

Estimativa numérica da velocidade de transferência do CO₂ na região do Oceano Atlântico Tropical

Fabio Fonseca¹; Jacyra Soares¹

¹Laboratório de interação ar-mar, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

E-mail: fabfonseca@gmail.com; jacyra@usp.br

RESUMO

Dentro do contexto atual, onde se investigam o papel dos gases do efeito estufa nas mudanças climáticas, é de suma importância tratar o transporte destas variáveis na interface oceano-atmosfera. Neste trabalho será apresentada uma estimativa numérica da velocidade de transferência do CO₂ para a região do oceano Atlântico tropical, variável que possui papel preponderante para o cálculo do transporte de CO₂ na interface oceano-atmosfera.

INTRODUÇÃO

O fluxo de CO₂ através da superfície oceano-atmosfera pode ser determinado pelo produto da velocidade de transferência k_{co_2} , que representa a resistência à troca de gases na interface (Jeffery, 2007) e o gradiente da pressão parcial do CO₂ (pCO_2), que representa o potencial para esta troca. Destas duas variáveis, a velocidade de transferência é a mais complexa de ser obtida, e implementações numéricas são utilizadas para a sua estimativa.

Fairall et al. (2000) apresentam uma parametrização para os fluxos de calor latente, sensível e momento na interface ar-mar levando em consideração importantes processos físicos presentes na coluna d'água oceânica e na camada limite atmosférica, como os efeitos de *cool skin*, *warm-layer* e efeito Webb. O algoritmo é baseado em Fairall et al. (1996b) com adição de conceitos de *surface renewal* como proposto por Soloviev e Schlüssel (1994). Hare et al. (2004) propõem uma especialização deste mesmo algoritmo, focada no fluxo de CO₂ na interface ar-mar e o batizaram de NOAA/COARE. O principal resultado obtido do NOAA/COARE é a velocidade de transferência para o CO₂, utilizada para o cálculo do fluxo de CO₂ por meio de fórmulas tipo bulk (Jeffery et al., 2007).

Os parâmetros de entrada para o NOAA/COARE são o fluxo de calor sensível, latente e momento e velocidade característica da atmosfera. Estes fluxos e a velocidade característica da atmosfera são obtidos pelo algoritmo de Fairall et al. (2000).

DADOS UTILIZADOS E REGIÃO DE ESTUDO

Para estimar a velocidade de transferência do CO₂ foram utilizados dados observados por uma bóia oceanográfica fundeada em (10°S, 10°W) do *Prediction and Research Moored Array over the Tropical Atlantic Ocean* (PIRATA; Servain et al., 1998; Bourlès et al., 2008).

A tabela 1 mostra o conjunto de dados utilizado neste trabalho.

Variável	Altura do sensor (m)	Resolução de coleta dos dados (min)
Vento zonal	4,0	10
Onda curta incidente	3,5	2
Temperatura da atmosfera	3,0	10
Umidade Relativa	3,0	10
Temperatura da superfície do mar	-1,0	10

Tabela 1: Conjunto de variáveis meteorológicas e oceanográficas medidos pela bóia PIRATA, altura dos sensores e resolução temporal. Período de dados corresponde à 01 de fevereiro de 2002 à 08 de fevereiro de 2002

O período de simulação (de 01 de fevereiro de 2002 à 08 de fevereiro de 2002) é aquele em que a ITCZ se apresenta sobre a região equatorial e foi escolhido por apresentar a menor contribuição de processos advectivos ao balanço de calor (Skielka, 2010), tornando possível a simulação dos processos físicos utilizando um modelo unidimensional.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Hare et al. (2004), aplica a teoria de similaridade de Monin-Obukov à camada limite oceânica e propõem relações de escala para a transferência de CO₂ entre oceano e atmosfera e uma nova equação para a velocidade de transferência do CO₂:

$$k_{CO_2} = \frac{u_{*a}}{\left(\left(\frac{\rho_w}{\rho_a} \right)^{1/2} r_w \right) r_a \alpha_{CO_2}} \quad (1)$$

onde u_{*a} é a velocidade característica da atmosfera, ρ_w é a densidade da água, ρ_a é a densidade do ar, r_w e r_a são as resistências adimensionais para o ar e a água, respectivamente, e sua apresentação completa está em Jeffery et al. (2007).

Para validar a estimativa da velocidade de transferência do CO₂ foram comparados qualitativamente os valores gerados para k_{CO_2} com aqueles de Jeffery et al. (2007). A escolha se deu pois Jeffery et al. (2007) utilizou metodologia semelhante a apresentada aqui e utilizou os mesmos dados e região de estudo.

Os resultados obtidos para k_{CO_2} (Figura 1.a, linha preta hachurada) na versão dos modelos deste trabalho é sempre subestimado em relação àqueles encontrados por Jeffery et al. (2007). Isto se deve ao fato do autor daquele trabalho ter proposto uma correção para eventos de ventos calmos e de grande produção térmica. Entretanto, o modelo utilizado aqui foi capaz tanto de produzir valores compatíveis aos dos outros autores quanto reproduzir a tendência linear de declínio com o passar dos dias, Figura 1.b.

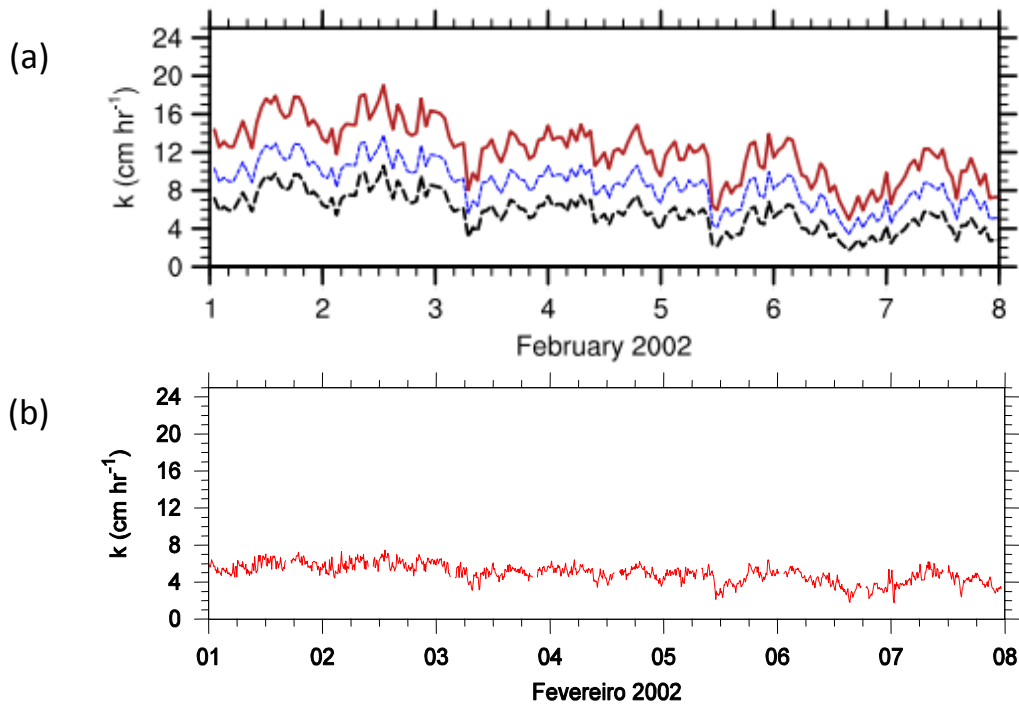


Figura 1: Velocidade de transferência calculada (a) Jeffery et al. (2007) – a linha preta tracejada é a compatível com as configurações utilizadas neste trabalho e (b) neste trabalho.

CONCLUSÕES

A estimativa numérica para a velocidade de transferência do CO_2 e sua validação qualitativa foram efetuadas com sucesso. Utilizando a parametrização de Hare et al. (2004) (NOAA/COARE) para a transferência de CO_2 em conjunto com os valores do fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível, fluxo de momento e velocidade característica da atmosfera obtidos pela parametrização de Fairall et al. (2000), foi efetuada a validação qualitativa do parâmetro. A validação se deu ao comparar o resultado obtido aqui com o de Jeffery et al. (2007), que utilizou metodologia, dados e modelos semelhantes aos apresentados aqui. O resultado foi satisfatório, apresentando valores compatíveis entre si para a velocidade de transferência do CO_2 . O presente resultado permitirá, no futuro, estimar o fluxo de CO_2 entre a interface oceano-atmosfera de maneira fisicamente mais consistente, a partir da concentração deste gás na atmosfera e de parâmetros meteorológicos e oceanográficos simples, como a temperatura do ar e do mar e outras.

REFERÊNCIAS

- Burchard, H., Bolding, K., Villareal, M. (1999). GOTM – a general ocean turbulence model. Theory, applications and test cases, Tech rep EUR 18745 EN., European Commission.
- Canuto, V. M., Howard, A., Cheng, Y., Dubovikov, M. S., Ocean turbulence I: one-point closure model. Momentum and heat vertical diffusivities with and without rotation, *J. of Phys. Oceanography*, 2001, vol. 31, p. 1413
- Fairall, C. W., Bradley, E. F., Godfrey, J. S., Wick, G. A., Edson, J. B., Young, G. S. (1996a). Cool-skin and warm-layer effects on sea surface temperature. *J. Geophys. Res.*
- Fairall, C. W., Bradley, E. F., Rogers, D. P., Edson, J. B., Young, G. S. (1996b). Bulk parameterization of air-sea fluxes for Tropical Ocean-Global Atmosphere Coupled-Ocean Atmosphere Response Experiment. *Journal of Geophysical Research*.
- Fairall, C. W., Hare, J. E., Edson, J. B., McGillis, W. (2000). Parameterization and Micrometeorological Measurement of Air-Sea Gas Transfer. *Boundary-Layer Meteorology*
- Hare, J.E., Fairall, C.W., McGillis, W.R., Edson, J.B., Ward, B., Wanninkhof, R. (2004). Evaluation of the National Oceanic and Atmospheric Administration/ Coupled-Ocean Atmospheric Response Experiment (NOAA/COARE) air-sea gas transfer parameterization using GasEx data. *Journal of Geophysical Research C: Oceans*
- Jeffery, C.D., Woolf, D.K., Robinson, I.S., Donlon, C.J. (2007). One-dimensional modelling of convective CO₂ exchange in the Tropical Atlantic. *Ocean Modelling*.