

ISSN 0104-1347

# Variação sazonal do fluxo de CO<sub>2</sub> atmosférico em um ecossistema de manguezal da Amazônia

## Atmospheric CO<sub>2</sub> flux seasonality in an Amazonian mangrove ecosystem

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza<sup>1</sup>, Edson Jose Paulino da Rocha<sup>2</sup>,  
Rafael Ferreira da Costa<sup>3</sup>, José Maria Nogueira da Costa<sup>4</sup>

**Resumo:** Os estudos de fluxos de carbono em diferentes ecossistemas na região Amazônica são de fundamental importância para se compreender o funcionamento desses ecossistemas no seqüestro de carbono. Para isso realizou-se um estudo sobre o comportamento médio do fluxo de CO<sub>2</sub> atmosférico em uma área de manguezal localizada no leste do Estado do Pará, utilizando uma torre micrometeorológica de 27m, com um sistema de correlação de turbilhões. Observou-se uma pronunciada variação sazonal nos fluxos de CO<sub>2</sub> no ecossistema estudado entre os períodos seco e chuvoso da região. A máxima densidade de fluxo de CO<sub>2</sub> sob saturação de radiação PAR variou de  $-10\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , no período mais seco do ano, até  $-15\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  na época chuvosa. A respiração noturna não apresentou diferença expressiva entre as estações, variando de  $3,9\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  no período seco para  $3,5\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  no período chuvoso. Em ambas as estações, o manguezal funcionou como sumidouro de carbono da atmosfera, apresentando uma taxa de retirada de  $7,9\text{ kg C ha}^{-1}\text{ dia}^{-1}$  e  $18,2\text{ kg C ha}^{-1}\text{ dia}^{-1}$  nas estações seca e chuvosa, respectivamente.

**Palavras-chave:** micrometeorologia, floresta tropical, correlação de turbilhões, fotossíntese, seqüestro de carbono.

**Abstract-** This study was carried out to evaluate the atmospheric CO<sub>2</sub> flux variation in a mangrove ecosystem located in the east of the State of Pará, Brazil, by using a micrometeorological tower 27 m high and an eddy correlation system. It was found a strong seasonality in CO<sub>2</sub> flux between dry and rainy periods of the region, with maximum CO<sub>2</sub> flux under PAR saturation ranging from  $-10\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  to  $-15\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , respectively. The night respiration did not show difference between seasons, varying from  $3,9\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  in the dry period to  $3,5\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  in the rainy period. In both seasons mangrove ecosystem acted as sink of carbon from the atmosphere, presenting an uptake of  $7,9\text{ kg C ha}^{-1}\text{ dia}^{-1}$  and  $18,2\text{ kg C ha}^{-1}\text{ dia}^{-1}$  at dry and rainy seasons respectively.

**Key-words:** micrometeorology, rain forest, eddy correlation, photosynthesis, carbon.

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Instituto Sócio Ambiental e dos Recursos Hídricos, Belém, CEP 66077-530 00, PA, Brasil, paulo.jorge@ufra.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará (UFPA), Departamento de Meteorologia, Belém-PA, Brasil, eprocha@ufpa.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Doutorando em Meteorologia, Campina Grande-PB, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, MG, Brasil, jmcncosta@ufv.br

## Introdução

A região Amazônica ocupa uma área de cerca de 6,3 milhões de km<sup>2</sup> e é considerada a maior floresta tropical úmida de todo o globo, tendo uma grande importância como fonte de calor na determinação da circulação geral da atmosfera (NOBRE *et al.*, 1991).

Nos últimos anos tem-se observado um aumento considerável no estudo dos fluxos de CO<sub>2</sub> em diferentes tipos de ecossistemas com o objetivo de se tentar compreender o funcionamento dos mesmos em relação ao sequestro de carbono (CERRI *et al.*, 1995). Muitos trabalhos já foram realizados no intuito de observar os fluxos atmosféricos de CO<sub>2</sub> utilizando o método de correlação de turbilhões (*eddy correlation*), baseado na técnica de correlação de vórtices turbulentos, cuja metodologia tem sido empregada com sucesso no Brasil em áreas de florestas (GRACE *et al.*, 1996; MALHI *et al.*, 1998; RANDOW *et al.*, 2004), cana-de-açúcar (ROCHA *et al.*, 1999) e cerrado (MIRANDA *et al.*, 1996; VOURLITIS *et al.*, 2004).

Porém, muito pouco se conhece a respeito da biodiversidade dos manguezais e as respostas da vegetação às condições climáticas atuais, especificamente, a região costeira do estado do Pará, que é muito carente de dados micrometeorológicos que caracterizem climatologicamente os manguezais (RIBEIRO *et al.*, 1998). Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar as características do fluxo de CO<sub>2</sub> no ecossistema de manguezal e sua relação com as condições micrometeorológicas locais.

## Material e Métodos

O município de Bragança localiza-se a nordeste do Estado do Pará, na microrregião Bragantina, com uma área de 3258 km<sup>2</sup> e está localizada entre as coordenadas 01°03'S e 46°45'W. O manguezal nordeste do Estado do Pará abrange o estuário do rio caeté, em cuja margem localiza-se o município de Bragança.

O Projeto CARBOPARA-LBA operou um sítio experimental na área (00°50'31''S; 46°38'56''W; 30m), cuja floresta possui um dossel com altura média de 18 m e árvores emergentes de até 25m. As espécies vegetais predominantes são: mangu

vermelho (*Rhizophora mangle*), siriúba (*Avicennia germinans*) e mangu branco (*Laguncularia racemosa*) (RIBEIRO *et al.*, 1998).

Na micro-região Bragantina, a temperatura do ar apresenta pequena variação anual, com as temperaturas máximas, médias e mínimas em torno de 31,3°C; 25,9°C e 21,2°C, respectivamente. Porém, verifica-se grande amplitude térmica diária, superiores a 10°C, principalmente na estação menos chuvosa (junho/dezembro). Os valores médios mensais de umidade relativa do ar apresentam-se elevados durante todo o ano, variando entre 77% e 91% (BRASIL, 1992).

A precipitação pluvial apresenta maior variabilidade, embora esta região se caracterize por ser uma das mais chuvosas do Brasil, com valor médio anual da ordem de 2544,8mm. Apesar das variações, observa-se a existência de duas épocas de características distintas quanto à distribuição das chuvas, uma estação chuvosa que vai de janeiro a maio, e outra época menos chuvosa, que vai de junho a dezembro.

Os dados utilizados foram coletados durante o período de Novembro de 2002 a Março de 2003, que correspondem à transição do período seco para o chuvoso da região, respectivamente. Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos através de uma estação automática contendo um sistema automático de aquisição de dados (Campbell Scientific, CR10) instalada em uma torre de 27m de altura (Figura 1), realizando medidas a cada 5 minutos e médias a cada 30 minutos. Foram medidas a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (PAR), a irradiância solar global incidente (Sin), temperatura do ar, velocidade do vento e precipitação.

O fluxo de CO<sub>2</sub> e a velocidade de fricção (u\*) foram estimados utilizando-se a técnica de correlação de turbilhões, através de um sistema do tipo "closed path" constituído por um anemômetro sônico de e dimensões (Solent R-3, Gill instruments, Lymington, UK) e um analisador de gás por infravermelho modelo LiCor 6262 (LICOR, Lincoln, Nebraska, USA). As medidas instantâneas de velocidade vertical de vento foram feitas a uma frequência de 20Hz, enquanto que a medida da concentração de carbono foi feita a 5 Hz. O sinal

analógico do analisador de gás era enviado para o anemômetro sônico, onde era digitalizado e combinado com os dados de vento. A saída digital combinada era coletada a 20Hz de frequência em um computador portátil e os fluxos estimados em tempo real usando-se o algoritmo “Edisol” da Universidade de Edinburgo (MONCRIEFF *et al.*, 1997).



**Figura 1.** Vista lateral da torre micrometeorológica no ecossistema de manguezal

A calibração do analisador de gás infravermelho foi realizada uma vez por mês usando-se fontes de CO<sub>2</sub> de concentração conhecida e um gerador de temperatura do ponto de orvalho (Licor LI-610 dew point generator, Lincoln, Nebraska, USA) para a aferição do sensor de umidade. Para este estudo, o analisador foi usado no módulo absoluto, onde a câmara de referência foi mantida no zero, usando-se uma combinação dos químicos Sodalime, Drierite e Perclorato de Magnésio, responsáveis por absorver o CO<sub>2</sub> e o vapor d’água do ar que atravessava a câmara de referência, mantendo o ar isento de vapor d’água e CO<sub>2</sub>. A

manutenção do sistema e a substituição das substâncias químicas utilizadas seguiram as recomendações de MONCRIEFF *et al.* (1997).

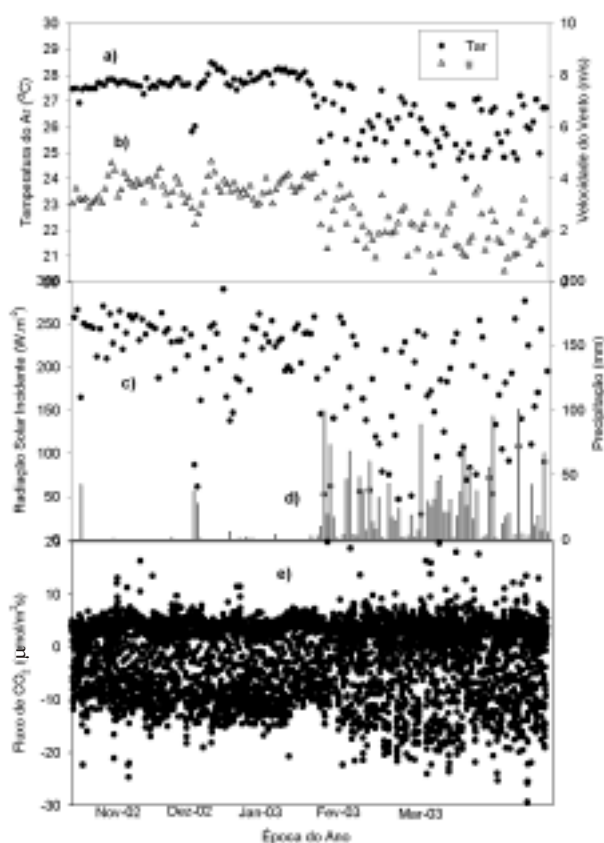
Segundo GRACE *et al.*, (1996), o saldo das trocas de CO<sub>2</sub> entre o ecossistema e a atmosfera (Net Ecosystem Exchange – NEE) pode ser determinada pela soma entre o fluxo de CO<sub>2</sub> medido acima da floresta pelo sistema e correlação de turbilhões e a quantidade armazenada no dossel. Os dados apresentados neste trabalho representam apenas a componente medida acima da copa das árvores, desconsiderando a variação do armazenamento. Assim, os dados apresentados neste estudo não indicam a fotossíntese realizada pelo ecossistema, mas apenas as trocas de CO<sub>2</sub> entre a atmosfera e o ecossistema.

Tomando como referência a metodologia de KRUIJT *et al.* (2004), definiu-se como período diurno o intervalo compreendido entre as 6:00 e 18:30, e período noturno aquele compreendido entre as 19:00 e as 05:30. Sendo assim, os valores médios e totais das 24 horas do fluxo de CO<sub>2</sub> de um determinado dia, referem-se ao intervalo de 19 do dia anterior às 18:30 do dia em questão.

## Resultados

A média diária de temperatura (Figura 2a) quase não apresentou variação durante os meses de novembro a janeiro, ficando em torno de 27-28 °C, porém apresenta uma queda nos meses seguintes (25-26 °C). Esta diferença na temperatura do ar tem como conseqüência uma influência no metabolismo do ecossistema, podendo estar associado à pequena diferença observada no fluxo noturno de CO<sub>2</sub> durante o período de maior temperatura, devido ao seu efeito na velocidade das reações químicas e dos processos internos de transporte (PEREIRA *et al.*, 2002). A radiação incidente apresenta no início do período estudado valores médios diários de 250 W m<sup>-2</sup>, tendendo a uma diminuição nos meses seguinte devido ao início do período chuvoso e aumento na nebulosidade até o final do mês de março (Figura 2c).

Por estar localizado em uma região litorânea, o ecossistema de manguezal apresenta velocidade média diária do vento bastante alta quando comparada a outras áreas. Em média a velocidade atinge cerca de 3-4 m s<sup>-1</sup>, diminuindo a partir do mês de fevereiro para 2 m s<sup>-1</sup> (Figura 2b). Nota-se



**Figura 2.** Condições meteorológicas no manguezal entre o período de novembro de 2002 a março de 2003.

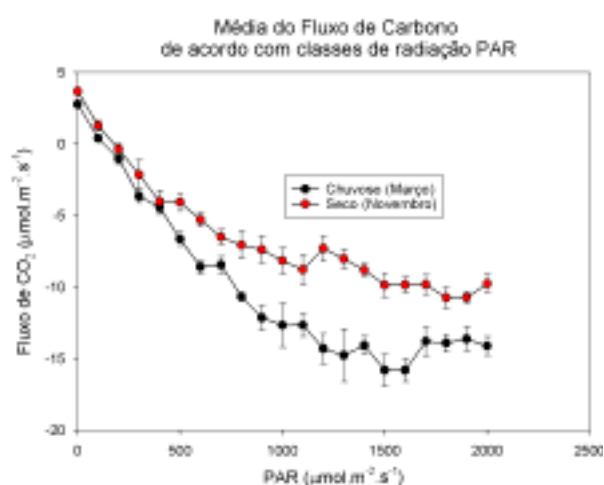
que a sazonalidade no fluxo de CO<sub>2</sub> medido acima da copa, tem uma relação muito forte com a quantidade de água disponível. Na Figura 2e é possível observar um aumento gradual no fluxo de CO<sub>2</sub> (valores negativos), que acompanha o aumento da precipitação ao longo do período chuvoso (a partir de fevereiro), conforme visto na Figura 2d.

A curva de resposta do fluxo em relação à radiação fotossintética (PAR) é apresentada na Figura 3. Foram obtidos os valores médios do fluxo de CO<sub>2</sub> medidos acima do dossel para cada classe de radiação PAR (100  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), onde se percebe que a resposta do ecossistema à luz é bastante diferente durante os períodos seco (novembro) e chuvoso (março).

O máximo fluxo de CO<sub>2</sub> sob saturação de radiação PAR apresentou forte variação entre as duas condições estudadas. O valor médio ficou em torno de  $-10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  durante a época seca, atingindo cerca de  $-15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  no período

chuvoso. Apesar de haver um aumento considerável na nebulosidade entre as duas estações, percebe-se que em ambos os casos, a saturação acontece em torno de  $1400\text{-}1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de radiação PAR, ocorrendo com mais antecedência no período seco, devido à redução da disponibilidade de água no solo (WILLIAM *et al.*, 2001).

Até cerca de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de radiação PAR, nota-se que a resposta fotossintética pelo ecossistema é mais rápida no período chuvoso, o que pode ser constatado pela inclinação da curva (Figura 3).



**Figura 3.** Curva de resposta do fluxo de CO<sub>2</sub> à densidade de fluxo de fótons fotossintéticos: (a) período seco e (b) período chuvoso.

Durante noites calmas, quando o vento é fraco na maioria das vezes, a respiração da floresta acontece sob condição de estabilidade, e as medidas de fluxos frequentemente são baixas. Isto se torna um problema para a técnica de vórtices turbulentos e algumas correções precisam ser realizadas (KRUIJT *et al.*, 2004). Segundo RANDOW *et al.* (2004), com o objetivo de se considerar esta possível perda durante a noite, vários pesquisadores relacionam as medidas de NEE com os valores de velocidade de fricção ( $u^*$ ) e descartam os dados obtidos sob condições de baixo  $u^*$  (MILLER *et al.*, 2004). A aplicação de correções aos dados noturnos deve ser realizada com bastante cautela uma vez que vários trabalhos indicam que a interpretação das medidas noturnas é fonte de incerteza na exatidão

dos totais diários ou anuais nas trocas de  $\text{CO}_2$  nos ecossistemas tropicais (KRUIJT *et al.*, 2004; MILLER *et al.*, 2004).

Neste trabalho, nenhuma correção foi aplicada aos dados noturnos, sendo considerado no cálculo dos fluxos todos os dados, devido ao fato de que o objetivo aqui é apenas apresentar as diferenças e padrões sazonais e uma vez que, no ecossistema de Manguezal de Bragança, a presença constante de circulação de ar devido às brisas, ocasiona uma forte mistura por toda a extensão do manguezal, mesmo durante a noite, gerando assim condições esporádicas de estabilidade.

Percebe-se na Figura 4 que, tanto no período chuvoso como no seco, as medidas realizadas pelo sistema de correlação de turbilhões durante a noite, são feitas fora das condições de vento calmo. Na estação seca, 100% das medidas noturnas foram realizadas com velocidade de fricção acima de  $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ , enquanto que no período chuvoso este valor diminui para 86%.

Em média a respiração noturna não apresentou muita diferença entre as estações, ficando em torno de  $3,9$  e  $3,5 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , durante a época seca e chuvosa, respectivamente (Tabela 1). Esses resultados sugerem que o máximo fluxo de  $\text{CO}_2$  responde mais rápido às variações sazonais de chuva e umidade do solo do que a respiração noturna,

levando-se em conta que a variável chuva seja o regulador do teor de umidade entre as estações.

No entanto, a pequena diferença observada na respiração noturna está indiretamente associada à condição de estabilidade/instabilidade da região, pois a natureza dos fluxos noturnos varia dependendo das condições meteorológicas (MALHI *et al.*, 1998). Durante noites calmas, sob condições muito estáveis, a maior parte da respiração fica armazenada no dossel, sendo reabsorvida ou liberada no início da manhã, enquanto que sob condições menos estáveis o fluxo de carbono é liberado intermitentemente através da noite, gerando maiores valores para o fluxo noturno.

OLIVEIRA *et al.* (2001), encontraram resultados semelhantes em um ecossistema de floresta na Amazônia. Durante a noite, o fluxo de  $\text{CO}_2$  durante o período seco, foi maior em condições de vento forte; e em média, não só o fluxo noturno como também o diurno aumenta de condições com ventos fracos, para condições com vento forte.

Pode-se observar na Figura 5, que a respiração noturna em sistemas de manguezal não sofre muita influência da sazonalidade, sendo este efeito mais marcante no fluxo diurno, conforme foi visto anteriormente. É possível notar que o pico máximo médio de fluxo de  $\text{CO}_2$  é maior no período chuvoso ( $-12,7 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) do que na estação seca

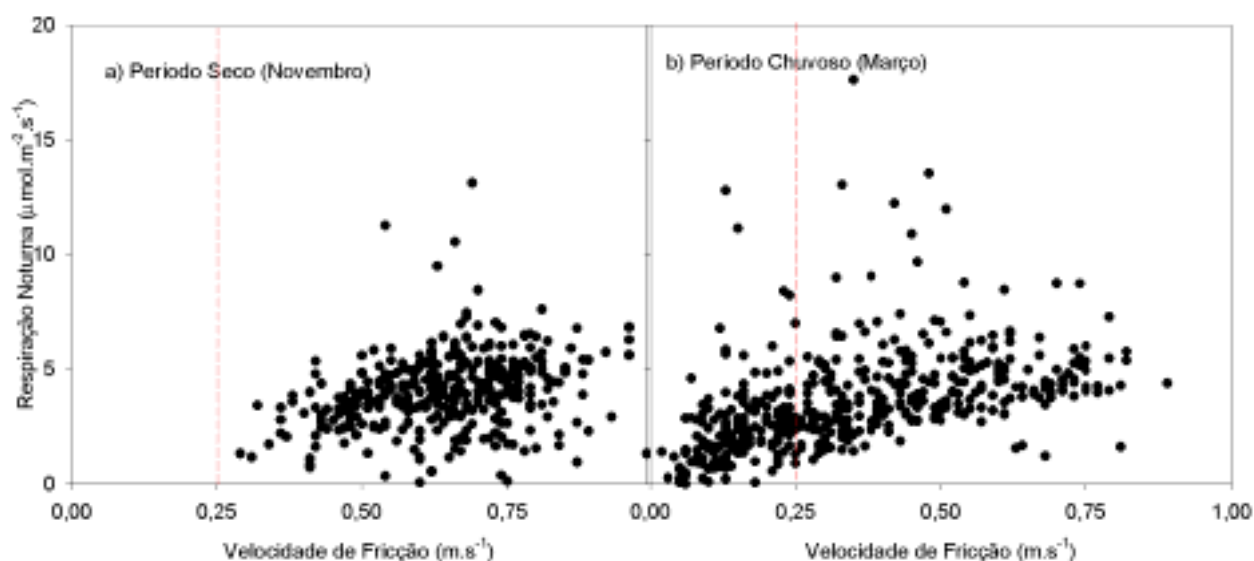
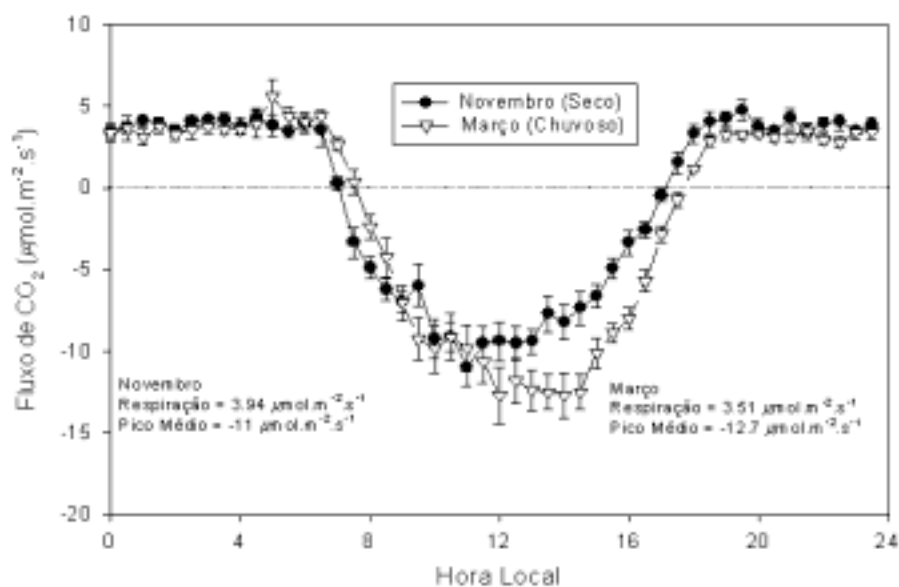


Figura 4. Velocidade de fricção e respiração noturna no manguezal paraense

**Tabela 1.** Valores médios do fluxo de CO<sub>2</sub> no ecossistema de manguezal paraense.

	(μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			(kg C ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
	Diurno	Noturno	Pico Máximo	Total Diário
Período Seco	-4,8(±0,22)	3,9(±0,36)	-11,4(±1,14)	-7,94(±1,93)
Período Chuvoso	-6,2(±0,51)	3,5(±0,26)	-12,7(±1,74)	-18,24(±2,72)
Influência da Sazonalidade (Diferença entre período seco e chuvoso)				
Seco - Chuv	1.40	0.4	5.0	10.3
(Seco – Chuv)/Chuv (%)	-22.58	11.43	-27.94	-56.5

**Figura 5.** Ciclo diurno médio do fluxo de CO<sub>2</sub> no período seco e chuvoso no manguezal paraense.

(-11,0 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), com um rápido declínio da curva a partir deste valor durante a época seca, representando desta maneira a necessidade das plantas em diminuir a taxa fotossintética devido à escassez de água (WILLIAM *et al.*, 2001).

Os valores médios encontrados para ambos os períodos encontram-se na Tabela 1, com fluxos diurnos de -6,2 e -4,8 μmol. m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>, na estação chuvosa e seca, respectivamente. De acordo com ROCHA *et al.* (2004), uma análise do fechamento no balanço de energia dos dados medidos pelo sistema correlação de turbilhões fornece uma medida da precisão dos fluxos gerados. Os mesmos autores encontraram para a Floresta Nacional de Tapajós um fechamento no balanço de energia de 87%, indicando

que as trocas turbulentas de energia e CO<sub>2</sub> são subestimadas em 13%. Resultados encontrados por OLIVEIRA *et al.* (2003), mostram que de forma geral, o fechamento do balanço de energia chega a 82% na esta região de Manguezal de Bragança (R<sup>2</sup> = 0,88), com interceptação de -15,2. Portanto, os resultados apresentados neste trabalho referem-se a valores subestimados em cerca de 18%.

Vários estudos baseados na técnica de correlação de turbilhões mostram que o sistema subestima as emissões do fluxo de CO<sub>2</sub> durante a noite se a mistura turbulenta é reduzida. Mesmo que os dados sejam propriamente corrigidos pelo termo de armazenamento de CO<sub>2</sub> ao longo do dossel, a troca do ecossistema nestas condições é menor do

que os valores medidos sob condições de noites com vento forte. No entanto, considerando-se totais (diários ou intervalo maior) dos fluxos, observa-se uma pequena dependência destes totais em relação à turbulência durante a noite (KRUIJT *et al.*, 2004).

A Figura 6 apresenta o total de carbono acumulado pelo ecossistema, o qual também apresentou forte influência da sazonalidade. Durante o período diurno, o fluxo total foi de  $-30,5$  kg C/hadia (chuvoso) e de  $-26,7$  kg C/hadia (seco) enquanto que a noite o total para o período chuvoso foi de  $+15,9$  kg C/ha dia, e de  $18,8$  kg C/ha dia para a época seca.

Em ambas as estações, o manguezal funciona como um sumidouro de carbono, com valores de absorção de carbono variando de  $18,24$  kg C/ha.dia para  $7,94$  kg C/ha.dia, durante a época chuvosa e seca, respectivamente, uma diminuição de cerca de 56% (Tabela 1).

Levando-se em consideração a amostragem de dados usados, o ecossistema de manguezal funciona como sumidouro de carbono em ambas as estações, com uma taxa média de  $2,8$  TC  $ha^{-1}ano^{-1}$ , no período seco, e  $5,2$  TC  $ha^{-1}ano^{-1}$ , no período

chuvoso. Esses dados reforçam as colocações de MALHI, 2003<sup>4</sup>) sobre o fato de que o ecossistema manguezal não apresenta-se em equilíbrio quanto ao balanço de carbono, já que a floresta cresce continuamente e uma parte do carbono é carreada para fora do ecossistema nos eventos de enchente.

### Conclusão

O ecossistema de manguezal Paraense apresentou uma variação sazonal, com diferença de 56% na retirada de carbono da atmosfera entre as estações do ano. Tanto no período seco como no chuvoso, o manguezal atuou como sumidouro de carbono, com absorção de  $7,94$  kg C/ha.dia e  $18,24$  kg C/ha.dia, respectivamente.

A maior diferença foi observada durante o período diurno, com valores médios de fluxos de  $-6,2$   $\mu$  mol  $CO_2$   $m^{-2} s^{-1}$  na época chuvosa, e  $-4,8$   $\mu$  mol  $CO_2$   $m^{-2} s^{-1}$  na época seca. A respiração noturna, no entanto, não apresentou diferença expressiva entre as estações, oscilando entre  $3,9$  e  $3,5$   $\mu$  mol  $CO_2$   $m^{-2} s^{-1}$ , durante o período seco e chuvoso, respectivamente. Em ambas as estações, a taxa de fotossíntese aproximou-se da saturação em torno de  $1400-1500$   $\mu$  mol  $m^{-2} s^{-1}$  de radiação PAR.

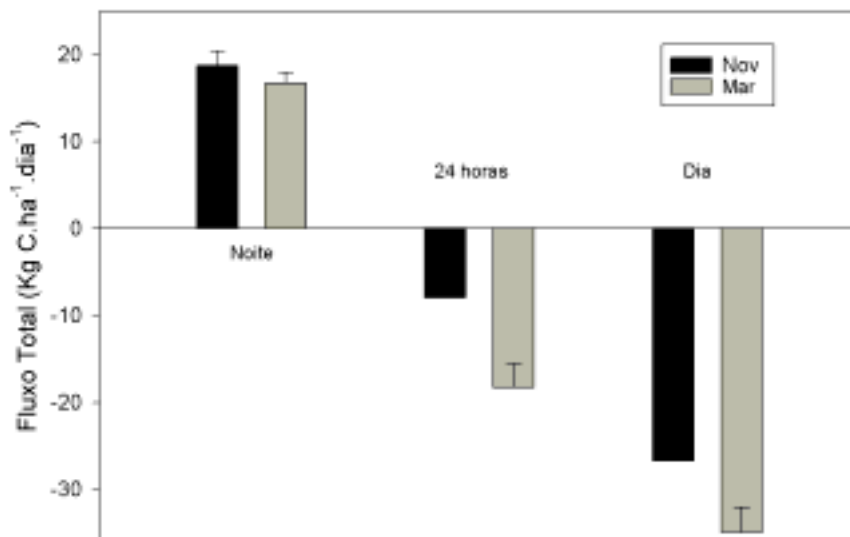


Figura 6. Fluxo de carbono total no manguezal paraense.

<sup>4</sup> Comunicação pessoal do Dr. Y.Malhi, em 2003.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Projeto CARBOPARÁ pelo fornecimento dos dados, e às pessoas que estiveram diretamente envolvidas na coleta de dados e trabalho de campo.

## Bibliografia

- CERRI, C.; HIGUCHI, N.; MELILLO, J. **The Ecological Component of an Integrated Amazon Study: The Effects of Forest Conversion**. NASA, Washington DC, 1995.
- GRACE, J. et al. Carbon Dioxide flux over amazon rainforest in Rondônia. In: **Amazonian Deforestation and Climate**, J.H.C. Gash, C.A.Nobre, J. Roberts, R.L.Victoria (eds.), pp.307-318, John Wiley & Sons, Chichester, England, 1996.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas** (1961-1990). Brasília, DF, 1992.
- KRUIJT, B. et al. The robustness in eddy correlation fluxes for Amazon rainforest conditions. **Ecological Application**. 14: S101-113. LBA Special Issue. 2004.
- MALHI, Y. et al. Carbon dioxide transfer over a central Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research**, 103 (D24), 31593-31612, 1998.
- MILLER, S.D. et al. Biometric and Micrometeorological Measurements of tropical Forest Carbon Balance. LBA **Ecological Applications**. 14: S114-S126. LBA Special issue. 2004.
- MIRANDA, A.C. et al. Carbon Dioxide fluxes over a Cerrado Sensu Stricto in Central Brazil. In: **Amazon Deforestation and Climate**, eds. Gash, J.C.H.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; e Victoria, R. pp.353-364, John Wiley & Sons, Chichester, England, 1996.
- MONCRIEFF, J.B. et al. A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide, **Journal of Hydrology**, 188-189, 589-611, 1997.
- NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. **Journal of Climate**, 4(10):957-988, 1991.
- OLIVEIRA, P.J. et al. The Friagem Influence on CO<sub>2</sub> Fluxes in a Forest in Rondonia. Global Change Open Science Conference: Challenges of a Changing Earth, **Book of Abstracts**, p. 85, Amsterdam-NL, 09-13 de Julho, 2001.
- OLIVEIRA, P.J. et al. Fechamento do balanço de energia em um ecossistema de manguezal Paraense. In: Anais. XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. p141-142. Santa Maria, RS. 2003.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. 478p. Livraria e Editora Agropecuária Ltda. 2002..
- RANDOW, C.V. et al. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia.. **Theoretical and Applied Climatology**, 78: 5-20, 2004.LBA Special Issue.
- RIBEIRO, J.B.M. et al. Uma abordagem micrometeorológica preliminar sobre manguezais. **Associação de Geografia Teorética**. SP, 23, no 1, 7-116, 1998.
- ROCHA, H.R. et al. O. Atmospheric CO<sub>2</sub> fluxes and soil respiration over sugar cane in southeast Brazil. In: **Carbon Pools and Dynamics in Tropical Ecosystems**, eds. Lal, R.; Kimble, J. Stewart, B. CRC Press, Boca Raton, FL, 1999.
- ROCHA, H.R. et al. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern amazonia. **Ecological Applications**, 14(4) supplement. S22-S32, 2004.
- VOURLIITS, G. et al. Effects of Meteorological Variations on the CO<sub>2</sub> exchange of a Brazilian transitional tropical forest. **Ecological Applications**. 14:S89-100, LBA Special issue. 2004.
- WILLIAMS, M. et al. Use of a simulation model and ecosystem flux data to examine carbon-water interactions in poderosa pine. **Tree Physiology**, 21, 287-298, 2001.