

## Análise do perfil vertical de CO<sub>2</sub> em uma área de floresta na Amazônia central

### Analysis of the CO<sub>2</sub> vertical profile of in a forest area in the central Amazon

Mylena Vieira Silva<sup>1</sup>, Raoni Aquino Silva de Santana<sup>2</sup>, Roseilson Souza do Vale<sup>2</sup>,  
Julio Tóta<sup>3</sup>, David R. Fitzjarrald<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Meteorologia – UEA

<sup>2</sup> Doutorando em Clima e Ambiente, INPA-UEA

<sup>3</sup> Instituto de Engenharia e Geociências, UFOPA

<sup>4</sup> State University of New York, SUNY

#### Resumo

*Este estudo teve como objetivo descrever o perfil vertical da concentração de CO<sub>2</sub> durante o período menos chuvoso e chuvoso do ano de 2006, em uma área de floresta tropical na Amazônia Central do Brasil. Para tanto, foram utilizados dados da concentração de CO<sub>2</sub> coletados em várias alturas por um sistema de medidas, incluindo um analisador de gás infravermelho (Licor 7000), em uma torre de 40 metros de altura. A partir dos dados coletados foi possível observar que a concentração de CO<sub>2</sub> diminui à medida que se avança do solo ao topo do dossel, o que sugere que a maior fonte de CO<sub>2</sub> é proveniente dos solos, em virtude de processos como a respiração e decomposição da biomassa vegetal. Quando se comparam os períodos menos chuvoso e mais chuvoso, notam-se diferenças significativas nos valores de concentração de CO<sub>2</sub> entre esses períodos. As maiores concentrações foram observadas durante o período menos chuvoso, com valores médios mensais acima de 440 ppm próximo à superfície.*

**Palavras-chave:** Concentração de CO<sub>2</sub>. Perfil. Chuvoso e menos chuvoso.

#### Abstract

*This study aimed to describe the vertical profile of CO<sub>2</sub> concentration during least rainy period and rainy periods of 2006, into an area of tropical forest in the Central Amazon, Brazil. It were used data of CO<sub>2</sub>, collected at various heights by a system of measures including an infrared gas analyzer (Licor 7000), in a tower with 40 meters of height. From the data collected it was observed that the concentration of CO<sub>2</sub> decreases as one moves from the ground to the top of the canopy. This suggests that the largest source of CO<sub>2</sub> is from the soil, due to processes such as respiration and decomposition of plant biomass. When is compared the least rainy and the most rainy periods, it is noted significant differences in the amounts of CO<sub>2</sub> concentration in these periods. The highest concentrations were observed during least rainy period, with monthly mean values above 440 ppm near the surface.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub> concentration. Profile. Rainy and less rainy.

## 1 Introdução

A magnitude dos processos do ciclo de carbono varia de bioma para bioma, mas alguns dos maiores fluxos encontram-se nas florestas tropicais úmidas, que estão entre os mais importantes e menos monitorados ecossistemas terrestres (MALHI et al., 1998). A dinâmica do carbono de ecossistemas tropicais brasileiros tem recebido considerável importância devido à necessidade de compreender os efeitos da mudança da cobertura terrestre, em ciclos biogeoquímicos regionais e globais e o papel dos ecossistemas terrestres tropicais no equilíbrio de CO<sub>2</sub> (PEREIRA, 2009). Estima-se que as florestas tropicais contenham 40% do carbono contido na biosfera terrestre, além de serem responsáveis por aproximadamente metade da produção primária bruta de carbono (MALHI et al., 1998). Dessa forma, é muito importante entender e quantificar as estimativas de CO<sub>2</sub> na Amazônia, visto que essa região possui um papel fundamental no ciclo do carbono.

Schlesinger (1977) e Medina et al. (1980) verificaram que os fluxos de CO<sub>2</sub> na estação úmida, em uma área de floresta Amazônica, podem ser mais baixo que na estação menos chuvosa. Esta diferença pode ocorrer devido a vários fatores ambientais: o fluxo solar incidente médio é mais baixo na estação úmida, inibindo o metabolismo das plantas (fotossíntese) e, conseqüentemente a respiração das raízes (parte da respiração autotrófica), de forma que a produção de CO<sub>2</sub> pela decomposição de matéria orgânica pode ser inibida. A maioria do CO<sub>2</sub> produzido no solo é liberado para atmosfera em algum momento; a

saída de CO<sub>2</sub> próxima à camada do solo, relativamente sobre longos períodos, reflete a respiração do solo (RAICH et al., 1985) e raízes, e esta liberação dependerá da velocidade de decomposição da matéria orgânica, que é influenciada por características da vegetação e do clima. (RAICH et al., 1992; MEIER et al., 1996).

As trocas de CO<sub>2</sub> entre a biosfera e a atmosfera ocorrem sob contínua mudança dos fatores externos. Os processos fotoquímicos reagem primeiramente em função da disponibilidade de radiação. Por outro lado, os processos bioquímicos são influenciados pela temperatura e pela disponibilidade de minerais e água (PEREIRA, 2013).

Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar uma análise do perfil vertical das concentrações de CO<sub>2</sub> durante dois períodos distintos, chuvoso e menos chuvoso, entre o dossel e a superfície de uma área de floresta na Amazônia central.

## 2 Material e métodos

A área de estudo é localizada no sítio experimental do LBA (sigla em inglês LargeScaleBiosphere-Atmosphere), em Manaus (2°36'32" S, 60°12'33" O), na Reserva Biológica do Rio Cuieiras (cerca de 100 km à noroeste da cidade de Manaus), controlada e mantida pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Os dados de CO<sub>2</sub> foram obtidos pelo sistema DRAINNO, instalado entre o período de outubro de 2005 a outubro de 2006. Entretanto, neste estudo foi analisado o período de 01/Janeiro a 06/agosto de 2006, juntamente com os dados de uma estação meteorológica automática,

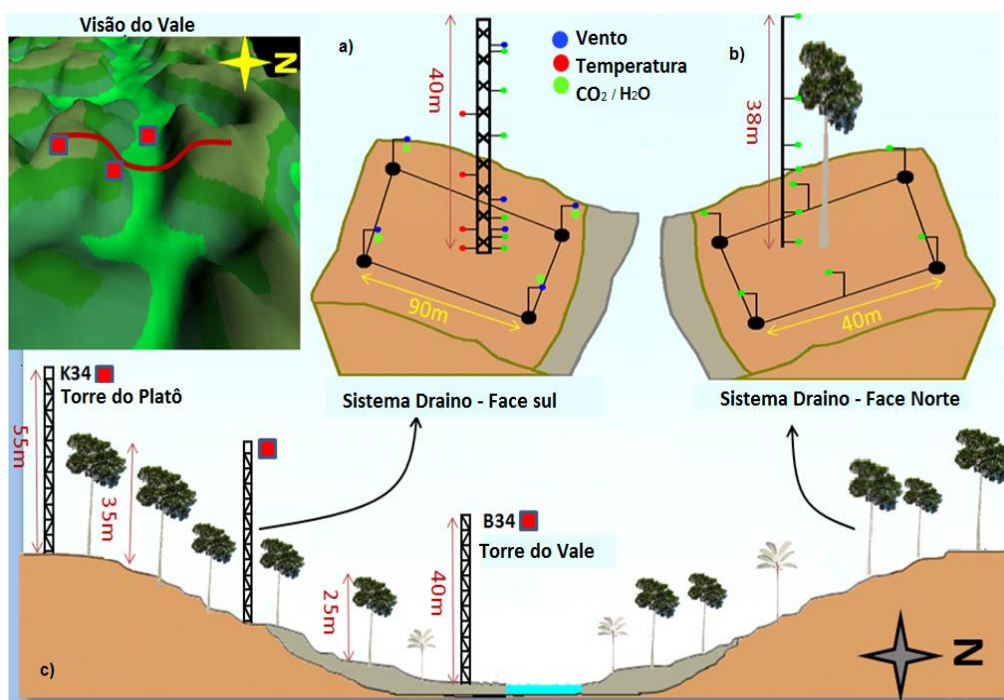


Figura 1 - Sistema de medidas DRAINNO Manaus. a) Face Sul e b) Face Norte (Adaptado de Tota et al., 2012)

instalada em uma torre denominada K34 (Figura 1).

Nos meses correspondentes ao período chuvoso (Dez, Jan, Fev, Mar), o valor acumulado de precipitação foi de aproximadamente 336,3 mm, ocorrendo os máximos valores em Janeiro e Maio. Durante os meses menos chuvosos (Jun, Jul, Ago) o valor acumulado foi de 113,3mm, apresentando menor valor em agosto.

A construção do perfil vertical de CO<sub>2</sub> foi baseada na metodologia de Tota et al.(2012). Foram utilizados os dados da torre principal (com 40 metros de altura), do sistema DRAINO-Face Sul, equipada por sensores e tubos de amostragem de ar em diferentes níveis na vertical e em quatro pontos em torno da torre principal (Figura 1a), obtendo assim perfis de concentrações de CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O por meio de um analisador de gás infravermelho (Licor 7000).

Os pontos de cor azul na vertical e no em torno da torre Face Sul correspondem às medidas do campo de vento e às concentrações de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Já os pontos de cor verde se referem às concentrações de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, e os pontos de cor vermelha (apenas vertical) representam o perfil vertical de temperatura e umidade do ar (Tota et al., 2012).

### 3 Resultados e discussões

A Figura 2 mostra os resultados encontrados para o acumulado de precipitação e de irradiânciasolar para o período estudado. Na análise do acumulado mensal de

precipitação para o ano de 2006, observou-se que nos meses de janeiro e maio ocorreram os maiores valores (382,22 mm e 383,6mm, respectivamente) e menor valor no mês de agosto (67,4mm). O ciclo anual de irradiância solar incidente à superfície foi inverso ao da precipitação. Observou-se que o maior valor de irradiância foi registrado no mês de agosto (menos chuvoso), apresentando uma intensidade de aproximadamente 232 Wm<sup>-2</sup>, enquanto o menor valor registrado aconteceu durante o mês de maio (mais chuvoso), chegando a 142,3 Wm<sup>-2</sup>.

A partir dos dados de concentração de CO<sub>2</sub>, foi construído o perfil vertical das concentrações nas seguintes alturas: 1, 2, 3, 15, 26 e 38 m (Figura 3). Durante todo o período de medidas, notou-se que a concentração de CO<sub>2</sub> diminuiu com a altura, ou seja, os maiores valores de concentração foram observados à medida que se avança do topo do dossel em direção à superfície. O que sugere que as maiores emissões de CO<sub>2</sub> são resultados de processos no solo.

Silva Junior et al. (2004) constataram que cerca de 80% do CO<sub>2</sub> emitido em ecossistemas de florestas tropicais chuvosas é resultante de processos como respiração microbiana, raízes, fauna do solo e pela oxidação química dos compostos de carbono presentes no solo. O controle de transferência de CO<sub>2</sub> destas fontes para a atmosfera é feita por fatores como gradientes de temperatura no solo e na atmosfera, propriedades físicas do solo e flutuações da pressão atmosférica do ambiente. Além disso, segundo Leal et al. (2006), a velocidade do vento é menor nas partes inferiores do dossel, permitindo que o CO<sub>2</sub> permaneça estocado.

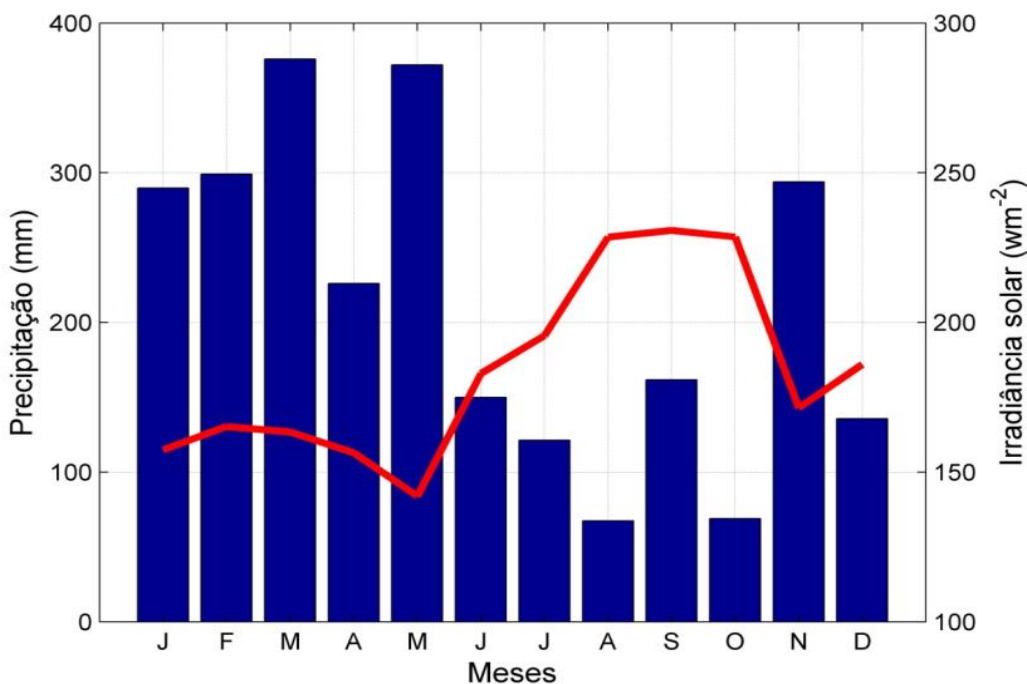


Figura 2- Irradiância solar (Wm<sup>-2</sup>) e precipitação acumulada (mm) registradas no ano de 2006, no sítio de medidas do LBAem Manaus/AM

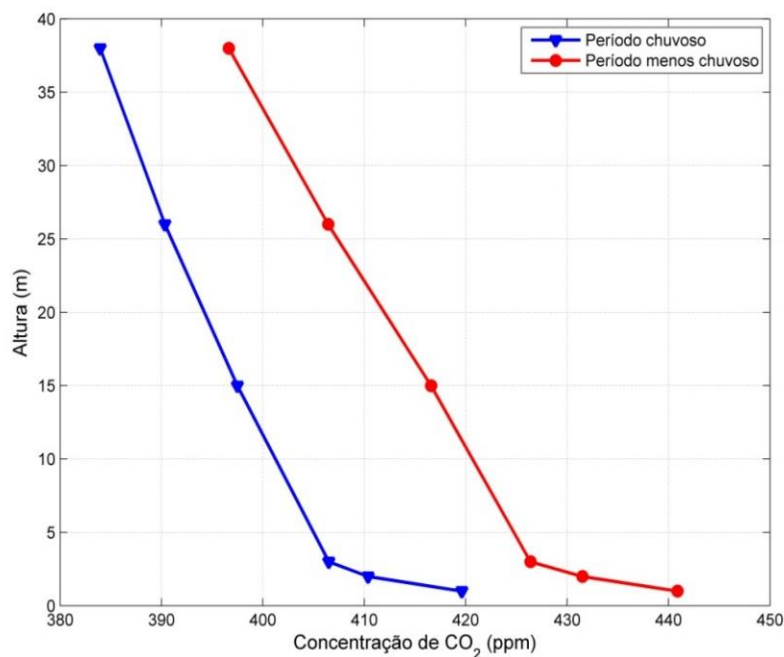


Figura 3 - Perfil vertical médio das concentrações de CO<sub>2</sub> (ppm) dos meses de Janeiro a Agosto do ano de 2006, onde a linha vermelha corresponde a média dos meses menos chuvosos (Junho a Agosto), e a linha azul a média dos meses chuvosos e de transição (Janeiro à Maio) registrados no sistema DRAIN0

Quando se compara o período menos chuvoso com chuvoso, há diferenças notáveis nos valores de concentração de CO<sub>2</sub> entre esses períodos. Durante os meses mais chuvosos, a menor concentração de CO<sub>2</sub> no nível de 1m registrada foi menor que 420 ppm. Nos meses menos chuvosos, verificou-se que as concentrações aumentaram, alcançando um valor de 445 ppm. Esses resultados são equivalentes aos valores encontrados na literatura, em que as medições realizadas por Grace et al.(1995) e Costa et al.(2008) indicaram concentrações de CO<sub>2</sub> variando entre 345 - 444 ppm durante a época menos chuvosa, entre 340 - 420 ppm no período chuvoso, e 350 - 500 ppm no período de transição (mais chuvoso para o menos chuvoso) entre os meses de maio e junho de 1993, no sudoeste da Amazônia.

Nos meses menos chuvosos, o consumo de CO<sub>2</sub> pelo processo da fotossíntese é maior, influenciada pela abertura estomática e pela convecção devido ao aumento da temperatura no perfil do dossel vegetativo, controlados pela irradiância solar, como verificado por Souza Filho et al. (2005). Assim, estas concentrações de CO<sub>2</sub> podem ser influenciadas diretamente pela Radiação Fotossinteticamente Ativa Incidente (PAR<sub>i</sub>), que representa cerca de 45% da radiação solar global incidente (ASSIS et al.,1989).

O valor médio de irradiância solar (202,66 Wm<sup>-2</sup>) e precipitação acumulada (340,1 mm), durante os meses menos chuvosos, sugere que, em dias de céu claro, as concentrações de CO<sub>2</sub>(~ 440 ppm) próximo ao solo se tornam maiores que nos dias de céu coberto por nuvens. Outro fator que pode explicar o aumento da concentração

de CO<sub>2</sub> nos meses menos chuvosos é a decomposição da matéria orgânica presente no solo. Tang et al. (2003) relataram em seu estudo que processos de decomposição de matéria orgânica podem ser forçados pelo aumento da temperatura e diminuição da umidade. Nos meses chuvosos a umidade aumenta e a temperatura diminui, tornando a umidade um importante fator para definir o ritmo da atividade biológica e, portanto, outros fatores determinantes nas emissões de CO<sub>2</sub>, (VANHALA, 2002; LA SCALA JR et al., 2000).

#### 4 Conclusões

As concentrações de CO<sub>2</sub> no dossel de uma floresta são maiores em meses menos chuvosos em relação aos meses chuvosos, com a tendência de diminuição com a altura. O motivo pelo qual a concentração de CO<sub>2</sub> é maior na parte inferior do dossel se deve, por um lado, à contribuição da respiração do solo e, por outro, à menor velocidade do vento nestas partes do dossel, dificultando assim o processo de trocas gasosas entre o seu interior e a atmosfera circundante. Além disso, nos meses menos chuvosos, os processos como a fotossíntese e a decomposição do solo acontecem em ritmo mais acelerado que em outros períodos, influenciando diretamente nos processos de emissão de CO<sub>2</sub> e consequentes concentrações observadas na atmosfera.

## Referências

- Assis, F.N., Mendez, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.24, n.7, p. 797-800, 1989.
- Costa R. F., Fisch, G. ; Pereira A. R.; Culf A.; Malhi Y.; Nobre C. A., Souza S. S.; Farias S. E. M.; Nobre A. D. Variações sazonais de fluxo e concentração de dióxido de carbono sobre uma área de floresta na região central da Amazônia. *Congresso Brasileiro de Meteorologia*. 2008.
- Grace, J. ; Lloyd, J.;Mcintyre, J.; Miranda, A. C.; Meir, P.; Miranda, H. S.; Nobre, C.; Moncrieff, J.; Massheder, J.; Malhi, y.; Wright, I.; Gash, G. Carbondioxideuptakebyundisturbed tropical rainforest in southwestAmazonia, 1992 to 1993. *Science*, v. 270, n.5237, p. 777-80, nov. 1995.
- Larcher, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Ed. Rima, 550 p. 2000.
- La Scala JR., N.; Marques, J.; Pereira, G.T.; Cora, J.E. Short-term temporal changes in the spatial variability modelo f co2 emissions from brasiliam bare soil. *SoilBiology&Biochemistry*. V.32,p.1459-1462,2000.
- Leal, L. S. M.; Carneiro, R. L. C.; Leal, B. G.; Ribeiro, A. Variação Diurna da Concentração de CO<sub>2</sub> No dossel Vegetativo da floresta amazônica em caixuanã-PA. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n.3a, 122-128, 2006.
- Medina, E.;Klinge, H.; Jordan, C. Soilrespiration in Amazonianrainforests in the Rio Negro Basian. *Flora*, v. 170, p. 240-250, 1980.
- Meir, P.; Grace, J.; Miranda, A. C.; Lloyd, J. Soil respiration in a rainforest in Amazônia and in cerrado in central Brazil. In: *Amazonian deforestation and climate*. (edsGash, J. H. C.; Nobre, C. A.; Roberts, J. M.), p. 319-329. J. M. Wileyand Sons, New York, 1996.
- Malhi, Y.; Nobre, A. D.; Grace, J.; Kruijt, B.; Pereira, M. G. P.; Culf, A.; Scott, S. Carbon dioxide transfer over a Central Amazonian rain forest. *JournalofGeophysicalResearch* .v. 103, p. 31.59331.612,1998.
- Pereira, O. A. Determinação do fluxo de CO<sub>2</sub> numa área monodominante de cambará no norte do pantanal Mato-grossense. Cuiabá, 71f. Dissertação, 2009.
- Pereira, O. A. Estimativas do balanço de energia e fluxo de carbono por diferentes métodos em floresta de transição noSudoeste da Amazônia. Cuiabá, 112f. Dissertação, 2013.
- Raich, J.;Ewel, J. ; Oliveira, M. Soil – CO<sub>2</sub> efflux in simple and diverse ecosystems on a volcanicsoil in costa rica. *Turrialba*.V.35, n.1, p. 33-42, 1985.
- Raich, j. W.;Shlesinger, W. H. The global carbon dioxide flux in soil respiration relationship to vegetation and climate. *Tellus*.V.44BB, p.81 – 99, 1992.
- Schlesinger, W.H. Carbon Balance in TerrestrialDetritus, *Annu. Ver. Ecol. Systematics*, p 51-81, 1977.
- Silva Júnior, R. S. S.; Moura, M. A. L.; Meixner, F. X.;Kornann, R.; Lyra, R. F. F.; Nascimento, M. F. Estudo da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico em área de pastagem na região Amazônica. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 22, p. 259 -270, 2004.
- SouzaF.; CostaJ.D.; Ribeiro A.; Costa, M. H.; Cohen J. Mecanismos de controle da variação sazonal da transpiração de uma floresta tropical no nordeste da amazonia. *Acta Amazônica*, v. 35, n. 2, p. 235-241, 2005.
- Tang, J; Baldocchi, D. D; Qi, Y Xu, L . Assenssing soil CO<sub>2</sub>effluxusingcontinius measurements of CO<sub>2</sub> profiles in solis with small solid-state sensors. *Agricultural and forest Meteorology*. V118, p. 207-220, 2003.
- Tóta, J.; Fitzjarrald, D. R.; Silva-Dias, M. A.F. 2012. Exchange of Carbon Between the Atmosphere and the Tropical Amazon Rainforest. In. *Sudarshana, P.;Nageswara-Rao, M.; Soneji, J. R. (Ed.). Tropical Forests*. Croatia: In Tech, , p. 305-330, ISBN 978-953-51-0255-7, 2012.
- Vanhala, P. Seasonal variation in the soil respiration rate in coniferous Forest soils. *Soil Biology& Biochemistry*. V.34,p.1375-137, 2002.