

# COMPARAÇÃO ENTRE DADOS DE VENTO DO QUIKSCAT, E MEDIÇÕES AO LONGO DA COSTA DA PENÍNSULA IBÉRICA

## COMPARISON BETWEEN QUIKSCAT AND MEASURED WIND DATA ALONG THE IBERIAN PENINSULA COAST

Carvalho, D. <sup>(1)</sup>, Rocha, A. <sup>(2)</sup>, Gómez-Gesteira, M., <sup>(3)</sup>, Alvarez, I. <sup>(4)</sup>, Silva Santos, C. <sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> CESAM – Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal. e-mail: david.carvalho@ua.pt

<sup>(2)</sup> CESAM – Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal. e-mail: alfredo.rocha@ua.pt

<sup>(3)</sup> EPHYSLAB - Environmental Physics Laboratory. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo, 32004 Ourense, Spain. e-mail: mggesteira@uvigo.es

<sup>(4)</sup> EPHYSLAB - Environmental Physics Laboratory. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo, 32004 Ourense, Spain. e-mail: ialvarez@uvigo.es

<sup>(5)</sup> Instituto Superior de Engenharia do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 341, 4200-072 Porto, Portugal. e-mail: cmi@isep.ipp.pt

### SUMMARY

*Ocean surface wind data derived from three QuikSCAT products (L2B swath data with 25 km of spatial resolution, L2B swath data with 12.5 km of spatial resolution and gridded L3 with 25 km of spatial resolution) were compared to measurements, in order to assess which one of these databases has higher accuracy and ability to describe the local wind regime. For this, data from 3 different QuikSCAT products were compared with measurements taken from five buoys located along the Iberian Peninsula coast. The results of this study show that QuikSCAT L2B 12.5 km resolution product has a better ability to represent the temporal variability of the wind speed and the mean state of the wind direction, while the QuikSCAT L2B 25 km resolution product shows the best results for the wind speed mean state and the wind direction temporal variability. The gridded product (L3) was the one with the overall worst performance.*

### 1 - Introdução

O conhecimento dos campos de vento oceânico á superfície é um factor chave para um amplo conjunto de actividades académicas e industriais: estudos climáticos, meteorológicos e oceanográficos; modelação atmosférica e oceânica, sendo que os campos de vento são um dos principais agentes forçadores da circulação oceânica e atmosférica; e no contexto da exploração de energia eólica *offshore*. Dados de vento oceânico á superfície estão geralmente disponíveis na forma de observações (bóias, barcos, etc.), tipicamente recolhidas num único ponto e / ou num intervalo de tempo de duração limitada. Devido à sua elevada variabilidade espacial e temporal, estas observações podem não ser representativas do regime de ventos sobre uma área/periódico temporal extensos. Além disso, estas medições são actualmente muito escassas, tanto no tempo como no espaço, e muitas vezes sofrem de longos períodos de falta de dados ou de dados inválidos. Portanto, este tipo de dados não é suficiente para descrever com precisão os regimes de vento em áreas marítimas. Esta falta de

dados consistentes no tempo e espaço e ao mesmo tempo representativos sobre o vento oceânico de superfície acentua a necessidade de obter fontes alternativas de informação. No passado recente, o desenvolvimento e evolução de métodos de detecção remota do vento oceânico de superfície permitiram, pela primeira vez, a observação do campo do vento oceânico de superfície a uma escala quase global. Estas tecnologias têm vindo a mostrar a sua utilidade na avaliação do vento à superfície do oceano, tanto para estudos climáticos, meteorológicos e oceanográficos como para estudos relacionados com o aproveitamento de energia eólica offshore. Até ao momento, os melhores resultados foram obtidos com escaterómetros que consistem em radares de microondas que derivam o campo do vento à superfície do mar a partir de rugosidade da superfície do mar. Entre os diversos escaterómetros existentes, o SeaWinds da NASA, instalado a bordo do satélite QuikSCAT (doravante referido simplesmente como QuikSCAT) é um dos mais populares em termos de fontes de dados de vento sobre o oceano. Um número considerável de estudos foi já realizado com o objectivo de avaliar a

qualidade dos dados derivados do QuikSCAT, através da comparação dos seus dados com ventos medidos (ex.: Ebuchi et al, 2002; Moore et al, 2008; Penabad et al, 2008; Pensieri et al, 2010; Pickett et al, 2003; Ruti et al, 2008; Sánchez et al, 2007; Satheesan et al, 2007; Tang et al, 2004). Estes estudos comprovam o sucesso e utilidade dos dados obtidos pelo QuikSCAT para a climatologia, meteorologia, oceanografia e energia eólica *offshore*. No entanto, praticamente todos estes estudos (e outros) utilizam apenas uma das versões de dados que o QuikSCAT disponibiliza nas suas análises (L2B de 25 km, L2B de 12,5 km e L3, ver mais detalhes na secção 2.1). Na literatura publicada, apenas o estudo de Sharma e D'Sa (2008) comparou entre si e com dados medidos os diferentes produtos derivados do QuikSCAT, concluindo que os produtos L2B mostraram uma precisão melhor do que o L3 no Golfo do México.

O objectivo deste trabalho é comparar os vários produtos derivados das medições do QuikSCAT com dados de vento sobre o oceano medidos em bóias distribuídas ao longo da costa atlântica de Espanha, a fim de determinar quais destas bases de dados melhor descreve o regime local de ventos e que, consequentemente, será a mais apropriada para usar em estudos que necessitem de dados de vento de superfície sobre o oceano.

## 2 - Dados utilizados e metodologia

### 2.1 – Dados e produtos derivados do QuikSCAT

O escaterómetros SeaWinds a bordo do satélite QuikSCAT mede vectores de vento a uma altura de 10 m acima do nível do mar (a.n.m.) em condições de estabilidade atmosféricas neutras. Uma descrição detalhada e informações sobre estes equipamentos podem ser encontrados em Hoffman e Leidner (2005), e também no site do Jet Propulsion Laboratory Physical Oceanography Distributed Active Archive Centre (PO.DAAC) da NASA (<http://podaac.jpl.nasa.gov/OceanWind/QuikSCAT>). O QuikSCAT disponibiliza os seus dados em três diferentes níveis, que diferem no grau de processamento de dados: Nível 1B, Nível 2A e 2B e Nível 3. Uma descrição detalhada sobre as diferenças entre estes produtos está disponível em Dunbar et al. (2006). Os produtos Nível 2B (L2B) são os mais refinados e são organizados por órbitas, enquanto que os produtos Nível 3 (L3) são disponibilizados numa malha regular com 0.25° de resolução horizontal. Estes produtos em malha são os mais utilizados pela comunidade científica, devido ao facto de poderem ser facilmente usados em muitas aplicações. Os produtos L2B são disponibilizados em duas versões diferentes: o

produto L2B com 25 km de resolução horizontal: e o produto L2B com uma resolução de 12.5 km.

É conhecido que o desempenho do QuikSCAT é altamente influenciado pela presença de chuva (acima de 2,0 km.mm.hr<sup>-1</sup>), que aumenta artificialmente a rugosidade da superfície oceânica resultando numa deturpação da medição dos vectores de vento reais (sobrestimação da velocidade do vento e medidas erróneas da direcção). Além disso, a qualidade dos dados QuikSCAT é altamente diminuída na presença de ventos fracos (inferiores a 5 m.s<sup>-1</sup>), pois velocidades baixas produzem pouca ou nenhuma rugosidade superficial induzida pelo vento, e sob estas condições a superfície do oceano age mais como um reflector tornando-se difícil estimar com precisão os vectores de vento. Os ventos fortes (acima de 25 m.s<sup>-1</sup>) também são geralmente subestimados, devido ao limite de rugosidade da superfície do oceano. Além dessas limitações, os QuikSCAT só estão normalmente disponíveis (ou válidos) a cerca de 25-30 km da costa, devido a um efeito de contaminação da linha de costa na sua resolução horizontal. Relativamente a este último aspecto, a maior resolução horizontal do produto L2B 12.5 km permite obter vectores de vento 10 km mais próximo da costa quando comparado com o produto L2B 25 km, reduzindo a distância da costa a partir da qual é possível obter dados válidos e tornando este produto de particular interesse para estudos focados em zonas costeiras. Um cuidadoso controlo de qualidade de todos estes dados é essencial, principalmente no que está relacionado com dados afectados pela presença de chuva, pelo que todos os dados QuikSCAT marcados com presença de chuva ou como nulo/inválido foram descartados. Um ano completo de dados (2008) provenientes dos 3 produtos QuikSCAT (L2B 25 km, L2B 12.5 km e L3) foi utilizado na comparação com dados medidos. Todos os dados QuikSCAT disponibilizam 2 medições por dia, correspondendo às órbitas ascendente e descendente. Apesar da hora UTC a que cada órbita corresponde ser variável consoante a área do globo, uma análise aos dados válidos QuikSCAT L2B e L3 para os locais em estudo mostrou que cerca de 90% dos seus registos correspondem às 6:00 (órbita ascendente) e 18:00 (órbita descendente).

### 2.2 – Dados medidos

Foram utilizados dados de vento recolhidos em cinco bóias oceanográficas ancoradas ao largo da costa norte e oeste da Galiza e do Golfo de Cádiz. As bóias (figura 1), geridas pela Agência Espanhola Puertos del Estado, medem a velocidade e direcção do vento a 3 m de altitude em intervalos de tempo horários. Analogamente, o ano completo de 2008 foi

considerado para comparação com os dados QuikSCAT.



**Figura 1** – Localização das bóias

A Tabela 1 descreve resumidamente as principais características das bóias utilizadas para comparação.

**Tabela 1-** Características principais das bóias.

Bóia	Latitude	Longitude	Distância da costa
Peñas	43° 45' N	6° 9' 36'' W	~ 20 km
Bares	44° 3' 54'' N	7° 37' 5'' W	~ 32 km
Villano	43° 30' N	9° 12' 36'' W	~ 30 km
Silleiro	42° 7' 48'' N	9° 23' 24'' W	~ 40 km
Cádiz	36° 28' 37'' N	36° 28' 37'' N	~ 55 km

Como referido na secção 2.1, os dados de vento QuikSCAT consistem em vectores de vento em condições de estabilidade atmosférica neutra equivalente a uma altura de referência de 10 m a.n.m.. Estes ventos em condições de estabilidade atmosférica neutra equivalente são os ventos que existiriam se a camada limite atmosférica possuísse uma estratificação neutra. Em oposição, os ventos medidos pelas bóias a 3 m a.n.m são dependentes da estabilidade atmosférica. Portanto, para comparar as medições das bóias com os dados do QuikSCAT, os ventos medidos precisam de ser convertidos para ventos em condições de estabilidade atmosférica neutra equivalente a uma altura de 10 m a.n.m.. O método logarítmico proposto por Peixoto e Oort (1992) será usado para extrapolar as medições das bóias para 10 m a.n.m. em condições de estabilidade

atmosférica neutra equivalente. Este método, que não inclui os efeitos devido às diferenças de estabilidade atmosférica, é dado pela seguinte expressão:

$$U_z = (U_{z_m}) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) / \ln\left(\frac{z_m}{z_0}\right)$$

$U_z$  é a velocidade do vento a uma altura  $z$ ,  $z_m$  é a altura da medição e  $z_0$  é o comprimento da rugosidade. O valor sugerido por Peixoto e Oort (1992) para  $z_0$  sobre o oceano foi usado e corresponde a  $1.52 \times 10^{-4}$  m.

### 2.3 – Medidas de erro e análise estatística

As medidas de erro usadas para avaliar os dados QuikSCAT foram o RMSE, Bias, STDE e coeficiente de correlação (R). Como referido na secção 2.1, os dados QuikSCAT dizem respeito às 6:00 e 18:00 de cada dia, pelo que apenas os registos válidos e simultâneos entre as bóias e o QuikSCAT foram usados nesta análise estatística. Uma outra função estatística foi usada para avaliar qual dos produtos QuikSCAT é capaz de oferecer uma melhor representação dos regimes locais do vento medidos pelas bóias, em termos da distribuição de frequência de ocorrência das diferentes velocidades do vento: a função de densidade de probabilidade de Weibull. Aqui, a precisão temporal dos dados QuikSCAT não estará reflectida nos resultados, uma vez que a função de Weibull consiste uma distribuição de frequência cumulativa que não reflecte a coerência temporal. Uma descrição mais detalhada sobre estas metodologias estatísticas pode ser encontrada em Carvalho et al. (2012).

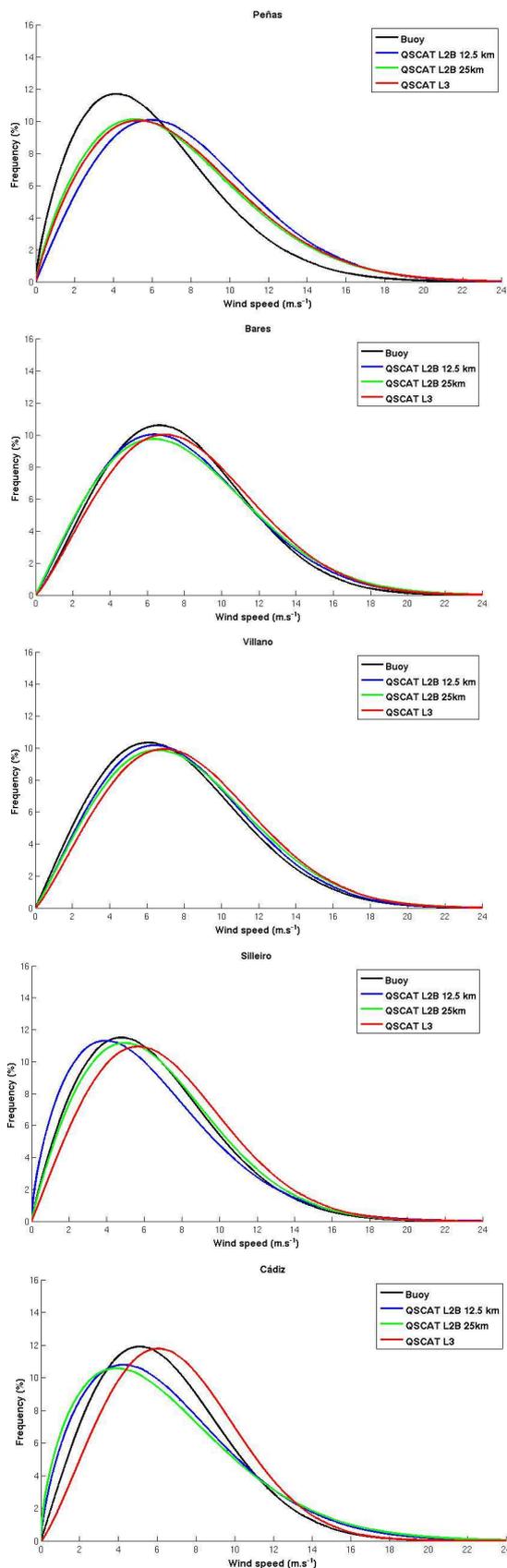
### 3 – Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos, para cada bóia e também em termos da média ponderada para as 5 bóias. Para a velocidade do vento, o produto L2B-12.5 apresenta o menor RMSE e STDE, e o L2B-25 o menor Bias. Os coeficientes de correlação são muito semelhantes entre todos os produtos QuikSCAT. Para a direcção do vento, o oposto é observado: L2B-25 mostra o menor RMSE e STDE, e o L2B-12.5 o menor Bias. Os coeficientes de correlação mais elevados são obtidos com os produtos L2B-25 e QL3. O produto L3 é o que apresenta os erros mais elevados. Para todos os produtos QuikSCAT os valores do Bias para a velocidade do vento são positivos, evidenciando uma tendência para o QuikSCAT sobrestimar a velocidade do vento. Para a direcção do vento, há uma tendência para os valores do Bias serem negativos na costa norte da Galiza (Peñas, Bares e Villano), indicando um desvio anti-horário, e positivo para a costa ocidental da Galiza (Silleiro) e do Golfo de Cádiz, indicando uma rotação no sentido horário do vento.

**Tabela 2-** Análise de erros

Bóia	Produto	RMSE		Bias		STDE		R	
		Vel. (m.s <sup>-1</sup> )	Dir. (°)	Vel. (m.s <sup>-1</sup> )	Dir. (°)	Vel. (m.s <sup>-1</sup> )	Dir. (°)	Vel. (m.s <sup>-1</sup> )	Dir. (°)
Peñas	L2B-12.5	2.42	54.86	1.21	-0.96	2.10	54.85	0.85	0.58
	L2B-25	2.10	59.41	0.87	-8.49	1.91	58.80	0.88	0.60
	L3	2.10	59.83	0.88	-9.21	1.91	59.12	0.88	0.61
Bares	L2B-12.5	1.13	44.60	0.22	-12.93	1.11	42.68	0.96	0.73
	L2B-25	1.29	37.50	0.34	-12.28	1.24	35.43	0.95	0.81
	L3	1.29	37.08	0.33	-12.01	1.25	35.08	0.95	0.79
Villano	L2B-12.5	1.40	44.87	0.50	2.79	1.31	44.78	0.94	0.84
	L2B-25	1.41	40.30	0.60	-1.97	1.28	40.25	0.95	0.86
	L3	1.48	40.12	0.59	-0.79	1.36	40.11	0.94	0.86
Silleiro	L2B-12.5	1.32	57.71	0.26	4.83	1.29	57.51	0.95	0.67
	L2B-25	1.52	57.62	0.15	7.02	1.51	57.19	0.92	0.68
	L3	1.45	58.92	0.10	4.90	1.45	58.72	0.93	0.67
Cádiz	L2B-12.5	1.13	54.80	0.32	1.32	1.08	54.78	0.96	0.63
	L2B-25	1.31	49.35	0.35	9.08	1.26	48.51	0.95	0.73
	L3	1.34	49.13	0.59	8.45	1.20	48.40	0.95	0.74
Média	L2B-12.5	<b>1.50</b>	<b>50.81</b>	<b>0.52</b>	<b>-0.95</b>	<b>1.39</b>	<b>50.37</b>	<b>0.93</b>	<b>0.70</b>
	L2B-25	<b>1.53</b>	<b>48.26</b>	<b>0.48</b>	<b>-1.88</b>	<b>1.44</b>	<b>47.50</b>	<b>0.93</b>	<b>0.74</b>
	L3	<b>1.54</b>	<b>48.42</b>	<b>0.51</b>	<b>-2.15</b>	<b>1.44</b>	<b>47.72</b>	<b>0.93</b>	<b>0.74</b>

A versão de alta resolução do QuikSCAT mostra os melhores resultados no que diz respeito à variabilidade temporal da velocidade do vento, devido aos menores valores de RMSE e STDE apresentados. No que diz respeito à representação da velocidade do vento em termos médios, o produto L2B com 25 km de resolução oferece os melhores resultados devido ao seu Bias menor. O oposto verifica-se para a direcção do vento, onde o produto L2B com 25 km de resolução mostra o melhor resultado em termos da variabilidade temporal e a versão de alta resolução é capaz de melhor descrever o comportamento médio da direcção do vento. Todos os produtos QuikSCAT apresentam resultados substancialmente piores para a bóia localizada no Cabo de Peñas. Este comportamento está relacionado com o facto de que esta é a única bóia localizada no interior da área de contaminação pela linha de costa. Este facto comprova, mais uma vez, que os dados de satélite mostram limitações na representação de ventos costeiros. Embora o produto QuikSCAT de alta resolução (L2B-12.5 km) seja aquele com os melhores resultados globais para todos as bóias, este não foi capaz de mostrar uma melhoria para a bóia mais próxima da costa (Peñas), mostrando até os piores resultados. Estes valores obtidos de RMSE e Bias para os produtos QuikSCAT estão em linha com os valores obtidos em estudos que também avaliaram a performance do QuikSCAT comparando os seus dados com dados medidos, para variadas zonas do globo: Ebuchi et al., 2002; Moore et al., 2008; Penabad et al., 2008; Pensieri et al., 2010; Pickett et al., 2003; Ruti et al., 2008; Sánchez et al., 2007; Satheesan et al., 2007; Tang et al., 2004. Seguidamente, são mostradas as funções de densidade de probabilidade de Weibull para a velocidade do vento.



**Figura 2** – Funções de densidade de probabilidade de Weibull para a velocidade do vento

Analisando a Figura 2, é visível que todos os dados QuikSCAT sobrestimam sistematicamente as frequências de velocidades do vento acima de 6-8 m.s<sup>-1</sup>, e subestimam as frequências de velocidades do vento abaixo de 5-6 m.s<sup>-1</sup>, fazendo com que as respectivas curvas de Weibull estejam claramente deslocadas para o lado direito do eixo da velocidade do vento em todas as bóias. As exceções são para a versão L2B-12.5 em Silleiro e Cádiz, e para a versão L2B-25 em Cádiz. Este deslocamento das curvas de Weibull revelam que os dados QuikSCAT apresentam uma maior frequência de ventos fortes e uma menor frequência de ventos fracos do que os dados medidos revelam. Esta conjugação da sobrestimação de frequências de ventos fortes conjugada com a subestimação das frequências de ventos fracos origina a sobrestimação global da velocidade do vento detectada nos resultados descritos na Tabela 1.

A subestimação de ventos fracos e a sobrestimação de ventos fortes reflectem o pior desempenho do QuikSCAT na presença de ventos fracos e fortes, como seria de esperar de acordo com o descrito na secção 2.1.

Todos os produtos QuikSCAT apresentam resultados semelhantes entre si, excepto para as bóias de Silleiro e Cádiz. Mais uma vez, detectam-se os piores resultados de todas as versões QuikSCAT para a bóia localizada no Cabo de Peñas, devido ao facto de ser a bóia mais próxima da costa e ser a única bóia localizada dentro da área de contaminação costeira. Também na Figura 2 se nota que o produto L2B de 12.5 km de resolução não oferece melhores resultados para a bóia mais perto da costa. No entanto, e apesar de não visível nos resultados apresentados, esta versão de alta resolução do QuikSCAT é capaz de oferecer um número significativamente maior de registos válidos para este local (Peñas) do que as restantes versões do QuikSCAT com 25 km de resolução.

#### 4 – Conclusões

O presente trabalho analisa e compara o desempenho de três produtos derivados do satélite QuikSCAT, com o objectivo de determinar qual destas versões oferece uma melhor representação do vento de superfície oceânico. Um ano completo de dados de vento obtidos dos produtos QuikSCAT L2B (12,5 e 25 km de resolução), QuikSCAT L3 e medições de cinco bóias localizadas ao longo da costa da Península Ibérica (costa galega e do Golfo de Cádiz) foram seleccionados para esta comparação. As principais conclusões são seguidamente sumarizadas.

- Para a velocidade do vento, a versão de alta resolução do QuikSCAT mostrou os melhores resultados no que diz respeito à variabilidade temporal (menores RMSE e STDE). Esta característica pode ser de grande importância na escolha de dados de vento oceânico de superfície como condições de forçamento de modelos meteorológicos/oceanográficos onde a precisão temporal dos dados é vital. Ainda para a velocidade do vento, a versão L2B de 25 km mostrou ser o produto com melhores resultados no que está relacionado com a representação da velocidade do vento em termos médios (menores Bias), o que pode tornar este produto preferível aos restantes para estudos de recurso eólico offshore, onde uma maior precisão em termos de velocidade média do vento são preferíveis. Todos os produtos QuikSCAT mostraram erros superiores na presença de ventos fortes e fracos e melhores performances para velocidades de vento intermédias, juntamente com uma tendência sistemática para sobrestimar a velocidade do vento.

- Para a direcção do vento, o produto L2B com 25 km de resolução mostrou o melhor resultado em termos da variabilidade temporal, enquanto que a versão de alta resolução foi capaz de descrever o comportamento médio da direcção do vento com mais precisão. Verificou-se uma tendência para os produtos QuikSCAT representarem o vento com uma rotação anti-horária na costa norte da Galiza e, inversamente, com uma rotação horária na costa ocidental da Galiza e Golfo de Cádiz.

- Todos os produtos QuikSCAT apresentaram resultados substancialmente piores para a bóia localizada mais perto da costa, que simultaneamente é a única bóia localizada no interior da área de contaminação pela linha de costa. Assim, os dados de satélite mostram limitações na representação de ventos costeiros devido á sua limitada resolução horizontal. O produto QuikSCAT de alta resolução não foi capaz de mostrar melhores resultados para este local, apesar de disponibilizar um maior número de registos válidos para este local e ser a versão QuikSCAT com os melhores resultados globais. Apesar de as diferenças entre os 3 produtos derivados das medições do QuikSCAT não serem significativamente grandes, a versão L3 em malha mostrou claramente que possui erros superiores. Provavelmente, o processo de “gridding” de todos estes dados introduziu desvios relativamente aos ventos reais.

#### Agradecimentos

D. Carvalho foi apoiado pela Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT) através da Bolsa de Doutoramento com a referência

SFRH/BD/73070/2010. I. Alvarez foi apoiada pelo Programa Ramón y Cajal. Este trabalho também foi parcialmente financiado pela Xunta de Galicia através do “Programa de Consolidación e Estruturação de Unidades de Investigación (Grupos de Referencia Competitiva)”, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

## Referências

Carvalho, D., Rocha, A., Gómez-Gesteira, M., Santos, C. (2012a). A sensitivity study of the WRF model in wind simulation for an area of high wind energy. *Environmental Modelling and Software*, 33, 23-34.

Dunbar, et al., (2006). QuikSCAT Science Data Product User Manual, Version 3.0, JPL Document D-18053 - Rev A, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA.

Ebuchi, N., Graber, H. C., Caruso, M.J. (2002). Evaluation of wind vectors observed by QuikSCAT/SeaWinds using ocean buoy data. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19, 2049-2062.

Hoffman, R. N., Leidner, S. M. (2005). An Introduction to the Near-Real-Time QuikSCAT Data. *Weather Forecast*. 20, 476-493.

Moore, G. W. K., Pickart, R. S., Renfrew, I. A. (2008). Buoy observations from the windiest location in the world ocean, Cape Farewell, Greenland. *Geophysical Research Letters*, 35, 5.

Peixoto, J. P., Oort, A. H. (1992). *Physics of Climate*. American Institute of Physics, Woodbury, N.Y.

Penabad, E., Alvarez, I., Balseiro, C. F., deCastro, M., Gomez, B., Perez-Munuzuri, V., Gomez-Gesteira, M. (2008). Comparative analysis between operational weather prediction models and QuikSCAT wind data near the Galician coast. *Journal of Marine Systems*, 72, 256-270.

Pensieri, S., Bozzano, R., Schiano, M. E. (2010). Comparison between QuikSCAT and buoy wind data in the Ligurian Sea. *Journal of Marine Systems*, 81, 286-296.

Pickett, M. H., Tang, W., Rosenfeld, L. K., Wash, C. H. (2003). QuikSCAT satellite comparisons with nearshore buoy wind data off the U.S. west coast. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 20, 1869-1979.

Ruti, P. M., Marullo, S., D’Ortenzio, F., Tremant, M. (2008). Comparison of analyzed and measured wind speeds in the perspective of oceanic simulations over the Mediterranean basin: Analyses, QuikSCAT and buoy data. *Journal of Marine Systems* 70(1/2), 33-48.

Sánchez, R., Relvas, P., Pires, H. O. (2007). Comparison of ocean scatterometer and anemometer winds off the southwestern Iberian Peninsula. *Continental Shelf Research*, 27, 155-175.

Satheesan, K., Sarkar, A., Parekh, A., Ramesh Kumar, M. R., Kuroda, Y. (2007). Comparison of wind data from QuikSCAT and buoys in the Indian Ocean. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 2375-2382.

Sharma, N., D’Sa, E., 2008. Assessment and Analysis of QuikSCAT Vector Wind Products for the Gulf of Mexico: A Long-Term and Hurricane Analysis. *Sensors*, 8, 1927-1949.

Tang, W., Liu, W. T., Stiles, B. W., (2004). Evaluation of high-resolution ocean surface vector winds measured by QuikSCAT scatterometer in coastal regions. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(8), 1762-1769.