

## ANÁLISE SAZONAL DOS FLUXOS DE CO<sub>2</sub> E RESPIRAÇÃO EM ÁREA DE FLORESTA ALAGADA NA COSTA NORTE DO BRASIL

*Vanda M. S. Andrade<sup>1</sup>, Antonio C. L. Costa<sup>2</sup>, José M. N. Costa<sup>3</sup>, Paulo Henrique L. Gonçalves<sup>4</sup>, João de Ataydes Silva Júnior<sup>5</sup>, Yadvinder Malhi<sup>6</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa – UFV, Avenida PH Rolfs s/n, Viçosa – MG, 36570-000, Brasil - Tel. (0055+31) 3899 1901, e-mail: [vanda007@yahoo.com](mailto:vanda007@yahoo.com), [vanda007@vicosa.ufv.br](mailto:vanda007@vicosa.ufv.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará - [lola@ufpa.br](mailto:lola@ufpa.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa – [jmcosta@yahoo.com](mailto:jmcosta@yahoo.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal do Pará - [paulociclone@yahoo.com.br](mailto:paulociclone@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Universidade Federal do Pará - [athaydesjunior@yahoo.co.uk](mailto:athaydesjunior@yahoo.co.uk)

<sup>6</sup> Oxford University Centre for the Environment -UK [yadvindermalhi@ouce.ox.ac.uk](mailto:yadvindermalhi@ouce.ox.ac.uk)

### 1. INTRODUÇÃO

Há um grande interesse científico mundial na compreensão dos processos físicos e biológicos entre a superfície e a atmosfera, principalmente através da contribuição dos fluxos de CO<sub>2</sub>. Medições de gases atmosféricos, como CO<sub>2</sub>, evidenciam a importância dos ecossistemas na captura do carbono atmosférico, através da absorção de CO<sub>2</sub> à medida que a vegetação se desenvolve. Esse interesse científico tem sido o propósito de estudos dos fluxos turbulentos e energia em diferentes ecossistemas, como em área de floresta (Malhi e Grace, 2000), floresta de manguezal (Andrade, 2005), ecossistema Mediterrâneo (Pereira, 2007).

Com a expansão do uso de grandes áreas territoriais para exploração de madeira, sistemas agro-florestais e pastagens para o crescimento da pecuária, muitos ecossistemas nativos tem sido modificados causando com isso mudanças no clima local e contribuindo para alterações dos fluxos superficiais de energia, carbono. Torna-se, portanto, fundamental, a realização de estudos sobre os processos de troca de CO<sub>2</sub>, vapor d'água e de energia entre a atmosfera e ecossistemas tropicais como os manguezais.

O manguezal é um ecossistema, costeiro e tropical, dominado por espécies vegetais típicas adaptadas a um substrato periodicamente alagado, com grande variação de salinidade, onde a grande riqueza biológica desse ecossistema faz com que essas áreas sejam grandes berçários naturais. O manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés, e dominado por espécies vegetais típicas adaptadas a um substrato periodicamente alagado esses ecossistemas são formados por vegetação arbórea e situa-se entre os ambientes terrestre e aquático. Segundo (Rodrigues, 2006) os manguezais desenvolve-se em regiões de planícies ou vales alagados e deltas que possuem águas ricas em material em suspensão, com influência de marés e grande variação de salinidade. As regiões de maior ocorrência de área de manguezal são América Central e Caribe, Índia, Península da Indonésia, Brasil e Austrália. No Brasil a área estimada é de 10.000 a 25.000 km<sup>2</sup> (Geo-Brasil, 2002). São sistemas ecológicos, nos quais a grande riqueza biológica faz com que essas áreas sejam grandes berçários naturais. Com base a primeira série de dados de longo prazo obtidas em ecossistema de manguezal amazônico o

presente trabalho tem como objetivo de quantificar as magnitudes dos fluxos de CO<sub>2</sub>, em um ecossistema de manguezal, e analisar as suas variações sazonais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região litorânea nordeste do Estado do Pará Brasil no Município de Bragança, (01° 03' S, 46° 45' W e altitude média de 29 m). O sítio experimental está localizado 30 km da sede do município de Bragança, e a 9 km da Vila de Ajuruteua (litoral). A Figura 1 ilustra a localização da área. Os dados utilizados neste trabalho foram processados e organizados em médias horárias e em base mensal, de novembro de 2002 a setembro de 2003.

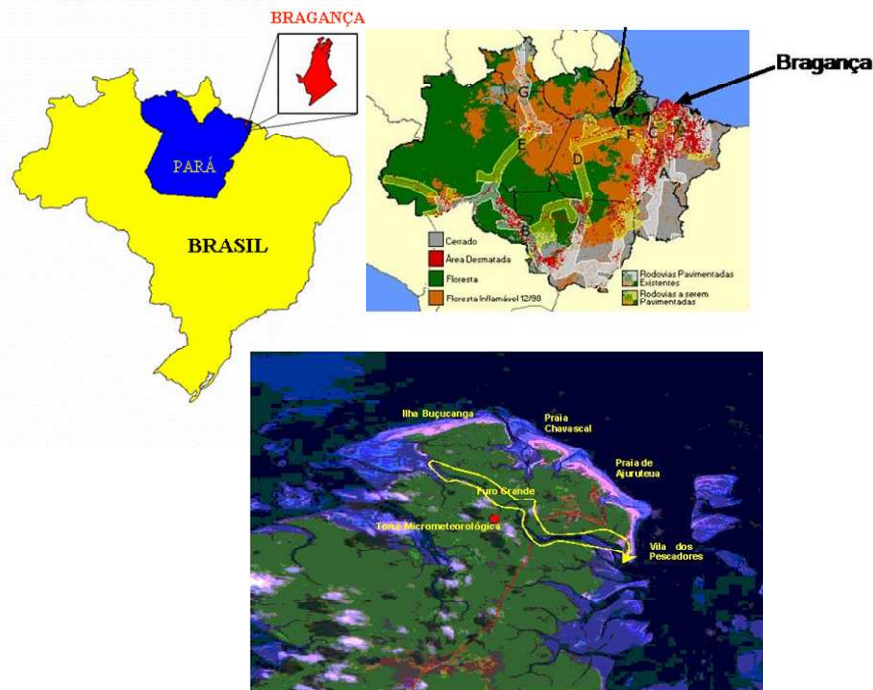


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo no Estado do Pará, Brasil

### Característica da vegetação

As espécies que caracterizam o manguezal do sítio experimental, segundo (Ribeiro *et al* 2001), é do tipo exuberante, com árvores lenhosas e arbustos densos e altos, sendo a altura das árvores em média de 20 m. Segundo levantamento de (Silva 1997), as espécies predominantes nesse sítio experimental são o mangue-vermelho, Figura 2a, (*Rhizophora mangle*), Siriúba, Figura 2b, (*Avicennia germinans*) e o mangue-branco, Figura 2c, (*Laguncularia racemosa*).



Figura 2. Espécies que caracterizam o manguezal no sítio experimental

## METODOLOGIA

Para o cálculo dos fluxos foi utilizado a técnica micrometeorológica dos vórtices turbulentos “*eddy covariance*”. Por meio do sistema *Edisol*, o qual foi desenvolvido na Universidade de Edinburgh UK (Moncrieff *et al.*, 1997), para medidas de fluxos de superfície de calor, *momentum*, gás carbônico e vapor de água. O sistema considerado é denominado “*close path*” em modo de operação absoluto, constituído por um Anemômetro sônico 3D (Solente R-3 Gill Instruments, Lymington, UK) e um analisador de gás infravermelho LiCor modelo 6262 (LICOR, Lincoln, Nebraska USA). Segundo (Rizzo, 2006) a necessidade de um equipamento de alta frequência é de fundamental importância para a obtenção de todos os fluxos turbulentos. No presente trabalho a frequência utilizada na saída digital foi de 20 Hz, e os dados foram armazenados em um computador portátil. Os fluxos foram calculados em tempo real para um período de 30 minutos, e processados através do software “*Edire*” que tem a flexibilidade de ler a maioria dos formatos de dados brutos de covariância dos vórtices turbulentos.

Dados meteorológicos como radiação solar global, temperatura do ar, saldo de radiação, precipitação entre outros envolvidos no trabalho foram obtidos através de uma estação automática modelo CR10X da marca Campbell Scientific a qual foi programada para coletar e armazenar dados a cada 30 minutos.

### 3. RESULTADOS

A Figura 3 ilustra a variação sazonal ao longo do período de estudo dos fluxos de CO<sub>2</sub>. Por conversão foi adotado para o sentido dos fluxos de CO<sub>2</sub> o valor positivo ocorrendo no período noturno, representado, assim, a respiração do ecossistema, assim como valores negativos durante o dia caracterizando a absorção do CO<sub>2</sub> pelas plantas. Observando a magnitude dos fluxos durante a estação chuvosa. Verifica-se que nos três primeiros meses que precedem a estação chuvosa (novembro, dezembro e janeiro) a média dos fluxos foi de -9,39  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Para esse período, considerado de transição, a magnitude dos fluxos pode estar sendo influenciada pelas condições de restrições hídricas do período menos chuvoso da região, causando assim uma condição de restrição natural nas plantas às trocas gasosas com a atmosfera. Nos meses típicos da estação chuvosa (fevereiro a maio) a média dos fluxos de CO<sub>2</sub> foi de -13,35  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Nesse caso, é bem observado o aumento na magnitude dos fluxos, devido a ausência de restrições hídricas, ocorre o favorecimento na assimilação do CO<sub>2</sub> no ambiente. Nos três últimos meses, de transição entre a estação chuvosa e menos chuvosa, (junho, julho e agosto), a média dos fluxos foi de -11,18  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Para tal condição há uma redução na magnitude dos fluxos, porém, bem maior em relação ao período precedente a estação chuvosa, o que provavelmente está relacionado ao volume de água do solo no ambiente, o qual ainda não provoca restrições hídricas significativas a ponto de interferir nos processos fotossintéticos. Trabalho desenvolvido por (Randow *et al.*, 2004) para floresta tropical obteve valores sazonais de -14,4  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  para a estação chuvosa e -10,5  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  na estação seca. Segundo (Hogarth, 1999), o manguezal obtém muito proveito na eficiência de assimilação da CO<sub>2</sub> no sentido da economia de água por estar em um ambiente periodicamente alagado e por ter espécies tolerantes ao alto grau de salinidade.

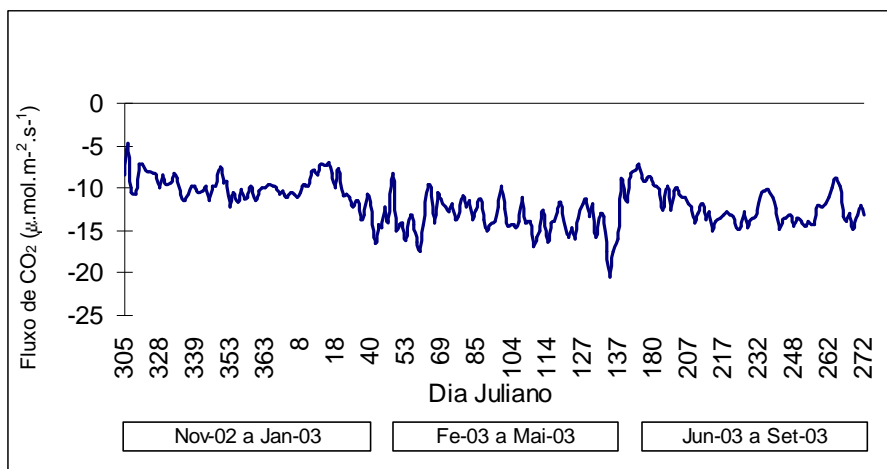


Figura 3. Variação sazonal dos fluxos de CO<sub>2</sub> do dia juliano 305, correspondente a (novembro 2002) ao dia juliano 272 (setembro de 2003).

Está apresentado na Figura 4 a variação sazonal das taxas de respiração noturna do ecossistema de manguezal, associada com a variação da temperatura do ar. As menores taxas de respiração ocorreram durante a estação chuvosa, enquanto os maiores valores ocorreram em junho, na transição entre a estação chuvosa e menos chuvosa, apresentado um valor máximo  $7.0 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . (Carswel *et al.*,2002), observou o mesmo padrão na respiração noturna em uma floresta primária na amazônia ocidental, onde os maiores valores de respiração ocorreram na estação seca, com valor de  $8.2 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , comparado com valor de  $7.1 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  na estação chuvosa da região. Padrão semelhante na variação sazonal desses fluxos, são diretamente relacionados a temperatura, afirma (Carswel *et al.*,2002), e ainda, que essa diferença está relacionada diretamente ao aumento de  $1^\circ\text{C}$  na temperatura do ar quando muda-se da estação da estação seca para a chuvosa.

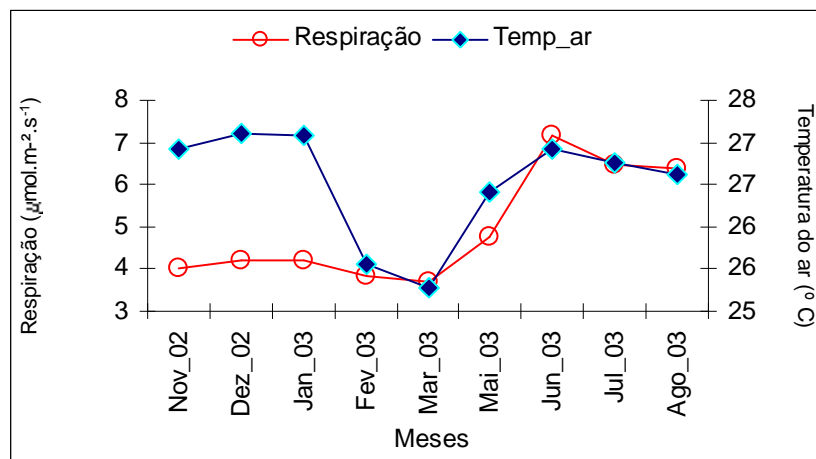


Figura 4 .Variação sazonal das taxas de respiração e a temperatura do ar para todo o período de 2003 à 2003.

#### 4. CONCLUSÃO

Na floresta de manguezal houve variação na magnitude dos fluxos em função da sazonalidade; condição diretamente relacionada ao volume de água e radiação no ambiente. O que diferenciou o padrão dos fluxos de  $\text{CO}_2$  da floresta de manguezal e os da floresta de terra firme foi a magnitude dos fluxos, sendo ainda que no manguezal ocorreu uma pequena diferença nos valores do  $\text{CO}_2$  dentre as estações. Padrão esse devido as condições ambientais que incluem espécies típicas, bem adaptadas as condições adversar, tais como teor de salinidade, além de possuir uma condição diferenciada da floresta de terra firme que seria o conteúdo de água sempre presente, favorecendo assim, a condição de boa disponibilidade hídrica, o que na falta poderia interferir na redução significativa das assimilações gasosas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE,V.M.S. (2005). Fluxos de  $\text{CO}_2$ , Vapor D'água e de Energia em Ecossistema de Manguezal em Bragança-Pa. Departamento de Engenharia Agrícola. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa. Magister Scientiae.: 68p.

CARSWELL, F. E.; COSTA, A. C. L.; PALHETA, M.; MALHI, Y.; COSTA, J.P.R.; LEAL, L.S.M.; COSTA, J.M.N.; CLEMENTE, R.J.; GRACE, J. (2002). Seasonality in CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O flux at an eastern Amazonian rain forest. *Journal Geophysical Research*, v.107, n.D20, art. N. 8076,

GEO-BRASIL-2002. *Perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Publicado em parceria com Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente-PNUMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis- IBAMA e Universidade Livre da Mata Atlântica.

MALHI, Y.; GRACE, J. 2000. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 15, p. 332-337,

MONCRIEFF, J. B.; MASSHEDER, J. M.; DE BRUIN, H.; ELBERS, J.; FRIBORG, T.; HEUSINKVELD, B.; KABAT, P.; SCOTT, S.; SOEGAARD, H.; VERHOEF, A. A (1997). System to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide. *J. Hydrol.*, p. 589-611,

PEREIRA, J. S., MATEUS, J.A., AIRES, L.M., PITA, G., Pio, C., ANDRADE, V., BANZA, J., DAVID, T.S., RODRIGUES, A.(2007). David, J.S. Effects of drought – altered seasonality and low rainfall – in net ecosystem carbon exchange of three contrasting Mediterranean ecosystems. *Biogeosciences* Vo.4 pp 1405-2109

RANDOW, C. V.; MANZI, A. O.; KRUIJIT, B.; OLIVEIRA, P. J.; ZANCHI, F. B.; SILVA, R. L.; HODNETT, M. G.; GASH, J. H. C.; ELBERS, J. A.; WATERLLO, M. J.; CARDOSO, F. L.; KABAT, P.(2004) Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. *Theor. Appl. Climatolo*, v. 1, p. 22.

RIZZO, L. V. (2006). Os fluxos turbulentos de partículas e de compostos orgânicos voláteis, e a distribuição vertical de aerossóis na baixa troposfera da Amazônia. Instituto de Física. São Paulo Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado: pp 227.

RIBEIRO, J. B. M. (2001). *Micrometeorologia do manguezal e o impacto do desmatamento*. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos-SP.

RODRIGUES, H. J. B. (2006). Balanço De Radiação, Energia E Fluxo De Co<sub>2</sub> Em Ecossistema De Manguezal Na Amazônia. Viçosa - MG, Univerisidade Federal de Viçosa Doctor Scientiae.: 226.

SILVA, A. B.; CARVALHO, E.A.(1997). *Manguezal – Conhecer para conservar*. Núcleo de Meio Ambiente/Universidade Federal do Pará-Pará,1997.