



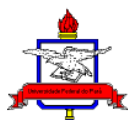
ESTUDO DA DINÂMICA DO CARBONO UTILIZANDO O SISTEMA DE CORRELAÇÃO DE VÓRTICES TURBULENTOS EM UMA FLORESTA NO SUL DO AMAZONAS

- 1 - **DOMKARLYKISOM MAHAMEDE M. FERREIRA** – Graduando em Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, agricultura e Ambiente - UFAM-IEAA, Humaitá, AM (031 97) 88045828
- 2 - **WALLESON HIGOR CORRÊA JORDAO** – Graduando em Engenharia Ambiental Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, agricultura e Ambiente - UFAM-IEAA, Humaitá, AM.
- 3- **PROF. FABRÍCIO BERTON ZANCHI** – Doutorando - Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, agricultura e Ambiente - UFAM-IEAA, Humaitá AM

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

RESUMO: No balanço global de carbono é relevante entender os fluxos atmosféricos de CO₂ à superfície nos diversos ecossistemas terrestres. O trabalho teve como objetivo estimar os fluxos de CO₂ na área de floresta utilizando o sistema de correlação de vórtices turbulentos, comparando os respectivos fluxos nas estações chuvosa e seca dos anos de 2011 e 2012, para classificar o sistema como fonte ou sorvedor de carbono. As medidas foram realizadas na reserva do ministério da defesa, pertencente ao 54° BIS de Humaitá - AM. Os analisadores de gás são de alta intensidade e precisão. Eles utilizam o caminho aberto para analisar o gás CO₂/H₂O, cuja precisão pode medir a densidade absoluta de gás carbônico e vapor d'água nas estruturas turbulentas. Estes dados são usados junto com dados de turbulência do anemômetro sônico. Este conjunto é conhecido como: *sistema de correlação de vórtices turbulentos*. Para este trabalho, foi realizada uma análise comparativa dos fluxos e intensidades nos períodos seco e chuvoso dos anos de 2011 e 2012. O Fluxo de CO₂ no período chuvoso de 2011 apresentou uma média de -0,8107 μmol m⁻²s⁻¹, ou seja, absorveu mais do que emitiu. Já o período chuvoso de 2012 apresentou uma variação média de -1,3502 μmol m⁻²s⁻¹. O período seco de 2011 apresentou uma absorção média de -1,4652 μmol m⁻²s⁻¹. Já no período seco de 2012, o fluxo de CO₂ obteve uma absorção de -1,4130 μmol m⁻²s⁻¹. A média conjugada do fluxo das variações totais de CO₂ correspondente ao período estudado apresentou uma absorção de -1.5602x10⁴ μmol m⁻² s⁻¹ neste sistema, o que nos levou a classificá-lo como sorvedor de carbono, tanto no período chuvoso, quanto no período seco dos dois anos estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxos atmosféricos, Sistema de correlação de vórtices turbulentos, floresta.





STUDY OF CARBON DYNAMIC BY USING EDDY CORRELATION SYSTEM IN A FOREST OF SOUTH AMAZONAS

ABSTRACT: To understand the global carbon balance is important to know the atmospheric CO₂ exchange in all ecosystems. The objective of this study is to estimate the CO₂ flux in a forest using the eddy correlation system, comparing the dry and wet season from 2011 and 2012, identifying the sources and the sinks. The measurement was done in a reserve of 54° BIS of Humaitá—AM. The CO₂ flux was measured by the eddy correlation system. In this study we compared the flux and intensity from the dry and wet season for 2011 and 2012. The CO₂ flux in the wet period of 2011 was $-0.81 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ and 2012 was $-1.35 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, been a sink ecosystem for both period. For the dry season of 2011 the ecosystem sinks about $-1.46 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ and for 2012 it was $-1.41 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. The total sink averaged during the period of 2011 and 2012 for CO₂ flux was about $-1.5602 \times 10^4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Then this ecosystem is classified as a sink also for wet and dry season.

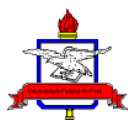
KEY WORDS: Atmospheric flux, Eddy correlation system, Forest.

INTRODUÇÃO

No balanço global de carbono é relevante entender os fluxos atmosféricos de CO₂ à superfície nos diversos ecossistemas terrestres. O papel da biosfera vincula os processos de emissão/remoção de CO₂ atmosférico, estando desta forma fortemente relacionado à questão da variabilidade climática regional e global (Sarmiento and Gruber 2002). Os ecossistemas interagem biologicamente pela fixação do carbono por fotossíntese na vegetação, e liberação pela respiração autotrófica e heterotrófica. Durante o período de crescimento, o CO₂ é fixado na forma de biomassa aérea e radicular através da fotossíntese, enquanto é perdido devido à respiração por manutenção e crescimento da planta. Desde a publicação de Grace et al., (1995), surgiram indícios que a floresta funciona como sequestrador de carbono. Ao contrário disto, dados mais recentes reportam que os fluxos podem estar próximos da neutralidade, ou até mesmo como emissão líquida (Goulden et al. 2004; Saleska et al. 2003). Kruijt et al., (2002) reportam que estudos com o sistema de correlação de vórtices turbulentos (*eddy correlation system*) é um dos mais importantes métodos de medidas de CO₂ sobre a interface biosfera-atmosfera em um ecossistema, mas possui incertezas associadas aos fluxos medidos durante noites calmas. Este estudo tem aumentado substancialmente o entendimento das respostas aos ecossistemas de florestas às condições ambientais. Por outro lado a dinâmica no balanço do carbono na floresta amazônica é ainda uma incógnita. Para isto faz-se necessário medidas contínuas de dados observacionais, como os de fluxos atmosféricos, momentum, calor, água, CO₂.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sítio experimental - As medidas foram realizadas na reserva do ministério da defesa, pertencente ao 54° BIS. A região está situada na zona climática, pertencente ao grupo A, segundo Köppen, (1928), que apresenta um período seco de pequena duração. A elevada pluviosidade é um dos aspectos mais característicos da região, limitada pelas isoietas de 2.200





e 2.800 mm. A maior ocorrência de chuvas se dá na parte leste da área. O período chuvoso geralmente inicia-se em Outubro, prolongando-se até Junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25°C e 27°C, com uma umidade relativa do ar variando entre 85 e 90% (INMET, 2011).

Medidas de fluxos turbulentos - Os analisadores de gás LI-7500 (LI-COR, Li-7500) são de alta intensidade e precisão, cuja aquisição é de 10 Hz. Eles utilizam o caminho aberto para analisar o gás CO₂/H₂O, cuja precisão pode medir a densidade absoluta de gás carbônico e vapor d'água nas estruturas turbulentas. Estes dados são usados junto com dados de turbulência do anemômetro sônico 3D (Campbell Sci., Modelo CSAT3). Este conjunto de analisador de gás com o anemômetro sônico é conhecido como: *sistema de correlação de vórtices turbulentos* que caracteriza o método utilizado neste estudo.

O cálculo das médias dos fluxos de momentum, calor sensível e latente e H₂O/ CO₂ são respectivamente as equações (1-4):

$$(1) u_*^2 = \left(\overline{u'w'}^2 + \overline{v'w'}^2 \right)^{1/2}$$

$$(3) \lambda E = \rho \lambda \overline{w'q'}$$

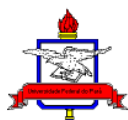
$$(2) H = \rho c_p \overline{w'T'}$$

$$(4) F_c = \overline{w'\rho'_c}$$

Onde, u_* = velocidade de atrito (ms^{-1}); λE = evapotranspiração (Wm^{-2}); H = fluxo de calor sensível (Wm^{-2}); F_c = fluxo de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); u' , v' , w' , T' , q' , ρ'_c são respectivamente as flutuações de u, v, w (ms^{-1}), temperatura (K), umidade específica (gg^{-1}) e densidade de CO₂ no ar ($\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-3}$). As barras nas Equações 1-4 representam a média do produto em um intervalo de tempo, sendo que na equação 4, w' é o desvio em relação à média da velocidade do vento vertical e ρ'_c o desvio em relação à média da concentração de uma grandeza escalar c . Segundo McMillen (1988), o algoritmo de cálculo dos fluxos turbulentos calcula previamente a rotação de coordenadas nos dados brutos do anemômetro para avaliar as componentes u , v e w .

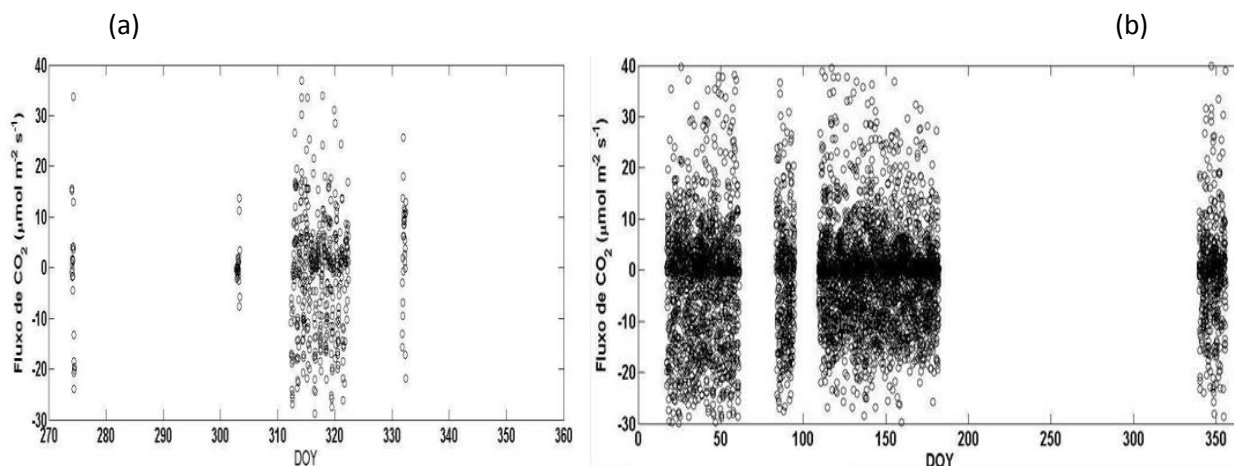
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para este trabalho, foi realizada uma análise comparativa dos fluxos e intensidades nos períodos seco e chuvoso dos anos de 2011 e 2012. Nesta região, o período chuvoso compreende os meses de outubro a junho (274-365 e 1-181 julianos). No ano de 2011, o período chuvoso analisado compreendeu os dias 274 a 355 julianos. No ano de 2012, o período chuvoso analisado compreendeu os dias 17-181 e 274-355 julianos. O período seco compreende os meses de julho a setembro (182-273). No ano de 2011, os dias com ocorrência de fluxo foram dos dias 253-273. Já no ano de 2012, 182-273, compreendendo assim um maior número de fluxo durante o período. Em dias julianos, durante o período chuvoso de 2011, houve registros de fluxos nos dias 275, 303, 311-321 e 332. Nos outros dias, não houve



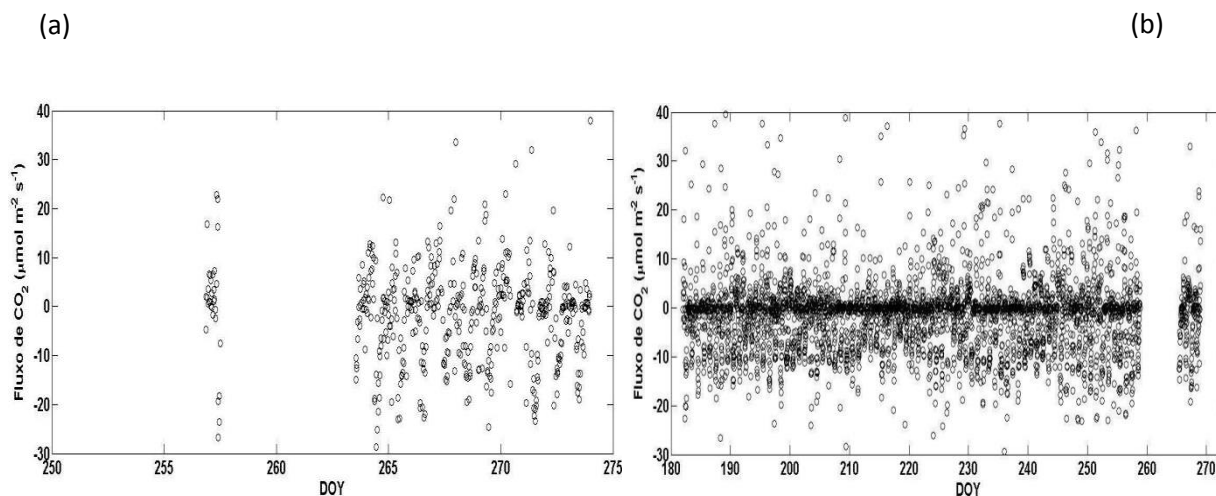
registros por problemas técnicos, porém, os mesmos são suficientes para comparação com o ano de 2012 e posterior continuação do trabalho. Na figura a seguir, observamos a variação do Fluxo de CO₂ no período chuvoso de 2011 (a) e 2012 (b). O período chuvoso de 2011 apresentou uma absorção média de $-0,8107 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Comparando com o ano de 2011, notamos que há uma quantidade maior de fluxos próximos à zero e uma maior tendência para valores negativos na extensão da Figura(b), significando que o ecossistema está absorvendo CO₂, talvez devido ao período chuvoso, onde tem pouco ou nenhum estresse hídrico, assim a taxa de fotossíntese pode chegar a sua máxima o que notamos no valor médio de $-1,3502 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ comparado com um valor menor de absorção do período seco de 2012.



Fluxo de CO₂ (µmol m⁻²s⁻¹) no período chuvoso de 2011 (a) e 2012 (b)

O período seco de 2011 compreendeu os dias 257, 263-273. Observamos uma maior dispersão (figura (a)) em comparação ao período chuvoso de 2011 e 2012. No dia 272, houve um pico de emissão de aproximadamente ($39 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ocasionado pelo acúmulo de CO₂ no dossel. Este período apresentou uma absorção média de $-1,4652 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. O período seco de 2011 apresentou uma média diária mais oscilante comparada ao mesmo período de 2012, intercalando picos de altos e baixos fluxos. No ano de 2012, o período seco obteve a maior sequência de dados, compreendendo dos dias 180-260 e 266-271. Podemos observar que há pontos elevados de fluxos positivos e negativos ($+ 40$ e $-30 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Para este período, o fluxo de CO₂ obteve uma absorção de $-1,4130 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.



Fluxo de CO₂ (µmol m⁻² s⁻¹) no período seco de 2011 (a) e 2012 (b).

O objetivo do projeto foi realizado. Nestes dois anos (2011 e 2012) a média do fluxo das variações totais de CO₂ apresentou uma absorção de -1.5602×10^4 µmol m⁻² s⁻¹ neste sistema, classificando este ecossistema como sorvedor de carbono. Porém, é necessário um tempo maior de estudos para compararmos os resultados obtidos juntamente com as variáveis meteorológicas presentes na área de estudo e suas possíveis influências nos resultados obtidos. Como dito anteriormente, o projeto tem uma ampla perspectiva e irá contribuir para o desenvolvimento de bases metodológicas e padrões de referência para estudos de impacto ambiental, bem como subsidiar a tomada de decisões sobre projetos de desenvolvimento sustentável na região, além de ajudar no desenvolvimento científico local.

REFERÊNCIAS

GOULDEN, M. L.; MILLER, D.S.; MENTON, M.C.; ROCHA, H.R.; FREITAS, H.; FIGUEIRA, A. Diel and Seasonal pattern of tropical Forest CO₂ Exchange. (Journal Ecol. Application, no prelo), 2004.

GRACE, J., J. LLOYD, J. MCINTYRE, A. C. MIRANDA, P. MEIR, H. S. MIRANDA, C. NOBRE, J. MONCRIEFF, J. MASSHEDER, Y. MALHI, I. WRIGHT AND J. GASH. "Carbon-Dioxide Uptake by an Undisturbed Tropical Rain-Forest in Southwest Amazonia, 1992 to 1993." Science 270(5237): 778-780, 1995.

INMET, 2011: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>

KÖPPEN, W.; GEICER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes.1928.Wall-map 150cm x 200cm.

KRUIJT, B.; ELBERS, J.; VON RANDOW, C.; ARAUJO, A.C.; CULF, A.; OLIVEIRA, P.J.; MANZI, A.O.; NOBRE, A.D.; KABAT, P.; MOORS, E.J. The robustness in eddy



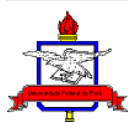
**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



correlation fluxes for Amazon rainforest conditions. Ecological Applications, LBA Special Issue, 2002.

MCMILLEN, R.T..An eddy correlation technique with extended applicability to non-simple terrain. Bound. Layer Meteo, 43:231-245, 1988.

SARMIENTO, J.L.; GRUBER, N. Sinks for Anthropogenic Carbon. Physics Today, 55, p 30-45, 2002.



Secretaria do XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 2013
Rua Augusto Corrêa, 01. Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto
CEP 66075-900 Guamá. Belém - PA - Brasil
<http://www.sbagro.org.br>

