

## CARACTERIZAÇÃO DA VARIAÇÃO SAZONAL DO CO<sub>2</sub> ATMOSFÉRICO EM SISTEMA ILPF NO LESTE DA AMAZÔNIA

Bárbara Cristina Santos de Oliveira<sup>1</sup>, Alessandro Carioca de Araújo<sup>2</sup>, Carlos Alberto Dias Pinto<sup>3</sup>, Cleo Marcelo de Araújo Souza<sup>4</sup>, Alailson Venceslau Santiago<sup>5</sup>, Ivanildo Alves Trindade<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador, Embrapa Amazônia Oriental, Laboratório de Análises de Sistemas Sustentáveis

<sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, Universidade Federal Rural da Amazônia

<sup>3</sup>Bolsista DTI/CNPq, Embrapa Amazônia Oriental, Laboratório de Análises de Sistemas Sustentáveis

<sup>4</sup>Analista, Embrapa Amazônia Oriental, Laboratório de Análises de Sistemas Sustentáveis

<sup>5</sup>Pesquisador, Embrapa Amazônia Oriental, Centro de Pesquisa Agroflorestal do Trópico Úmido

<sup>6</sup>Assistente, Embrapa Amazônia Oriental, Laboratório de Análises de Sistemas Sustentáveis

### Resumo

Diante dos impactos antrópicos causados principalmente após a Revolução Industrial, como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento e o preparo intensivo do solo, tem ocorrido o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Dentre as formas de mitigação de GEE, há aquelas realizadas através da agropecuária, como o manejo adequado do solo e a remoção de CO<sub>2</sub> pelas plantas por meio dos sistemas de consórcio. Estudos apontam que uma alternativa viável é o sistema de integração lavoura-pecuária floresta (iLPF), que é composto por espécies arbóreas e forrageiras. A medição da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico ([CO<sub>2</sub>]) em iLPF pode indicar respostas que servirão como base ao monitoramento deste ecossistema na região amazônica. Medidas do perfil vertical da [CO<sub>2</sub>] foram obtidas em campanhas intensivas durante os períodos menos chuvoso de 2016, e mais chuvoso e menos chuvoso de 2017, no município de Terra Alta, PA. Houve maior amplitude nas [CO<sub>2</sub>] medidas no período menos chuvoso de 2017 e maiores concentrações diurnas em relação aos outros períodos. A sazonalidade é um fator que influencia na [CO<sub>2</sub>] no sistema iLPF. A [CO<sub>2</sub>] só começa a aumentar e acumular abaixo do dossel a partir de 20:00 horas, quando a atmosfera está mais estável.

**Palavras-chave:** mogno; teca; perfil vertical

### Abstract

In the face of the human impacts caused mainly after Industrial Revolution, such as the burning of fossil fuels, deforestation and intensive soil preparation, there has been an increase in the emission of greenhouse gases (GHG). Among the forms of GHG mitigation, there are those carried out through agriculture, such as the adequate management of the soil and the removal of CO<sub>2</sub> by plants through the consortium systems. Studies indicate that a viable alternative is the crop-livestock integration (CLI), which is composed of tree and forage species. Measurement of the atmospheric CO<sub>2</sub> concentration ([CO<sub>2</sub>]) in CLI may indicate responses that will serve as a basis for monitoring this ecosystem in the Amazon region. Measures of the vertical profile of [CO<sub>2</sub>] were obtained in intensive campaigns during the periods less rainy of 2016, more and less rainy of 2017, in the municipality of Terra Alta, PA. There was greater amplitude in the [CO<sub>2</sub>] measured in the less rainy period of 2017 and higher daytime concentrations in relation to the other periods. Seasonality is a factor that influences [CO<sub>2</sub>] in the CLI. The [CO<sub>2</sub>] only begins to rise and accumulate below the canopy from 20:00 hours, when the atmosphere is more stable.

**Keywords:** mahogany; teak; vertical profile

## 1. Introdução

As atividades humanas, intensificadas a partir da Revolução Industrial, como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento e o preparo intensivo do solo, têm contribuído com a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Com o incremento de GEE na atmosfera (principalmente o CO<sub>2</sub>), prevê-se o aumento de 1,8 °C a 4 °C na temperatura média do planeta até 2100 (IPCC, 2014). O efeito estufa, por sua vez, intensifica os eventos climáticos, modificando os padrões do clima a médio e longo prazo. As alterações climáticas podem atingir as atividades econômicas, sobretudo a agricultura e a pecuária, pois são as que se encontram mais expostas às variáveis meteorológicas.

Dentre as estratégias relevantes para redução da emissão dos GEE, há as que se utilizam da própria agropecuária, através do manejo adequado do solo e remoções de CO<sub>2</sub> pelas plantas verdes. Estudos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em parceria com o Ministério da Agricultura, têm apontado que a adoção de sistemas com rotação de culturas e consórcio de espécies perenes, a exemplo do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), tem grande potencial para a mitigação do CO<sub>2</sub> (CORDEIRO et al., 2011). Além disso, o sistema iLPF, através do componente forrageiro e florestal, têm potencial de contribuir na retenção de carbono em solo e biomassa.

Neste sentido, é de grande importância obter informações no que diz respeito à interação entre a vegetação do sistema iLPF e a atmosfera, para se estabelecer parâmetros mínimos de sustentabilidade desta nova estratégia de produção. A medição da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico ([CO<sub>2</sub>]) em sistema iLPF pode indicar respostas que servirão como base ao monitoramento mais detalhado deste ecossistema na região amazônica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação da [CO<sub>2</sub>] em sistema iLPF em dias do período menos chuvoso, mais chuvoso e de transição no leste da Amazônia.

## 2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, localizado no município de Terra Alta, mesorregião Nordeste Paraense (01°01'36,60"S, 047°53'58"W, 35 m de altitude). O iLPF ocupa uma área de 9,45 ha composto por quatro renques de teca (*Tectona grandis* L. f.) e de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.), que perfazem 1,2 ha para cada espécie, e 7,05 ha para a área de pastagem localizada entre os renques. O espaçamento entre plantas e entre linhas da teca é de 3 x 3 m, e do mogno, 5 x 5 m. As faixas de pastagem entre os renques é formada por *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, e possuem 47 m de largura. Foi escolhido um indivíduo de cada espécie para a instalação dos perfis verticais da [CO<sub>2</sub>], no terceiro renque de árvores depois da estrada que dá acesso ao campo experimental (Figura 1). A altura média do mogno africano selecionado era 12 m e da teca, 8 m.

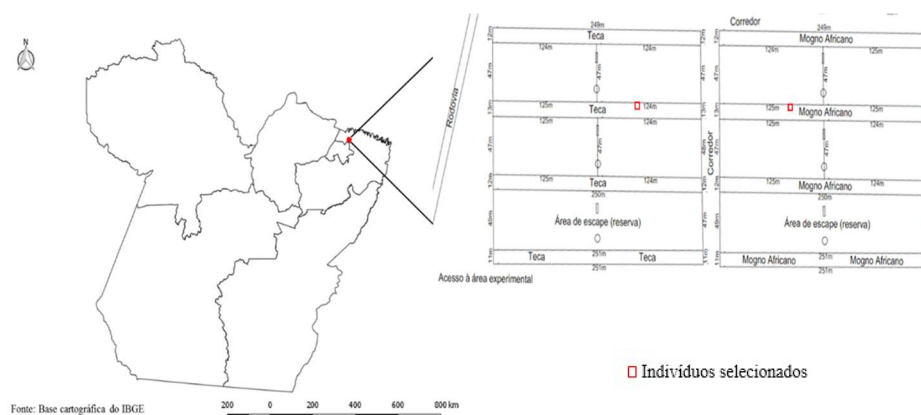


Figura 1 – Localização da área do experimento em Terra Alta, PA e dos indivíduos de mogno africano e teca na linha de plantio

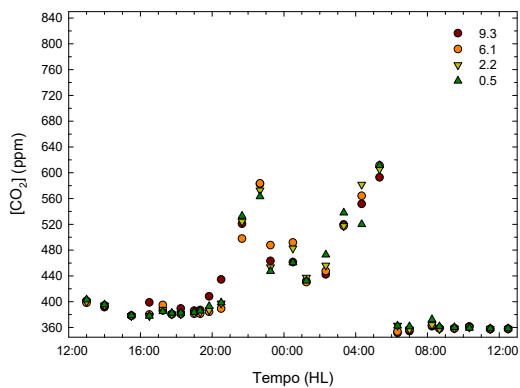
As medidas do perfil vertical da  $[CO_2]$  foram realizadas segundo metodologia adaptada de Araújo et al. (2008). Os perfis foram instalados em quatro níveis no mogno africano (9.3, 6.1, 2.2 e 0.5 m) e na teca (7.0, 4.4, 2.4 e 0.5 m). A  $[CO_2]$  foi medida por um analisador de gás por infravermelho (IRGA- Infra-Red Gas Analyzer) de caminho fechado (LI-820, LI-COR Inc., Lincoln, NE, EUA). O ar atmosférico foi amostrado manualmente para cada nível, através de um tubo de poliuretano acoplado a uma microbomba de ar (NMP850KNDCB, KNF Neuberger, Freiburg, Alemanha) que puxava o ar do nível amostrado até o IRGA. Um filtro de ar (ACRO 50 PTFE  $1\mu m$ ; Gelman, Ann Arbor, Michigan, EUA) foi instalado antes da entrada de ar do IRGA para evitar a entrada de micropartículas. Após 60 s de expurgo, as medições da  $[CO_2]$  para cada nível eram registradas manualmente em uma caderneta de campo, durante 60 s e a intervalos de 10 s. No geral, a cada 1 hora foi realizada uma amostragem em cada uma das duas espécies, durante um período de aproximadamente 24 horas, que posteriormente, foram tabuladas e analisadas na Embrapa Amazônia Oriental. A velocidade do vento (03002, (RM Young Co., Traverse City, MI, EUA) foi medida à frequência de um minuto, através de uma estação meteorológica automática instalada em uma das áreas de pastagem durante cada uma das campanhas.

Foram realizadas três coletas intensivas de 24 horas nos períodos: menos chuvoso de 2016 (17-18/novembro), e mais chuvoso (12-13/abril) e menos chuvoso (06-07/julho) de 2017, respectivamente. Para interpretação dos dados e elaboração dos gráficos foram utilizados os programas Excel 14.0 - Office 2010 (Microsoft, Redmond, WA, EUA) e SigmaPlot 11.0 (SYSTAT Inc., San Jose, CA, EUA).

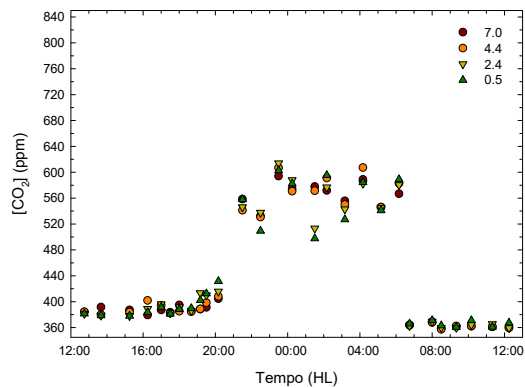
### 3. Resultados e discussão

Imediatamente após o amanhecer (06:00 horas), em ambas as espécies, as  $[CO_2]$  foram maiores que os demais horários diurnos, principalmente durante o período menos chuvoso, no qual houve maior estratificação entre os níveis (Figura 2 (e) e (f)). Após este horário, as concentrações diminuíram e variaram pouco entre os níveis, ou seja, houve uma mistura no interior da camada limite convectiva (CLC) implicando na diminuição da  $[CO_2]$ . Os ciclos horários da  $[CO_2]$  mostram que as maiores amplitudes ocorreram no dia do período menos chuvoso em 2017, em ambas as espécies, atingindo valores próximos a 800 ppm. Buchmann et al. (1997), ao comparar sazonalmente a  $[CO_2]$  média em uma floresta tropical na Guiana Francesa, constatou que os gradientes da variação diária do  $CO_2$  são menores na estação úmida em relação à seca. Estes resultados sugerem que as variações entre os períodos menos e mais chuvosos estejam relacionadas com as condições hídricas, por exemplo, de precipitação, umidade do ar e conteúdo de água no solo, que podem afetar as taxas de fotossíntese e a respiração total das espécies florestais e pastagem, alterando os processos fisiológicos e as propriedades estruturais do dossel (VOURLITIS et al., 2004).

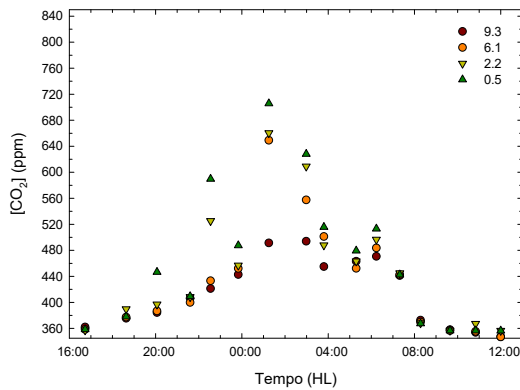
À noite devido à baixa turbulência, resultado da estabilidade da atmosfera, as concentrações de  $CO_2$  aumentaram quantitativamente em todas as alturas, quando a fonte principal de  $CO_2$  foi a respiração do solo e das plantas. De acordo com Leite (2004) o surgimento de uma camada limite estável (início da camada limite noturna "CLN") se dá geralmente por volta de 17:00 horas, o que corrobora com este incremento da  $[CO_2]$  no período noturno (Figura 3). Após o entardecer, somente por volta de 20:00 horas a  $[CO_2]$  aumentou em todos os períodos. Este aumento gradativo da  $[CO_2]$ , como constatou Silva Júnior et al. (2004), além de expressar a liberação de  $CO_2$  pela respiração vegetal, relaciona-se ao aumento natural da umidade relativa do ar e diminuição da temperatura do ar, que propicia não somente uma maior respiração das raízes, como também dos microorganismos responsáveis pela decomposição do material orgânico do solo e oxidação química dos compostos de carbono.



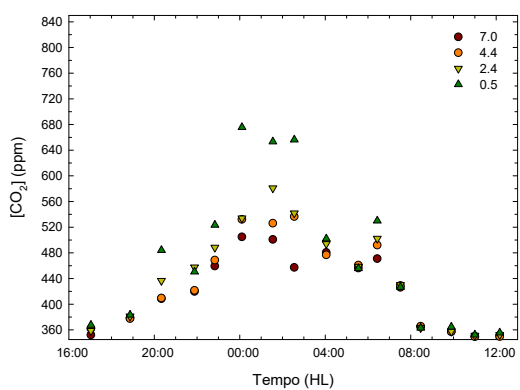
(a) Período menos chuvoso de 2016 em mogno



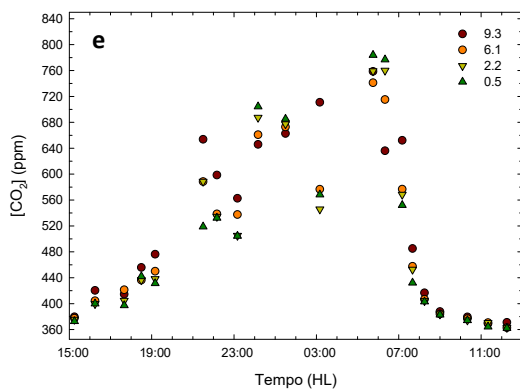
(b) Período menos chuvoso de 2016 em teca



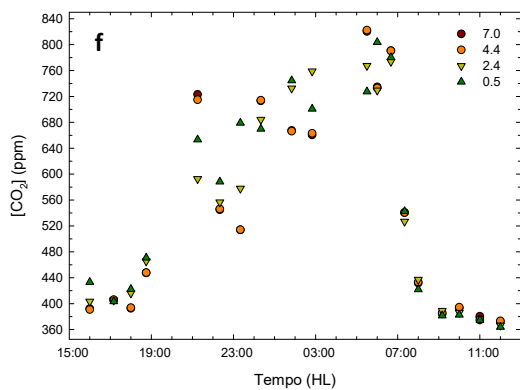
(c) Período mais chuvoso de 2017 em mogno



(d) Período mais chuvoso de 2017 em teca



(e) Período menos chuvoso de 2017 em mogno



(f) Período menos chuvoso de 2017 em teca

Figura 2 – Variação da  $[CO_2]$  durante a campanha intensiva de 24 horas no período menos chuvoso de 2016 medido em mogno (a) e teca (b); mais chuvoso em mogno (c) e teca (d); e menos chuvoso de 2017, em mogno (e) e teca (f) em Terra Alta/PA. O tempo está em hora local.

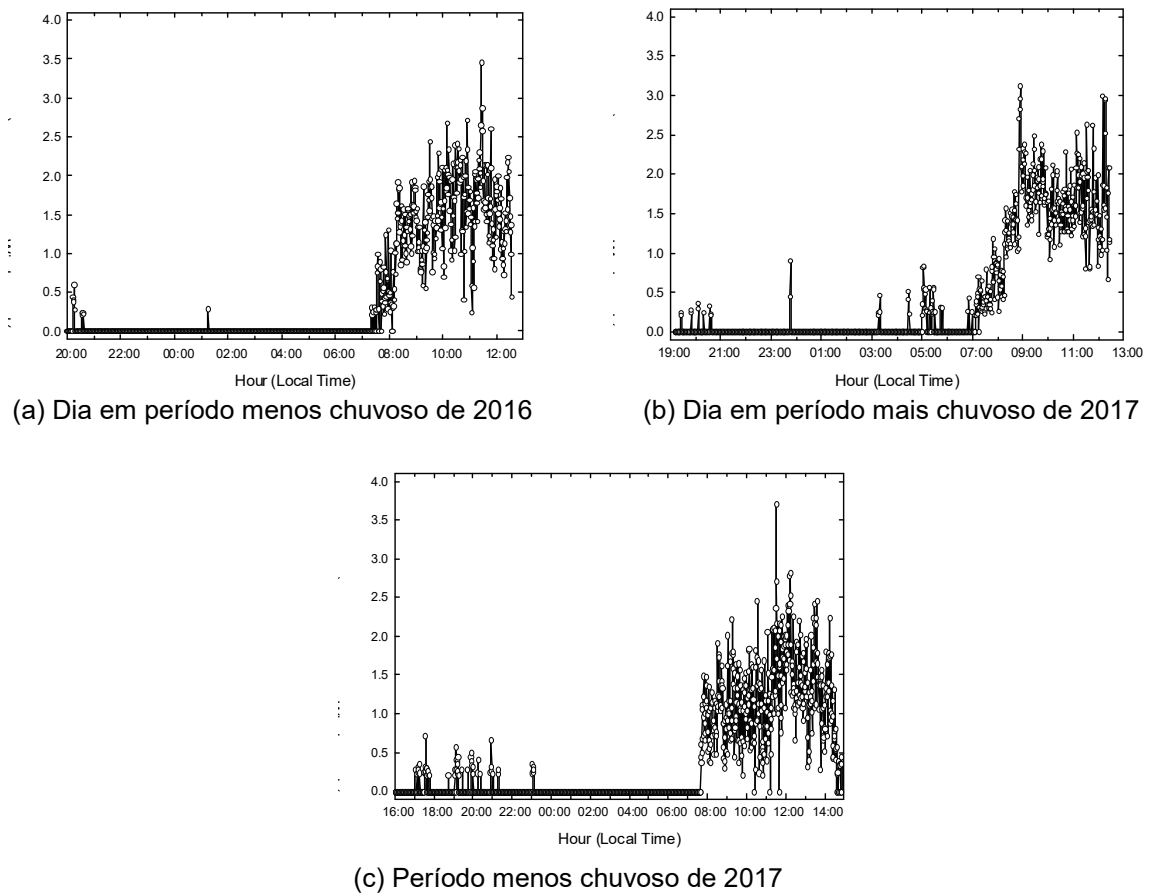


Figura 3 – Variação da velocidade do vento em campanha intensiva de 24 horas no período menos chuvoso de 2016 (a); mais chuvoso de 2017 (b); e menos chuvoso de 2017 (c) medidos em pastagem, em Terra Alta/PA. O tempo está em hora local.

#### 4. Conclusões

Houve maior amplitude nas  $[CO_2]$  medidas no período menos chuvoso de 2017 e maiores concentrações diurnas em relação aos outros períodos. A sazonalidade é um fator que influencia na  $[CO_2]$  atmosférico no sistema iLPF. A  $[CO_2]$  só começa a aumentar e acumular abaixo do dossel a partir de 20:00 horas, quando a atmosfera está mais estável. A estabilidade da camada limite noturna influencia nas  $[CO_2]$  abaixo do dossel vegetal.

#### Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, A. C.; KRUIJT, B.; NOBRE, A. D.; DOLMAN, A. J.; WATERLOO, M. J.; MOORS, E. J.; & SOUZA, J. S. **Nocturnal accumulation of  $CO_2$  underneath a tropical forest canopy along a topographical gradient.** *Ecological Applications*, 18(6), 1406-1419, 2008.
- BUCHMANN, N.; GUEHL, J. M.; BARIGAH, T. S.; & EHLERINGER, J. R. **Interseasonal comparison of  $CO_2$  concentrations, isotopic composition, and carbon dynamics in an Amazonian rainforest (French Guiana).** *Oecologia*, 110(1), 120-131, 1997.
- CORDEIRO, L. A. M.; ASSAD, E. D.; FRANCHINI, J. C.; SÁ, J. C. M.; LANDERS, J. N.; AMADO, T. J. C. & MOZZER, G. B. **O Aquecimento Global e a Agricultura de Baixa Emissão**

**de Carbono.** Brasília: MAPA/EMBRAPA/FEBRAPDP, 1, 75, 2011.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. D.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C. & GALERANI, P. R. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46(10), 0-0, 2011.

FERREIRA, A. D.; LAURA, V. A.; ARAUJO, A. R.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; BUNGENSTAB, D. J.; NASCIMENTO, L. S. **Potential of environmental services of eucalyptus on integrated production systems.** In: 2º Simpósio Internacional sobre Gases de Efeito Estufa na Agropecuária, Roberto Giolo de Almeida et al. – Campo Grande, MS : Embrapa Gado de Corte. Artigos, p. 200-204. ISSN 1983-974X, 2016.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

LEITE C. C. **Características da Camada Limite Convectiva Durante a Transição da Estação Seca para Chuvosa na Amazônia – Comparação Floresta/Pastagem (DRY TO WET AMC/LBA - 2002).** Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Universidade Federal de Alagoas, Maceio/AL, p. 61, 2004.

SILVA JÚNIOR, R. S. D.; MOURA, M. A. L.; MEIXNER, F. X.; KORMANN, R.; LYRA, R. F. D. F.; & NASCIMENTO FILHO, M. F. D. **Estudo da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico em área de pastagem na região amazônica.** Revista Brasileira de Geofísica, v. 22, n. 3, p. 259-270, 2004.

VOURLITIS, G. L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M.; NOGUEIRA, J. D. S.; RAITER, F.; HOEGEL, W.; & CAMPELO JR, J. H. **Effects of meteorological variations on the CO<sub>2</sub> exchange of a Brazilian transitional tropical forest.** Ecological applications, 14(sp4), 89-100, 2004.