° à 4m/s. A atuação do vento nordeste, paralela ao maior comprimento do lago idealizado, provoca elevações na extremidade sul. O vento sul, por sua vez, causa elevações de nível na porção norte, que se estendem no sentido leste-oeste do lago. A ordem de grandeza é de milímetros, sendo que na maior parte do lago esta varia, no máximo, décimos de milímetros. A elevação máxima apresentada pelo vento nordeste a 4 m/s é de

5,37 milímetros. Para o vento sul de 8 m/s, obteve-se valor máximo de 6,26 milímetros. A batimetria r apresentou resultados semelhantes com elevação máxima de 2 mm em relação ao nível inicial e máxima diferença de 6 mm entre o nível mais alto e o mais baixo.

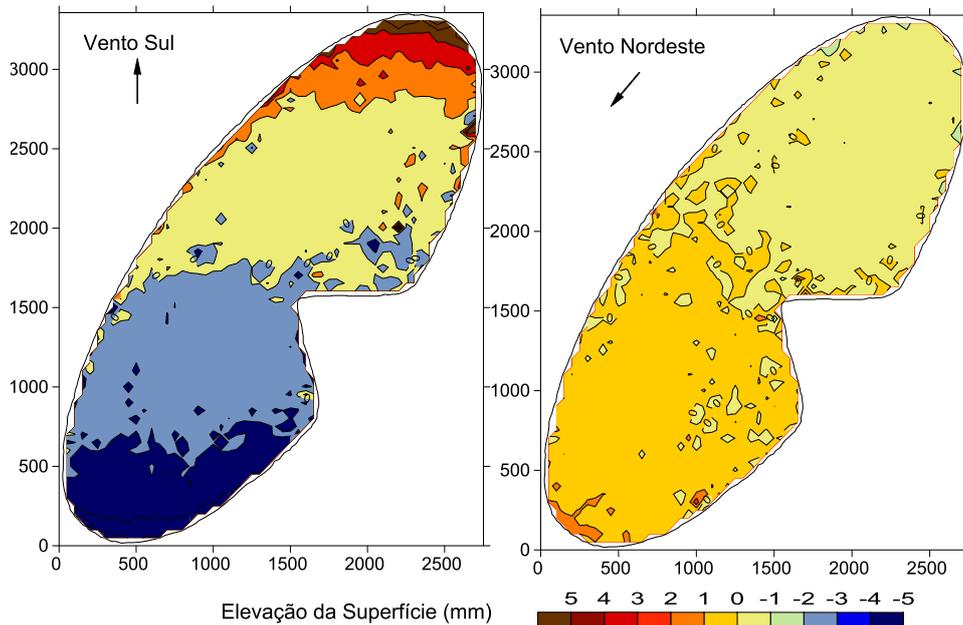


Figura 9 - Circulação para as simulações 5 e 6.

Calculou-se o período fundamental de oscilação deste lago através da fórmula de Meridian, para a simulação 7 na batimetria t e r (T_t e T_r , respectivamente). O resultado analítico e do modelo mostraram-se semelhantes. $T_t=15$ minutos, $T_r=16$ minutos e $T_{modelo}=14$ minutos (Figura 10).

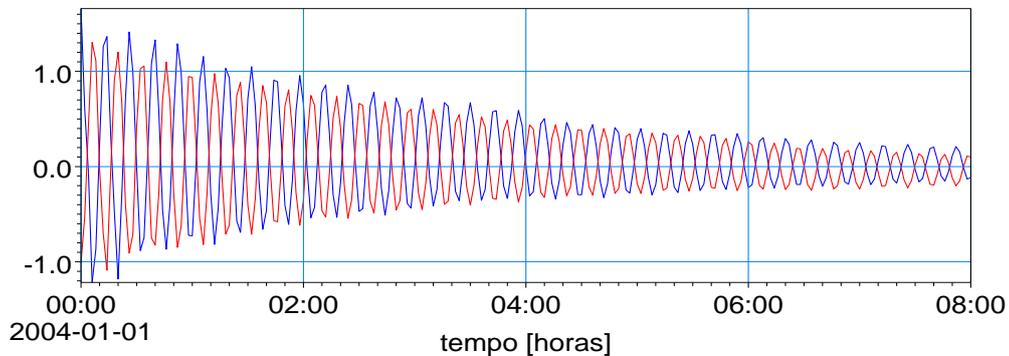


Figura 10 – Oscilação da onda fundamental do lago – fenômeno de seiche. Período obtido de 14 minutos.

5.5. Movimento de Partículas

Com intuito de investigar a mistura da massa de água superficial e o movimento de partículas nela contidas, de forma a ilustrar o movimento das cianobactérias, foi incluído o módulo *Particle Tracking* do *MIKE21 Flow Model* para as simulações na batimetria r . Neste módulo, utiliza-se o método de discretização Lagrangeano. Dividiu-se o lago em oito regiões de cores distintas para observar a mistura da massa no sentido leste-oeste e norte-sul. A distribuição das partículas é feita aleatoriamente pelo modelo, sendo que é possível determinar o número de partículas e a espessura da camada na qual elas se distribuem. Determinaram-se duas camadas de dispersão das partículas do modelo: O cenário de risco alto foi definido para partículas distribuídas em 1 metro, e, o cenário de risco moderado, em 3,6 metros de espessura.

Para estudar o movimento de partículas, optou-se por utilizar apenas a batimetria real com os resultados das simulações 8 e 12. A análise dos resultados restringiu-se à observação da mistura das partículas e ao cálculo da variação da massa na região norte e sul do lago. Definiu-se como região norte aquela acima da latitude 6130100 metros, e sul, abaixo deste valor. Além disso, sabe-se que a captação de água pela CASAN se dá na saída do Canal Sangradouro da Lagoa do Peri, e, a região de recreação, como a área de praia, foi considerada a área acima da captação ao leste do lago.

A Figura 11 apresenta a posição inicial das partículas e as circulações a qual foram submetidas, para vento nordeste e sul, respectivamente. Para analisar a variação da massa no sistema, tomou-se como valor referência a massa total de partículas no lago no início da simulação, M_T ; a massa inicial para o norte do lago, M_N ; e, a massa inicial para o sul do lago, M_S . No início da simulação M_S é $53\%M_T$ e M_N é $47\%M_T$.

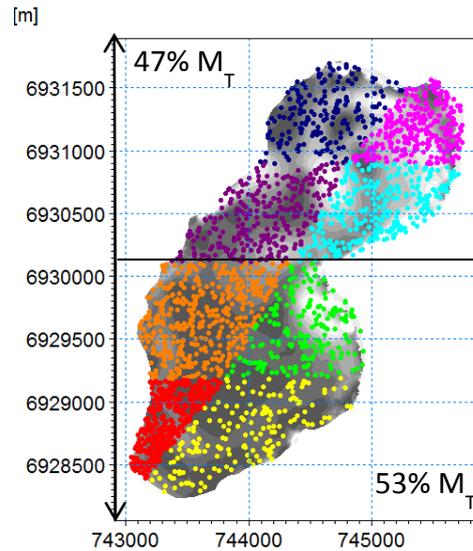


Figura 11 – Posição inicial das partículas.

Ao aplicar o vento nordeste em condição de alto risco, as partículas localizadas a noroeste (cores azul escura e roxa) deslocaram-se rapidamente para o sul (Figura 12 B e C). Após 12 horas, M_S chegou a $80\%M_T$. Observa-se ainda, o acúmulo de partículas na região próxima às praias e à captação, provenientes da região nordeste (cores ciano e magenta). O vento sul agiu de forma semelhante, deslocando as partículas em poucas horas para as bordas do lago. No entanto, estas se acumulam na região oeste de encosta do lago, e, são afastadas da área das praias e captação. Além disso, com vento sul, observaram-se maiores mudanças na variação da massa. Em 12 horas M_N atingiu $90\%M_T$. Houve perda de massa de $1\%M_T$ nesta condição de risco. Acredita-se que esta perda deve-se a partículas que saem da área de cálculo em células secas ou sedimentam no fundo do lago.

Em condições de risco moderado, as partículas permanecem mais tempo dispersas no lago (Figura 12 D e E). Ao final da simulação 4, onde aplicou-se vento nordeste, M_S apresenta $59\%M_T$, apenas 4% a mais que o valor inicial. Neste momento, observa-se que algumas partículas permanecem no giro ciclone norte (cores ciano e magenta) e no giro sul (cores amarela e verde). A M_N permanece próxima de $35\%M_T$ e a massa perdida é de $6\%M_T$. Com aplicação do vento sul (simulação 8) as partículas ao sul direcionam-se para a encosta ou permanecem no local de origem. Enquanto que, as partículas ao norte permanecem nos giros durante a simulação 8. M_S decai até atingir $27\%M_T$ em 3 dias. As partículas provenientes do sudeste do lago (amarelas e verdes) atingem a região de encosta ao norte, ou permanecem na região sul, próximas ao esporão. A massa perdida durante a simulação é de 6% de M_T .

O fato das partículas permanecerem nos giros também foi descrito por Ji Razmi et al (2013) a partir de um estudo da interferência no tempo de residência por diferentes ventos, no Lago Geneva, onde variou-se a intensidade e direção do vento. Este autor mostra que a formação de giros pela atuação de ventos com diferentes direções altera o tempo de residência das partículas em determinadas regiões do lago.

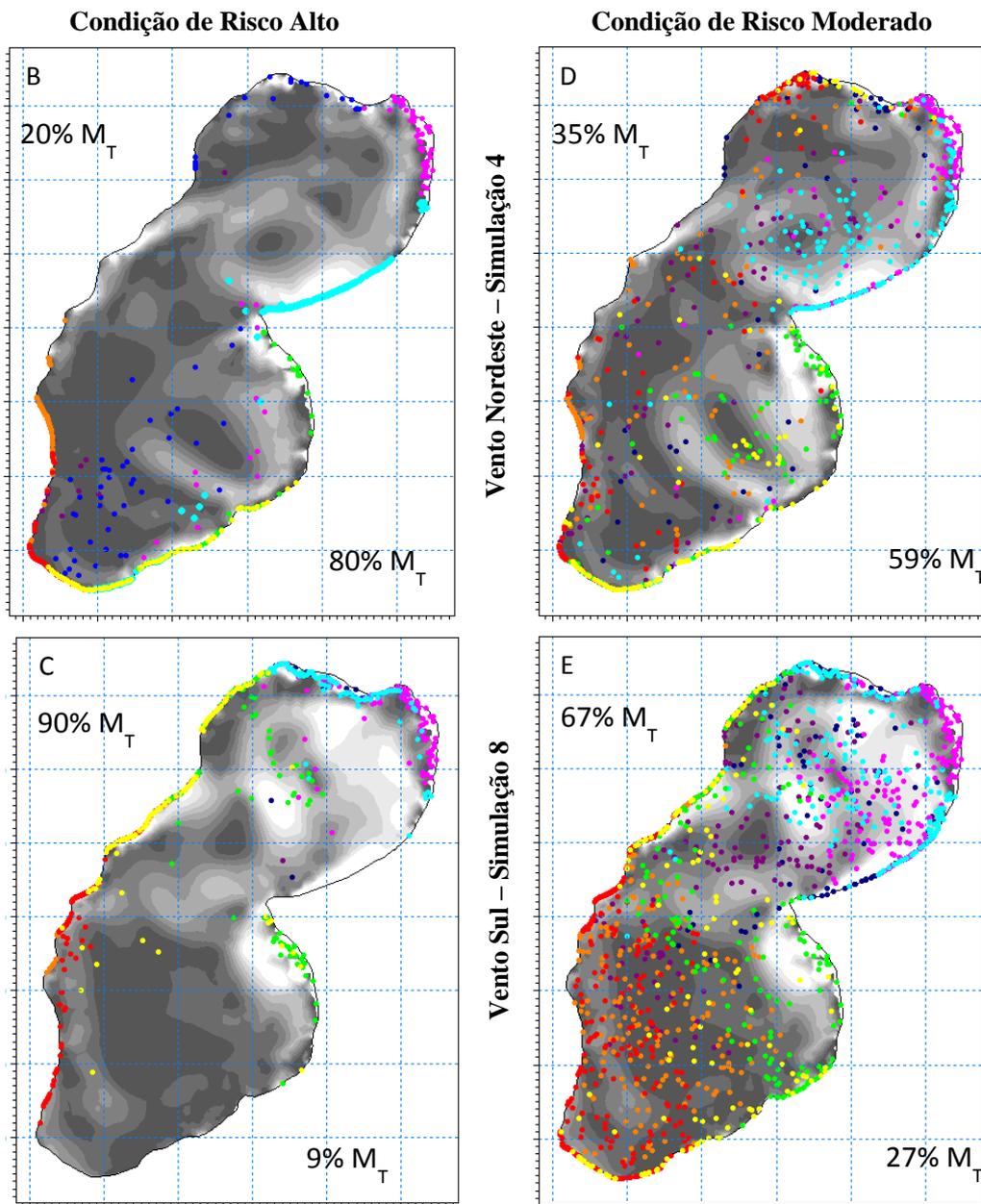


Figura 12 - Circulação para as simulações 5 e 6.

A Figura 13 apresenta a corrente nas seções 1, 2, 3 e 4, a partir da qual foi calculado o fluxo total, apresentado na Tabela 5. Esses resultados indicam que o vento sul, em comparação ao vento nordeste com mesma intensidade, atua promovendo maior mistura de água dentro da região norte (seções 1 e 2). Além disso, gera maior troca de água entre as partes norte e sul do lago, e entre leste e oeste (seção 4). O vento nordeste, por sua vez, atua movendo maior quantidade de massa na parte sul do lago (seção 3).

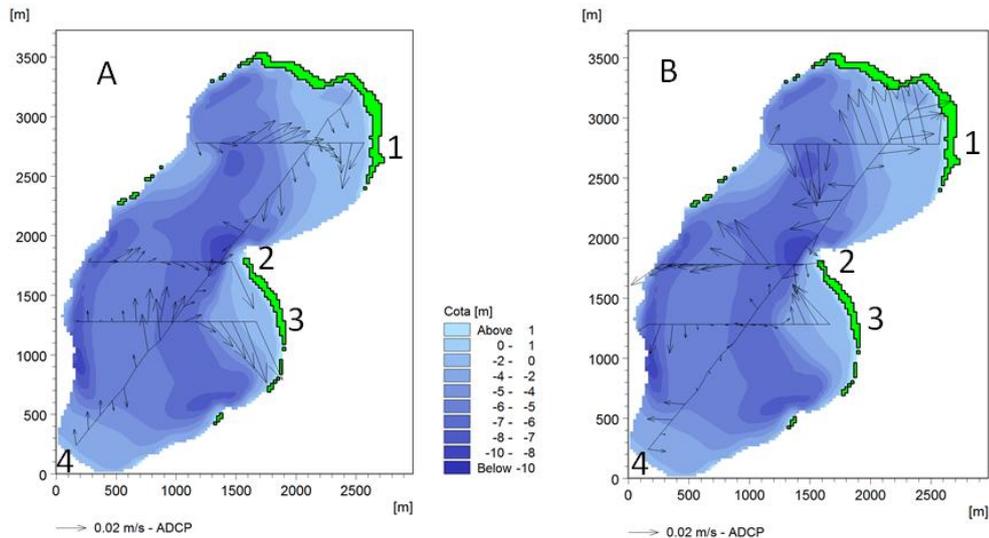


Figura 13 – Vetores de velocidade da corrente nas seções 1, 2, 3 e 4.

Tabela 5 – Fluxo Total nas Seções.

Seção	Fluxo [m ³ /s]	
	Vento Nordeste	Vento Sul
1	94,36	261,22
2	57,51	121,29
3	162,28	90,87
4	209,62	236,84

6. Conclusões e Recomendações

Através da modelagem hidrodinâmica em batimetrias simplificada e real concluiu-se que o esporão central, aspecto físico presente na Lagoa do Peri, atua na formação de giros induzidos pelo vento, separando este lago em parte norte e sul. A batimetria *t* reproduziu os giros formados na batimetria *r*.

A partir da aplicação de ventos com diferentes direções na batimetria *t* observou-se que há formação de um giro ciclone ao norte do lago, que se altera em termos de tamanho e posição, mas mantém-se presente. Com relação à intensidade da corrente formada, em ambas batimetrias *e* e *t*, obtiveram-se valores elevados e distantes do obtido em *r*. Em termos de feições de circulação, giros e seiches, a batimetria *t* mostrou-se eficiente em representar a batimetria real (*r*). A análise da distribuição espacial da intensidade da corrente e energia, feita para as direções 22° e 180°, apresentaram alterações nas regiões onde se formam os giros. A relação entre as energias apresentou grandezas de 0,1% E_R .

A variação na intensidade do vento, por outro lado, mostrou alterações na intensidade da corrente formada. A velocidade média aumentou em 108% do valor obtido com vento sul a 4 m/s ao simular-se vento sul com 8 m/s. Foi mantida a formação dos giros, tornando-os menos velozes no centro e mais velozes nas extremidades. A elevação da superfície causada pela atuação do vento sul a 8 m/s e vento nordeste 4 m/s apresentou valores na ordem de milímetros. O resultado obtido no cálculo do período de seiches analiticamente é próximo ao resultado do modelo hidrodinâmico para as batimetrias *t* e *r*.

Através do módulo de transporte de partículas simularam-se os ventos nordeste e sul em condições de risco alto e moderado na batimetria *r*. Em cenários de alto risco as partículas se acumulam nas bordas do lago em menos de 12 horas. Para vento nordeste, permanecem próximas à região das praias e captação de água, para o vento sul, as partículas são levadas para a encosta a oeste, afastando-as da região de captação.

Em cenário de risco moderado, as partículas permanecem mais tempo dispersas no lago. Em ambos os casos de vento, para risco moderado, houve acúmulo de partículas próximo às praias e captação de água. Para o vento nordeste, observou-se que as partículas dispersas no lago ficaram retidas no centro dos giros ciclone. Para o vento sul observaram-se as partículas ao sudoeste do lago permanecem nesta região devido à baixa velocidade. Aquelas ao sudeste encaminham-se para norte devido as velocidades mais elevadas na região rasa.

Através do cálculo do fluxo em quatro seções na batimetria r , verificou-se que o vento sul gera maior troca de massa na região norte, entre as regiões norte e sul e de leste para oeste, em comparação ao nordeste. Este último, por sua vez, gera maior troca de massa na região sul do lago.

Os resultados apresentados restringem-se apenas a uma análise das respostas deste modelo à algumas características deste lago. Para que se fosse possível calibrar e validar este modelo, fazem-se necessárias campanhas de campo para obtenção de dados de corrente e nível. Necessita-se ainda, de dados de vazão afluente para, pelo menos, os rios Ribeirão Grande e Cachoeira Grande. Além disso, sugere-se um estudo da vazão que verte na barragem do Canal Sangradouro. Não obstante, percebe-se a necessidade da integração das diferentes áreas da pesquisa, como a engenharia e a ecologia, e, companhia de saneamento e instituições de proteção ambiental, para que se produzam estudos com resultados úteis à sociedade.

7. Referências Bibliográficas

ABBOT, M B; BASCO, D R. **Computational Fluid Dynamics: An introduction for Engineers**. Singapore: Longman Group, 1989.

ANYAH, Richard O.; SEMAZZI, Fredrick. **Idealized simulation of hydrodynamic characteristics of Lake Victoria that potentially modulate regional climate**. International Journal Of Climatology, [s.l.], v. 29, n. 7, p.971-981, 15 jun. 2009. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/joc.1795.

BELETSKY, Dmitry; SAYLOR, James H.; SCHWAB, David J.. **Mean Circulation in the Great Lakes**. Journal Of Great Lakes Research, Michigan, v. 25, p.78-93, jan. 1999.

CASAN. **Mananciais da Ilha**. Disponível em: <<http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/manancias-da-ilha#0>>. Acesso em: 1 jun. 2016.

DEAN, Robert G.; DALRYMPLE, Robert A.. **Advanced Series on Ocean Engineering: WATER WAVE MECHANICS FOR ENGINEERS AND SCIENTISTS**. London: World Scietific Publishing Co. Pte. Ltd, 1984. 371 p.

Ji, Zhen-gang; JIN, Kang-ren. **Gyres and Seiches in a Large and Shallow Lake**. Journal Of Great Lakes Research, Florida, v. 32, p.764-775, jan. 2006. Disponível em: <www.bioone.org>. Acesso em: 10 mar. 2016.

KJERFVE, Bjorn; MAGILL, K. E.. **Geographic and hydrodynamic characteristic of shallow coastal lagoons**. *Marine Geology*, Columbia, p.187-199, 1989.

LAIRD, Neil F.; WALSH, John E.; KRISTOVICH, David A. R.. **Model Simulation Examining the Relationship of Lake-Effect Morphology to Lake-Shape, Wind Direction, and Wind Speed**. American Meteorological Society, Illinois, v. 131, p.2102-2111, set. 2003.

PENTEADO, Adriana Nunes. **Subsídios para o Plano de Manejo do Parque Municipal da Lagoa do Peri - Ilha de Santa Catarina, Florianópolis - SC**.2002. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

TEIVE, Letícia Frozza; LISBOA, Leonardo Kleba; PETRUCIO, Maurício Mello. **Uma revisão da disponibilidade de dados ecológicos visando o direcionamento de novas pesquisas na Lagoa do Peri**. Biotemas, Florianópolis, p.133-143, jun. 2008.