RESPOSTA DO EFEITO ESTEIRA AS DIFERENTES CONFIGURÃOES DE CONVERSORES DE CORRENTES MARÍTIMAS

BRUNO DE CASTRO PEZZATO[1], EDUARDO DE PAULA KIRINUS[2], WILLIAM CORREA MARQUES[3]

RESUMO

A falta de energia é um dos grandes problemas da humanidade na atualidade, sendo ocasionada pelo aumento da população e consequente aumento do consumo, além disto, a maior parte desta energia é proveniente de combustíveis fósseis. Assim a busca e desenvolvimento de energias renováveis são vitais tanto para auxiliar a *deficit* existente entre consumo e produção quanto para promover processos que diminuam a emissão de dióxido de carbono (CO_2). Uma fonte de energia renovável e limpa é a proveniente de corrente marítimas, mas que ainda apresenta um alto custo de implantação devido principalmente à falta de pesquisas e do investimento em tecnologias. Esse estudo, utilizando a modelagem numérica através do modelo hidrodinâmico TELEMAC3D, acoplado com um módulo de conversão de energia que vem sendo desenvolvido na FURG, tem por finalidade analisar a influência da turbulência sobre diferentes geometrias de um sítio de geração de energia elétrica a partir de correntes. A análise demonstrou que a turbulência gerada pelas turbinas que incidem sobre as turbinas adjacentes, em uma geometria de aproximadamente 45° em relação à linha de costa, na região escolhida para o estudo com um sítio composto por 10 turbinas, não prejudica de forma significativa o rendimento final do sítio de conversão de energia. Desta forma, os resultados sugerem que esta configuração para o sítio de turbinas sendo aplicada a um estudo de mais longo período tende a fornecer uma maior quantidade de energia convertida ao longo do tempo.

PALAVRAS-CHAVES: CORRENTES COSTEIRAS. ENERGIAS RENOVÁVEIS. SÍTIOS DE CONVERSÃO.

THE DOWNSTREAM WAKE RESPONSE IN DIFFERENT MARINE CURRENT CONVERTER ARRAYS

ABSTRACT

Nowadays, the sudden lack of energy is a major concern for humanity, being caused by the increasing population and consequent abuse of energy consumption, besides, the major energy source is provided by fossil fuels. Due to this demand for energy, the development of renewable energy sources are crucial to decrease the deficit between consumption and production, as well as, to promote processes that can reduce carbon dioxide emission. A possible source of clean and renewable energy is from

[1]Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil , bruno_pezzato@hotmail.com

[2]Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil, ekirinus@gmail.com

[3]Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Matemática, Estatística e Física, Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil, wiliam_marques@yahoo.com

marine currents, however it still presents a high implementation cost due to the lack of research and investment in new technology. This study uses numerical modelling through the hydrodynamic model TELEMAC3D, coupled with the energy conversion module that is been developed at FURG, in order to analyze the influence of turbulent effects in four different power generation farms, containing 10 marine current turbines each. The results suggest that the turbulent wake pattern around the converters arrays have been properly described by the model, causing interaction between nearby turbines. Also, the site configuration with 45°, in relation to the shore, is the best setting resulting in less loss of final energy income of the entire site. Thus, the results suggest that the setting for the turbine site provide a larger amount of energy converted over time if applied to a longer study period.

KEYWORDS: COASTAL CURRENTS. CONVERSION SITES. RENEWABLE ENERGY.

1. INTRODUÇÃO

O grande aumento da população mundial ocasiona um maior consumo de energia que pode acarretar em um dos maiores problemas da humanidade, a falta de energia elétrica. Além da falta de energia, outro problema é o fato de que a maior parte da energia elétrica gerada tem sua fonte em combustíveis fósseis que não são renováveis. Nos Estados Unidos, por exemplo, 80% de toda energia gerada é proveniente de combustíveis fósseis [1]. Fato que contribui para a intensificação do efeito estufa por conta da grande liberação de CO_2 (Dióxido de Carbono). Assim a busca por energias renováveis e menos poluentes se torna cada vez mais necessária.

As tecnologías de conversão das fontes renováveis tinham um alto custo de implementação, porém, com o avanço do desenvolvimento tecnológico, tais custos vem sendo reduzidos a ponto de alguns países já utilizarem energias renováveis, como a eólica, em larga escala. Um tipo de energia renovável que ainda é pouco explorada é a proveniente de correntes marinhas [2], apresentando ainda um alto custo de implementação. Entretanto, como a maior parte da população mundial reside próximo ao litoral, esta fonte de energia elétrica deve ser mais estudada e explorada.

O Brasil apresenta um extenso litoral com quase 8000 km de linha de costa, e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [6], cerca de 80% da população brasileira vive a menos de 200 km do litoral. Dentro deste contexto, a exploração da energia das correntes marinhas seria uma alternativa para auxiliar a matriz energética brasileira, já que o Brasil tem que importar cerca de 8,3% da energia elétrica consumida [3]. Apesar disso, o país ainda não tem um estudo consistente

sobre o potencial energético utilizável para a conversão em energia elétrica através da utilização de turbinas hidrocinéticas.

Um exemplo que ilustra o aumento do consumo é o do estado do Rio Grande do Sul que teve um consumo de 26,5 TWh em 2009, mas tem a possibilidade de alcançar 34 TWh em 2015 [3]. De acordo com o mesmo estudo, a cidade de Rio Grande passa atualmente por um grande aumento populacional devido às alterações socioeconômicas da região, potencializados pelo crescimento do seu polo naval, a cidade se encontra na segunda maior faixa de consumo energético do estado do Rio Grande do Sul, podendo consumir até 1 TWh de energia.

Em um estudo preliminar, Marques et al. [10], demonstraram que a Plataforma Continental Sul Brasileira (PCSB) poderia gerar até 5 GW/ano usando 6 conversores, com baixo impacto ambiental. Em um estudo mais recente e aprofundado, Kirinus; Marques; Stringari [7], demonstrou que existem duas regiões na PCSB, localizada entre 28°S e 35°S (FIGURA 1) com bom potencial energético, sendo a melhor região localizada no entorno do Farol da Conceição (zona destacada em tracejado preto na FIGURA 1), distante 11 km da costa e com profundidade de 18 m. Nesta região a produção média de energia pode alcançar 40 MWh e ainda valores integrados de 13 GWh/ano. Tais valores são obtidos por conta das velocidades que a corrente atinge nestes locais, podendo chegar até 0,4 m/s como observado na FIGURA 1, que mostra a velocidade da corrente em toda a região estudada.

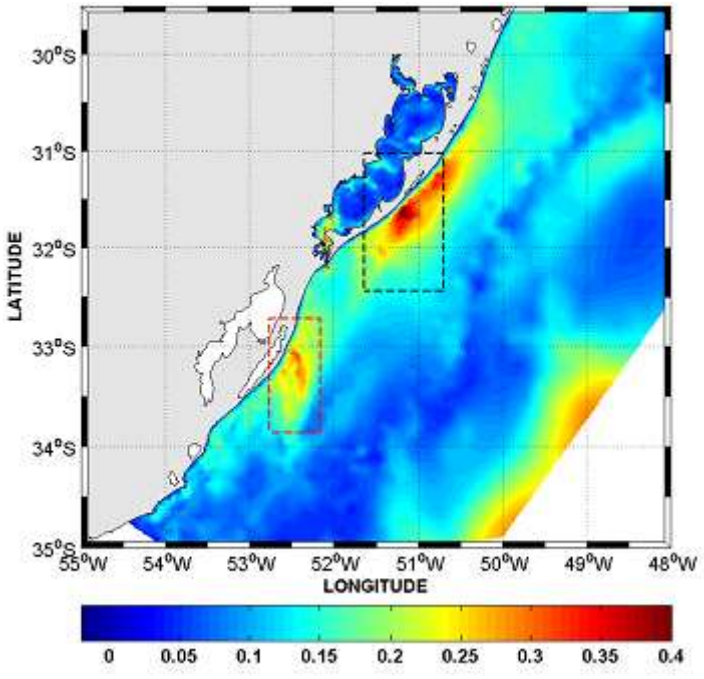


Figura 1: Região de estudo, destacando as áreas de maior potencial energético devido as maiores velocidades. Em tracejado preto representa a região norte, e tracejado vermelho representa a região sul [7].

A região da PCSB apresenta uma alta dinâmica devido ao encontro de várias massas de água, tanto de origem tropical, quanto de origem subantártica, além de um grande aporte continental que geram assim fortes gradientes termohalinos. Tem sua circulação influenciada principalmente pelo Rio da Prata, por ventos bidirecionais de Nordeste - Sudoeste e pela corrente de contorno oeste que fluem pela quebra da plataforma [12], além de apresentar uma forte diferença sazonal devido a mudanças do vento.

Dada à importância no avanço das pesquisas na área de conversão de energia de correntes e na otimização da captação e conversão desta energia, o presente estudo tem por objetivo estudar o efeito da turbulência sobre as diferentes geometrias do sítio de conversão de energia elétrica próximo ao Farol de Conceição.

2. MATERIAL E METÓDOS

2.1 Modelo numérico hidrodinâmico

O modelo numérico para simulações hidrodinâmicas utilizado foi o TELEMAC3D, (www.opentelemac.org). Este modelo utiliza as equações de Navier-Stockes considerando às variáveis locais, como a superfície livre do mar, considerando a densidade constante, a pressão hidrostática e as aproximações de Boussinesq. O modelo é baseado em técnicas de elementos finitos para resolver as equações que resolvem os processos hidrodinâmicos [5], e conta com o sistema de coordenadas sigma para discretização vertical.

2.2 Módulo de conversão de energia

O módulo de conversão de energia utiliza a equação padrão de turbinas (Equação 1) para calcular a energia elétrica gerada, em Watts (W), a partir da velocidade do fluxo da corrente incidente nos conversores [10]. Utilizando o princípio da conservação de energia, a velocidade da corrente é obtida em cada intervalo de tempo através modelo hidrodinâmico que transfere para o módulo de conversão de energia. Uma parte da velocidade é convertida em energia elétrica e a velocidade é

então atualizada para manter o balanço de energia do modelo hidrodinâmico TELEMAC3D.

$$P(W)=½\rho\mu Av^3 \quad (1)$$

Os parâmetros das turbinas utilizadas na simulação (TABELA 1) foram determinados para um melhor rendimento de acordo com a região levando em conta além da velocidade da corrente, a batimetria e a dinâmica da região. Tais parâmetros foram utilizados para o cálculo da potência produzida.

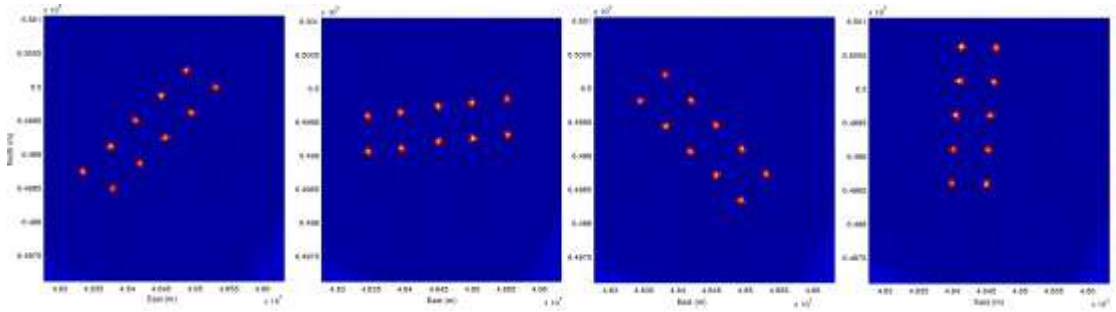
Tabela 1: Parâmetros técnicos da turbina.

Parâmetro	Valor
Velocidade de início de movimento	0,2 m/s
Velocidade nominal	1,5 m/s
Coeficiente de eficiência da turbina (μ)	0,35
Potência nominal	170 kW
Altura da turbina	14 m
Raio da turbina	10 m

Para o estudo do potencial de conversão de energia e a influência dos conversores sobre os processos hidrodinâmicos da PCSB, foram realizadas quatro simulações de 25 dias aplicando os mesmos parâmetros físicos. O período simulado compreende entre 01 e 25 de janeiro de 2004, este ano foi escolhido pois os dados provenientes do OCCAM (sessão seguinte) foram desativados no ano de 2004, e testes utilizando outros bancos de dados como o *Hycom* serão realizados.

O sítio de conversão apresenta 10 turbinas dispostas de diferentes maneiras (FIGURA 2), com 500 m de distância entre cada turbina tanto na direção X quanto Y. De forma a contemplar o objetivo deste estudo 4 malhas numéricas foram desenvolvidas visando estudar a atuação da corrente incidente em relação ao sítio de conversão. Sendo assim: o cenário I (FIGURA 2(a)) foi desenvolvido paralelamente à linha de costa, com o intuito de receber a influência direta da corrente residual; o cenário II (FIGURA 2(b)) foi idealizado com aproximadamente 45° em relação à costa; o cenário III (FIGURA 2(c)) está posicionado aproximadamente 90° em relação à costa; enquanto que o cenário IV (FIGURA 2(d)) está direcionado 135° em relação a linha de costa.

Por conta de limitações computacionais a turbina é caracterizada por 4 pontos com 10 m de distância entre cada um (FIGURA 3(a)). Nos pontos vermelhos (FIGURA 3(a)) o modelo de conversão recebe a velocidade da corrente A conversão desta velocidade em energia elétrica ocorre nos pontos amarelos (FIGURA 3(a)), gerando com isso perda de energia cinética, que depois de calculada é liberada nos pontos amarelos para que ocorra a conservação da quantidade de movimento na região onde existem os conversores. As turbinas são consideradas como colunas no fundo do oceano (FIGURA 3(b)) de forma a podermos simular a estrutura das turbinas.



(a) (b) (c) (d)

Figura 2: Disposição dos conversores nos diferentes cenários. a) Cenário I: 0° em relação a costa b) Cenário II: 45° em relação à costa c) Cenário III: 90° em relação à costa d) Cenário IV: 135° em relação à costa.

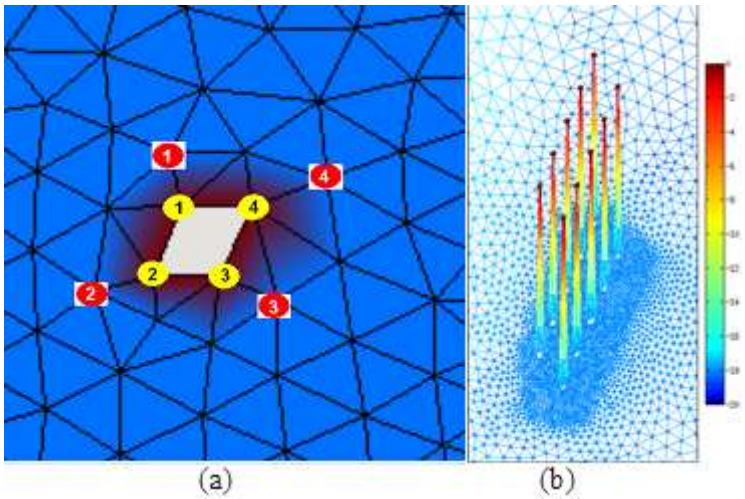


Figura 3: (a) Pontos para cálculo de velocidade, vermelhos e liberação de energia cinética, amarelos. (b) Forma dos conversores considerados pelo modelo, no caso o cenário IV. A batimetria da área de estudo é de 18 m.

3.3 Condições Iniciais e de Contorno

No contorno oceânico são prescritas: a maré astronômica, a elevação do nível do mar, a velocidade de corrente, a salinidade e a temperatura. Os valores de salinidade e temperatura utilizados nas condições iniciais foram obtidos do *Ocean Circulation and Climate Advanced Modeling Project* (OCCAM).

A simulação foi iniciada com uma elevação de 0,5 m que representa o nível médio da maré (K1, M2, N2, O1 e S2) para a região. A amplitude e fase para do contorno oceânico foram calculados com o *Grenoble Model* FES95.2 (*Finite Element Solution* v. 95.6).

Para descargas de rios, foram utilizados dados do Rio Guaíba, Rio Camaquã e o canal de São Gonçalo, com valores de vazão obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA). A vazão do canal de São Gonçalo foi assumida como constante de 760 m^3/s, devido à falta de dados [13].

No contorno superficial, as variações espaço temporais do vento foram representadas através de dados da página do *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA), interpolados e aplicados a cada nó do domínio do modelo numérico. De forma complementar, os dados de temperatura do ar junto à superfície do oceano foram obtidos da página da NOAA, e forçados de forma similar aos ventos, possibilitando que os processos de troca de calor com a atmosfera fossem levados em consideração no modelo.

4. RESULTADOS

A região estudada apresenta um potencial de conversão média anual de até 10 kW/dia [7] por conta da grande convergência de diferentes massas de água, que gera uma velocidade média da corrente de 0,4 m/s.

Foi analisada a média, desvio padrão, potência integrada, além da frequência de conversão em cada cenário (TABELA 2). O fato das médias serem maiores que as apresentadas por Kirinus; Marques; Stringari [7] possivelmente são devidas a diferença de tempo simulado, sendo o período estudado neste trabalho de apenas 25 dias, podendo ainda representar um possível evento isolado de alta geração de energia.

A TABELA 2 apresenta o desvio padrão para cada cenário o que fornece a ideia de o quanto variou a geração ao longo do tempo, sendo o cenário I o que menos teve variação e se mantendo estável na maior parte do tempo, enquanto os outros cenários tiveram valores próximos.

A frequência indica a porcentagem do tempo em que o cenário se manteve convertendo determinado valor de energia. O cenário I apresentou uma frequência elevada de geração abaixo de 25 kW, fato que somado ao seu desvio padrão implicou na menor geração de energia com relação aos outros cenários.

Observamos que o cenário 2 tem um melhor rendimento na conversão de energia, tendo maior potência integrada, totalizando 19,89 MW. O fator que contribui para isso é uma alta porcentagem de geração acima de 40 kW (aproximadamente 29%), indicando valores extremos de conversão de energia, ressaltados pelo alto desvio padrão em relação a sua média, 33,12 kW. Os cenários III e IV apresentam valores bem próximos em todos os fatores analisados, tendo apenas pequenas variações que resultam em um rendimento levemente superior do cenário III em relação ao IV.

Tabela 2: Valores de energia e frequência de conversão dos diferentes cenários.

	Cenário			
Energia	I	II	III	IV
Média (kW)	23,93	33,12	30,49	30,01
Desvio padrão (kW)	36,56	44,12	44,65	40,75
Integrado (MW)	14,36	19,87	18,29	18,00
Frequência	I	II	III	IV
<25 kW (%)	68,66	59,50	65,00	61,17
25-40 kW (%)	13,33	11,16	10,33	13,17
> 40 kW (%)	18,00	29,33	24,66	25,67

Um fator determinante na geração de energia por parte dos conversores é a turbulência gerada por uma turbina que pode incidir sobre a turbina adjacente. A zona de sombra (efeito *Wake*) é gerada pela presença das estruturas que interferem na corrente gerando vórtices atrás das mesmas. Assim a velocidade de saída é menor que a incidente e depois tende a retornar para manter o balanço energético do sistema [4,9]. Este efeito pode prejudicar a geração de energia, pois afeta a velocidade da corrente incidente sobre esta turbina ao dissipar energia na forma de vórtices. Esta influência também foi observada por Myers e Bahaj [11] em experimentos em tanques de correntes. O fluxo se caracteriza como turbulento por apresentar um número de

Reynolds de aproximadamente 3832 para a velocidade 0,4 m/s, o que para escoamentos sobre cilíndricos pode ser considerado turbulento.

A turbulência gerada por uma turbina altera a hidrodinâmica local, entretanto essas alterações não são sempre negativas. Kirinus [8] encontrou um cenário favorável, onde a turbulência gerada por turbinas pode intensificar o fluxo ao redor, potencializando as taxas de conversão das turbinas adjacentes.

O padrão do efeito da turbulência será abordado tanto na camada superficial quanto na de fundo. Através do cálculo do rotacional médio - que representa a tendência do fluxo rotacionar de forma ciclônica (representados pela cor vermelha – sentido anti-horário) ou anti-ciclônica (representados pela cor azul – sentido horário), em todos os cenários. A análise deste efeito na superfície (FIGURA 5) é importante, devido ao fato de se encontrar nesta região as maiores intensidades da velocidade de corrente e consequentemente fornecer a maior transferência de movimento para a coluna de água, fato que melhora a eficiência da turbina.

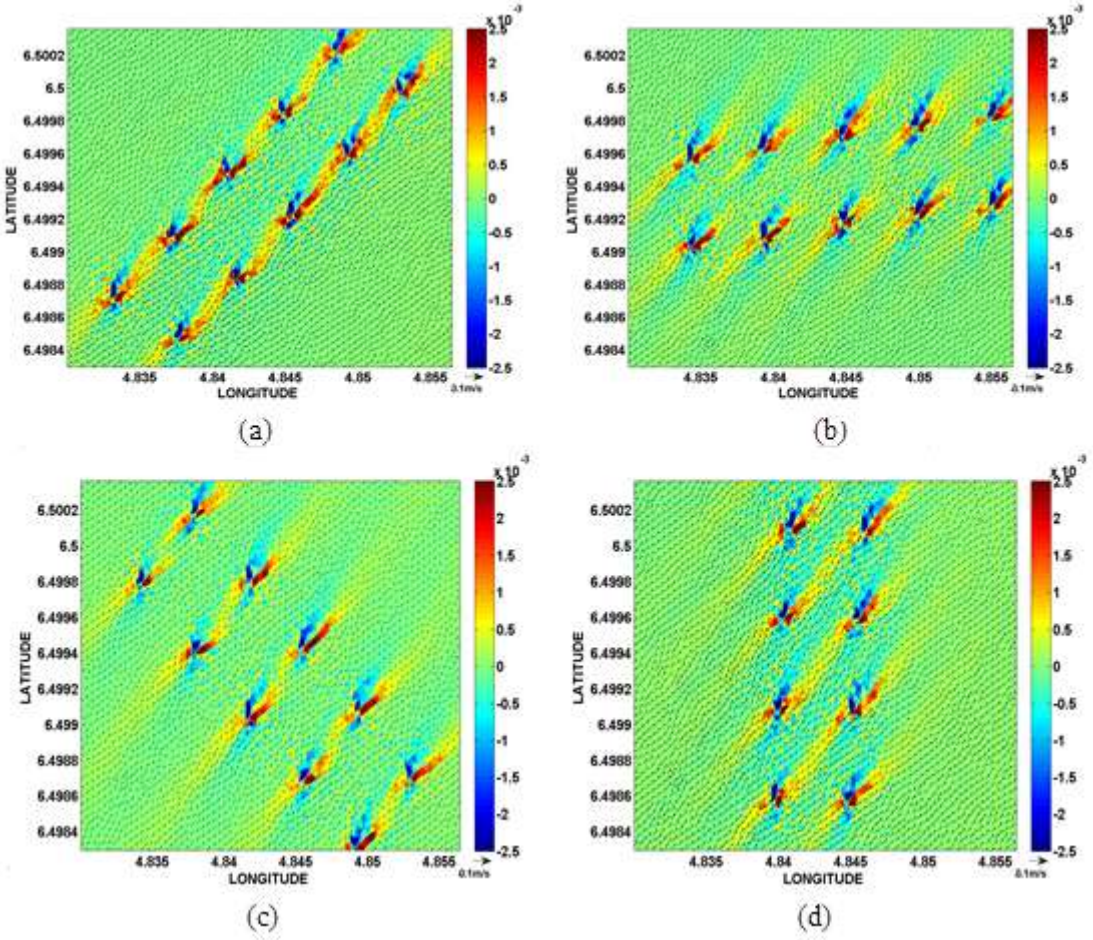


Figura 5: Velocidade residual superficial e Rotacional médio gerado pelos diferentes cenários na camada de superfície. a) Cenário I; b) Cenário II; c) Cenário III; d) Cenário IV. Escala dos vetores é de 0,1 m/s.

O padrão de circulação se mantém o mesmo em todos os cenários, por conta da predominância de vento sul durante o período simulado, demonstrando que a direção do sítio não influência diretamente a velocidade superficial residual. No cenário I (FIGURA 5(a)) observa-se uma forte influência da vorticidade dentro do sítio de conversão, provavelmente devido a sua orientação ser a mesma da corrente residual (representado pelos vetores do campo residual da velocidade). Assim o efeito de rotação gerado pela presença das turbinas dissipa energia que acaba afetando negativamente a conversão de energia da turbina adjacente já que a velocidade incidente é menor. Sendo o cenário I, o que mais apresenta essa influência na superfície, esta contribui assim para a menor conversão de energia conforme a TABELA 2.

O cenário II (FIGURA 5(b)) apresentou um melhor rendimento, um fator que contribuiu para isso foi a turbulência de superfície gerada por uma turbina não afetar de maneira significativa as turbinas adjacentes, devido ao posicionamento do sítio com relação à direção da corrente incidente. Outro fator foi a menor zona de sombra gerada, fazendo com que a turbulência ficasse restrita ao redor da turbina, devido ao fato da energia ser dissipada de forma proporcional em fluxos ciclônicos e anti-ciclônicos. Este comportamento restaura o balanço energético mais rapidamente, diferentemente do cenário I, que teve uma predominância de apenas um tipo de fluxo, dificultando a restauração do balanço.

No cenário III (FIGURA 5(c)) ocorreu uma influência mediana da vorticidade das turbinas, mesmo tendo uma posição quase perpendicular à corrente, os efeitos da vorticidade, assim como no cenário II, ficam mais restritos ao entorno da turbina. Neste cenário, a fileira de turbinas a nordeste sofre efeito negativo da turbulência da fileira de turbinas localizada a sudoeste. O cenário IV (FIGURA 5(d)) teve uma geração bem próxima ao cenário III, possivelmente pelos mesmos fatores, a zona de sombra das turbinas a leste, as quais apresentam uma predominância de fluxos ciclônicos (como no cenário I), não dissipam a energia de forma eficiente e influenciam negativamente as turbinas a oeste.

A turbulência de fundo em todos os cenários fica mais acentuada ao redor das turbinas, devido ao fato das velocidades serem menores nesta região. O cenário I (FIGURA 6(a)) apresenta uma restauração da energia do sistema mais rápida, pois

tem uma proporção melhor entre os tipos de fluxo, diferentemente da superfície. Entretanto, ainda mostra uma influência do seu posicionamento com relação à direção da corrente incidente. O cenário II (FIGURA 6(b)), tem comportamento similar comparado com a superfície com relação ao fato da turbulência da fileira de turbinas ao sul não influenciar, de maneira significativa, a fileira ao norte. Neste caso, o balanço energético é restaurado em um menor espaço. No cenário III (FIGURA 6(c)), assim como na superfície, a zona de sombra das turbinas a sudoeste influência diretamente as turbinas a nordeste. No cenário IV (FIGURA 6(d)) apesar desta influência não ser direta, a sua posição com relação a corrente acaba gerando vorticidade no interior do sítio, que resulta em uma pior dissipação de energia e consequente redução na velocidade da corrente incidente sobre as turbinas a leste. Esta situação acarreta em menores taxas de conversão de energia.

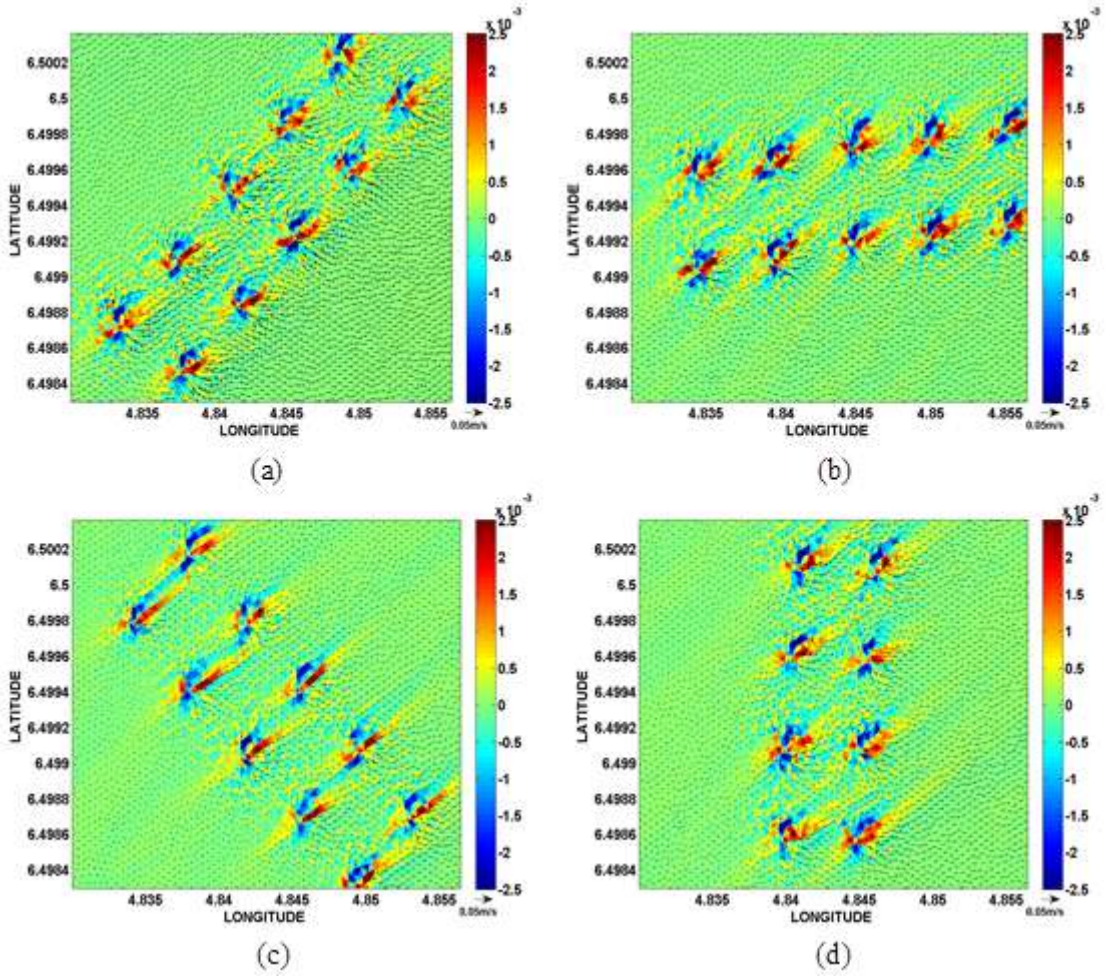


Figura 6: Velocidade residual de fundo e Rotacional médio gerado pelos diferentes cenários na camada de fundo. a) Cenário I; b) Cenário II; c) Cenário III; d) Cenário IV. Escala dos vetores é de 0,05 m/s.

5. CONCLUSÕES

A grande dinâmica da PCSB torna viável a implementação de um sítio de conversão de energia, tendo além da confluência de diferentes massas de água a presença de ventos que contribuem para uma maior velocidade da corrente. O estudo da turbulência, gerada pela presença das turbinas, sobre o rendimento do sítio de conversão é importante por ser um fator determinante que pode prejudicar a conversão de energia ao diminuir a velocidade da corrente quando dissipa a energia na forma de vórtices.

O cenário II teve melhor rendimento na geração de energia elétrica a partir de correntes marítimas, apresentando valor integrado de 19,87 MW, pelo fato de que a turbulência gerada por uma turbina influenciar de maneira pouco significativa a turbina adjacente, a zona de sombra formada vai em direção ao espaço entre duas turbinas da fileira mais ao norte. A turbulência gerada apresenta uma melhor proporção entre os diferentes fluxos (ciclônicos e anti-ciclônicos), assim a energia do sistema retorna ao balanço inicial mais rápido gerando uma menor zona de turbulência e não prejudicando outras turbinas do sítio.

Trabalhos futuros deverão visar simulações anuais, além de avaliar alterações sazonais. Simulações de longo período através de análises climatológicas auxiliarão na determinação de influencias de larga escala temporal na região de estudo. Além disso, alterações na geometria dos sítios podem ser implementadas com o intuito de aprimorar as taxas de conversão energética, tais alterações podem ser: aumentar ou diminuir a distância entre as turbinas ou alterar o ângulo de inclinação do sítio em relação a linha de costa visando captar a melhor direção de incidência das correntes.

NOMENCLATURA

P	Potência (W);
ρ	Densidade do fluido (kg/m^3);
μ	Coeficiente de eficiência da turbina;
A	Área dos conversores (m^2);
v	Velocidade da corrente (m/s).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BOLLMANN, M.; BOSCH, T.; COLIJN, F.; EBINGHAUS, R.; FROESE, R.; GÜSSOW, K. **World ocean review**. Maribus. Hamburg, 2010.

[2] BROWN, M. A.; FRANCHUNK, C.; KOSKE, B. H.; MICHAELS, G.; PELLEGRINO, J. **Results of a technical review of the U.S. climate change technology program's R&D Portfolio**. Oak Ridge, Tennessee. Technical report, Oak Ridge National Laboratory. 2006.

[3] CAPELETTO, G. J.; DE MOURA, G. H. Z. **Balanço energético do Rio Grande do Sul 2010: ano base 2009**. 2010.

[4] HARDISTY, J. **The analysis of tidal stream power**. The University of Hull, Kingston-upon-Hull, UK. John Wiley & Sons Ltd., 321p. 2009

[5] HERVOUET, J. M. **Free surface flows: modelling with the finite element methods**. England. 2007.

[6] IBGE. **Censo 2010**. 2010

[7] KIRINUS, E. P.; MARQUES, W. C.; STRINGARI, C. E. Viabilidade de conversão da energia de correntes marinhas na Plataforma Continental Sul do Brasil. **Vetor**, n. 22, p. 83-104, 2012.

[8] KIRINUS, E. P. Insight into the usage of turbine current converters on the Southern Brazilian Shelf. **Materials Science & Technology**, Sobena (in press), 2014.

[9] KUNDU, P. K.; COHEN, I. M. **Fluid mechanics**. Second Edition. Orlando, USA. Academic Press, 766 p. 2002

[10] MARQUES, W. C.; FERNANDES, E. H. L.; MALCHEREK, A., ROCHA, L. A. O. Energy converting structures in the Southern Brazilian shelf: energy conversion and its influence on the hydrodynamic and morphodynamic processes. **Journal of Geophysical Research**. 2012.

[11] MYERS, L. E.; BAHAJ, A. S. An experimental investigation simulating flow effects in first generation marine current energy converter arrays. **Renewable Energy**, v. 37, p. 28-36, 2012.

[12] PIOLA, A. R.; ROMERO, S. I.; ZAJACZKOVSKI, U. Space-time variability of the Plata plume inferred from ocean color. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 1556–1567, 2008.

[13] VIEGAS, J. S.; FRANZ, A. F. H. **Hidrologia do canal de São Gonçalo**. Pelotas. Brasil. 2006.

AGRADECIMENTOS

Os autores do presente trabalho agradecem à Agência Nacional do Petróleo (ANP) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo financiamento parcial, através do pagamento de bolsas de estudo. Os autores

agradecem também ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) por dar suporte a este trabalho sob os contratos: 456292/2013-6 e 305885/2013-8.