

Fluxo Diurno de CO₂ Solo-planta-atmosfera em um Campo Úmido do Cerrado



ISSN 1676-918X
ISSN online 2176-509X
Março, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 274

Fluxo Diurno de CO₂ Solo- planta-atmosfera em um Campo Úmido do Cerrado

*Maria Lucia Meirelles
Augusto César Franco
Eloisa Aparecida Belleza Ferreira
Celso Van Randow*

Planaltina, DF
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Fernando Antônio Macena da Silva*

Secretária-Executiva: *Marina de Fátima Vilela*

Secretária: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*

Equipe de Revisão: *Francisca Elijani do Nascimento*

Jussara Flores de Oliveira Arbués

Assistente de revisão: *Elizelva de Carvalho Menezes*

Normalização bibliográfica: *Paloma Guimarães Correa de Oliveira*

Editoração eletrônica: *Alexandre Moreira Veloso*

Capa: *Alexandre Moreira Veloso*

Foto(s) da capa: *Maria Lucia Meirelles*

Impressão e acabamento: *Alexandre Moreira Veloso*

Divino Batista de Souza

1ª edição

1ª impressão (2010): tiragem 100 exemplares

Edição online (2010)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

F647 Fluxo diurno de CO₂ solo-planta-atmosfera em um campo úmido do Cerrado / Maria Lúcia Meirelles... [et al.]. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2010.

21 p. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 2176-509X, ISSN online 2176-509X ; 274).

1. Solo. 2. Lençol freático. I. Meirelles, Maria Lúcia. II. Série.

631.4 - CDD 21

© Embrapa 2010

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões.....	19
Agradecimentos	20
Referências	20

Fluxo Diurno de CO₂ Solo-planta-atmosfera em um Campo Úmido do Cerrado

Maria Lucia Meirelles¹

Augusto César Franco²

Eloisa Aparecida Belleza Ferreira³

Celso Van Randow⁴

Resumo

O objetivo deste estudo foi relacionar a altura do lençol freático com os fluxos diurnos de CO₂ em um Campo Limpo Úmido (Brasília, DF). Foram monitorados a altura da lâmina do lençol freático; a assimilação de CO₂ pelo processo fotossintético de duas gramíneas que representavam 50% da cobertura vegetal; a quantificação do fluxo de CO₂ do solo por um equipamento acoplado a câmara de solo; e os fluxos de CO₂ atmosférico pelo método micrometeorológico de covariância de vórtices turbulentos. A lâmina de água em 2005 atingiu profundidades de 80 cm e, em 2006, esteve próxima à superfície durante todo o ano, cujas variações não exerceram um efeito na capacidade fotossintética de *Axonopus comans*, entretanto foram medidos valores menores em *Andropogon virgatus*, quando o solo estava encharcado. A quantidade anual de carbono diurno liberado pelo solo foi de 268 gC m⁻², em 2005; 120 gC m⁻² em 2006. Foram retirados da atmosfera, no período diurno, 521 gC m⁻² em 2005; e 521 gC m⁻² em 2006. Foram incorporados pelas plantas 921 gC m⁻² em 2005 e 641 gC m⁻² em 2006. Logo, a altura do lençol freático é um atributo essencial para se predizer padrões diurnos nos fluxos de CO₂ em um Campo Limpo Úmido do Cerrado.

Termos para indexação: área úmida, fotossíntese, covariância de vórtices turbulentos, lençol freático, respiração do solo.

¹ Bióloga, Ph.D., pesquisadora da Embrapa Cerrados, lucia@cpac.embrapa.br

² Biólogo, Ph.D., professor da Universidade de Brasília, Departamento de Botânica, Laboratório de Ecofisiologia Vegetal, Cx. Postal 04508, CEP: 70910-970, Brasília, DF, acfranco@unb.br

³ Engenheira Agrônoma, M.Sc., pesquisadora da Embrapa Cerrados, eloisa@cpac.embrapa.br

⁴ Meteorologista, Ph.D., pesquisador do INPE, Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), Rodovia Presidente Dutra (SP-RJ), Km 40, CEP:12630-000, Cachoeira Paulista, SP, celso.vonrandow@inpe.br

Flow CO₂ Diurnal Soil-plant-atmosphere in a Wet Grassland at the Brazilian Savanna

Abstract

*The aim of this study was to relate the height of water table on the diurnal pattern of CO₂ in wet grassland (Brasília, DF). The height of the water table, the CO₂ assimilation by the photosynthetic process of two grasses represented 50% of vegetation cover, the quantification of soil CO₂ flux by an equipment connected to chamber ground and flows of atmospheric CO₂ by the micrometeorologic method of eddy covariance were monitored. The water table depth in 2005 reached depths of 80 cm and in 2006 was close to the surface throughout the year and these variations did not exert an effect on photosynthetic capacity of **Axonopus comans**, however lowest in **Andropogon virgatus** were measured when the soil was soaked. The annual quantity of carbon released by soil daytime was 268 gC m⁻² 2005 and 120 gC m⁻² in 2006. 653 gC m⁻² were removed from the atmosphere during the day in 2005 and 521 gC m⁻² in 2006. It was incorporated by plants 921 gC m⁻² in 2005 and 641 gC m⁻² in 2006. Soon, the height of the water table is an attribute essential to predict the diurnal pattern of CO₂ in wet grassland of the Brazilian Savanna.*

Index terms: wetland, photosynthesis, eddy covariance, groundwater, soil respiration.

Introdução

As Áreas Úmidas são ecossistemas naturais que apresentam como principal característica a presença de substrato inundável. Nesses ambientes, a matéria morta se decompõe lentamente por anaerobiose por causa da inundação, o que ocasiona acúmulo de matéria orgânica no solo com consequente armazenamento de carbono (YAVITT, 1994).

O Campo Limpo Úmido do Cerrado é uma Área Úmida que ocorre geralmente em áreas planas, relativamente extensas, contíguas a cursos de água sendo periodicamente inundado (RIBEIRO; WALTER, 1998). A flora está adaptada a amplas variações na altura do lençol freático, tendo períodos de anaerobiose do solo que reduzem a decomposição da matéria orgânica que se acumula no solo. Esse tipo de vegetação é um grande armazenador de carbono, apresentando cerca de 4 ton ha⁻¹ na vegetação e 241 ton ha⁻¹ de carbono orgânico no solo (MEIRELLES et al., 2006). Entretanto, esses solos, quando drenados para o uso agrícola, sofrem mudanças significativas e contínuas que ocasionam, por oxidação gradativa, a perda gradual e severa da matéria orgânica acumulada no solo (MIRANDA, 1990). Esse tipo de vegetação também é um importante armazenador de água, contribuindo para a perenidade dos cursos de água da região, principalmente na época da seca. Entretanto, apresenta baixa resiliência aos impactos ambientais e o Cerrado já apresenta vastas áreas de Campo Úmido degradadas em consequência da drenagem e outras perturbações antrópicas.

As inundações periódicas do Campo Limpo Úmido dificultam o estabelecimento de espécies arbustivas-arbóreas, enquanto as espécies herbáceas são adaptadas a um maior grau de encharcamento e predominam nesse tipo de vegetação. Contudo, perturbações locais (pastoreio, drenagem, desmatamento) e mudanças no uso da terra, em nível da Bacia Hidrográfica, podem ocasionar o rebaixamento significativo do lençol freático, favorecendo a colonização dessas áreas por espécies nativas arbóreo-arbustivas do Cerrado, tais como

Trembleya parviflora e *Vochysia pyramidales*, que passam a sombrear o estrato herbáceo, reduzindo a frequência e cobertura de espécies gramíneas adaptadas às variações de encharcamento do solo (MEIRELLES et al., 2004). O rebaixamento do lençol freático pode não apenas reduzir a biodiversidade, mas, também, a quantidade do estoque de carbono no solo e a captação de CO₂ atmosférico desta Área Úmida.

O nível da lâmina do lençol freático tem efeitos importantes nas emissões de CO₂ do solo em Áreas Úmidas já que a saturação do solo limita a difusão de oxigênio atmosférico, diminuindo a atividade microbiana e a taxa de decomposição (CHIMNER; COOPER, 2003). Portanto, a dinâmica do fluxo de CO₂ do solo de uma Área Úmida em relação às variações sazonais na altura do lençol freático funciona como indicador das condições anaeróbicas da superfície.

O desempenho das superfícies foliares para captar CO₂ da atmosfera depende, em grande parte, da estrutura e funcionamento do aparato fotossintético e da sua capacidade de se ajustar às variações ambientais, tais como a intensidade luminosa. No caso de uma Área Úmida, a variação sazonal na altura do lençol freático exerce um papel primordial no fluxo de CO₂ atmosférico, indicando a capacidade de o ecossistema atuar como dreno de CO₂ em relação às variações ambientais (BONNEVILLE et al., 2008).

O objetivo deste estudo foi relacionar, para um Campo Limpo Úmido do Cerrado, as variações da altura da lâmina do lençol freático em relação à superfície do solo sobre a dinâmica dos fluxos diurnos de CO₂ nas interfaces do sistema solo-planta-atmosfera, durante dois anos, além do efeito de variações na luminosidade sobre a fotossíntese de espécies herbáceas dominantes na área.

Material e Métodos

A área estudada corresponde a um Campo Limpo Úmido de aproximadamente 16 ha, localizada a 1.060 m de altitude, entre 15°55'31,3" a 15°55'45,5"S e 47°54'23,3" a 47°54'17,1"W, na Fazenda Água Limpa (FAL), área experimental da Universidade de Brasília. O clima na região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW (clima tropical com chuvas no verão e seca no inverno), caracterizado por uma estação seca de maio a setembro e uma estação chuvosa de outubro a abril. O solo predominante é do tipo Organossolo, com pH em H₂O em torno de 6,1; densidade em torno de 0,5 g cm⁻³; e condutividade hidráulica saturada de 13,1 cm h⁻¹. A coleta de dados foi realizada de janeiro de 2005 até dezembro de 2006. A última queimada na área ocorreu em agosto de 1999.

O Campo Limpo Úmido estudado encontra-se em terreno mal drenado, sem árvores ou arbustos, estrato herbáceo contínuo e dossel com aproximadamente 70 cm de altura. Segundo dados obtidos por Munhoz (2003), as quatro espécies na área com maior cobertura, todas da família Poaceae, são (com a respectiva cobertura relativa): *Axonopus comans* (Trin.) Henrad (42,1%); *Andropogon lateralis* Nees subsp. *Cryptopus* (9,29%); *Andropogon bicornis* L. (5,68%); e *Andropogon virgatus* Desv. (5,13%).

O Campo Limpo Úmido apresenta-se bordeado pelo Cerrado sensu stricto em área mais bem drenada e a Mata de Galeria às margens do curso d'água. A área apresenta declividade de 3% na direção Cerrado sensu stricto-Campo Úmido-Mata de Galeria. O monitoramento da altura da lâmina do lençol freático em relação à superfície do solo foi realizado em uma transeção de 90 m, onde foram colocadas estacas de 10 m em 10 m, demarcando-se 9 pontos, estando o ponto 1 próximo a borda do Cerrado sensu stricto; o ponto 9 (nove), na borda da Mata de Galeria; e os outros pontos atravessando o Campo Úmido. Um tubo de PVC de 2 m foi enterrado em cada ponto, onde foi monitorada mensalmente durante os dois anos de estudo a distância entre a superfície do solo e a lâmina de água do lençol freático.

A resposta da assimilação de CO_2 pelo processo fotossintético foi determinada em relação às variações na intensidade luminosa ao longo do ano para duas gramíneas representativas do Campo Limpo Úmido estudado, *Axonopus comans* e *Andropogon virgatus*, que, juntas, representavam aproximadamente 50% da cobertura vegetal da área de estudo. Para as medições da fotossíntese e transpiração, utilizou-se o sistema portátil LCpro da ADC BioScientific Ltd. (Hoddesdon, Inglaterra). As variações na intensidade luminosa foram medidas com o sistema de iluminação do próprio equipamento. Procurou-se manter a temperatura do ar na câmara do aparelho relativamente constante, na faixa de 25 °C a 27 °C. Entre 10 a 40 folhas, foram acondicionadas no interior da câmara do aparelho, tomando-se o cuidado para preencher toda a área. A cada intensidade luminosa, os valores de assimilação de CO_2 foram monitorados entre cinco a dez minutos, até a estabilização. Para determinar os valores de respiração, a fonte de luz era desligada e a câmara do aparelho, coberta com papel alumínio. Os valores de liberação de CO_2 eram monitorados até sua estabilização.

A quantificação da densidade do fluxo de CO_2 da superfície do solo foi obtida por meio de um equipamento portátil, dotado de uma câmara de respiração, na qual, o fluxo de CO_2 é medido por um analisador de gás infravermelho (modelo LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA), acoplado a um sistema digital de armazenamento de dados. Foram instalados nove anéis de PVC, adjacentes a cada um dos nove pontos de monitoramento do lençol freático. Medidas de fluxo de CO_2 foram realizadas entre maio de 2005 e dezembro de 2006, em intervalos de aproximadamente uma semana. Os valores entre janeiro e abril de 2005 foram obtidos por regressão entre a altura da lâmina de água e os fluxos de CO_2 obtidos. Para se determinar o fluxo de CO_2 , a câmara de respiração foi colocada cuidadosamente em um anel de PVC (10,5 cm de diâmetro interno x 5 cm de altura), inserido permanentemente no solo a 2 cm de profundidade. O anel de PVC foi utilizado para se evitar qualquer distúrbio mecânico no momento da instalação. A concentração de CO_2 dentro da câmara foi então ajustada por meio de

uma bomba de sucção em níveis abaixo da concentração da atmosfera ambiental. O sistema foi então desligado e o fluxo de CO₂ acumulado foi medido por dois a três minutos, por três vezes. O fluxo de CO₂ foi calculado interpolando-se os valores do aumento de 10 µg CO₂ L⁻¹ dentro da câmara e o tempo de medição, considerando o volume interno da câmara de respiração e a concentração de CO₂ ambiental medida anteriormente. Foi estimada a quantidade anual de carbono liberado, pelo solo, pelo fluxo de CO₂. Calculou-se o fluxo médio mensal (Fm) e o desvio-padrão das quatro medições mensais e posterior soma dos valores para os meses de 2005 e 2006.

Uma estação micrometeorológica foi instalada em um mastro de 4 m (modelo CM3 - Campbell Scientific) próxima ao ponto um de monitoramento do lençol freático. Apresentava os seguintes sensores com os respectivos modelos e marcas: pluviômetro (TE525 – Texas Electronic), velocidade (014A – Met One) e direção do vento (024A – Met One); radiação líquida (Q7 – REBS); radiação fotossinteticamente ativa (LI190 - LICOR); radiação solar incidente e refletida (CM3 – Kipp & Zonen); temperatura e umidade do ar (HMP45C – Vaisala); calor do solo (HFT3 – REBS); temperatura (TCAV – Campbell) e umidade do solo (CS615 - Campbell). Esses sensores foram acoplados a um sistema de aquisição de dados (datalogger CR23X - Campbell) com o software de gerenciamento coletando dados a cada minuto e armazenando as médias de 30 minutos que foram recolhidos semanalmente em um módulo de armazenagem (SM4M – Campbell).

Foi instalado um segundo mastro de 4 m (CM3-Campbell) com um sistema de covariância de vórtices turbulentos (CVT) composto por um anemômetro sônico tridimensional (CSAT3 - Campbell) e um IRGA de resposta rápida, que mediu a densidade do vapor d'água e CO₂ (Li-7500 - LICOR) em uma frequência de 20 Hz, acoplados a um coletor de dados (datalogger CR5000 - Campbell), que gerenciava a obtenção dos dados, os quais eram armazenados em um cartão de memória Flash de 2 GB. As duas estações instaladas foram acopladas a duas baterias de 100 W, alimentadas por dois painéis solares (Siemens) de 75 W cada.

Foram obtidos os componentes do balanço de energia (OKE, 1987), que relaciona a densidade do fluxo de radiação líquida (Rn) com o somatório das densidades dos fluxos de calor sensível no solo (G), calor latente (LE), calor sensível no ar (H) e energia fotoquímica (F_c). Rn foi obtida pelo radiômetro líquido, sendo os valores corrigidos em relação à velocidade do vento. G foi calculada a partir da média das duas placas de calor do solo colocadas a 8 cm de profundidade, acrescida da energia armazenada no solo (S), obtida por:

$$S = C_v \left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right) dZ$$

Em que C_v é calor específico do solo úmido e $\Delta T / \Delta t$ a variação média de temperatura do solo, cujos sensores foram instalados a 2 cm e 6 cm de profundidade. Foram utilizados para o cálculo de C_v os teores de água obtidos a 3 cm de profundidade.

H, LE e F_c diurno (7h às 18h) foram obtidas pelo método micrometeorológico de covariância de vórtices turbulentos (SWINBANK, 1951) a partir dos dados do sistema CVT e a utilização do programa Eddy3 desenvolvido pela equipe de micro-meteorologia da Alterra (Holanda), já realizando as correções pertinentes. Foram obtidas para cada 30 minutos H, LE e F_c pela média dos produtos das flutuações da velocidade do vento com a temperatura, concentração do vapor de água e CO₂, respectivamente.

Uma maneira de se avaliar a qualidade dos dados obtidos para os fluxos turbulentos pelo método de covariância de vórtices turbulentos é verificando-se a proximidade do fechamento do balanço de energia por meio da correlação entre a energia utilizada (LE + H) e a disponível (Rn-G). O valor de correlação (r²) igual a 1 indica o fechamento perfeito do balanço de energia, sendo o não fechamento total esperado, já que não é considerado nesses cálculos a energia armazenada na biomassa e utilizada em outros processos (AUBINET et al., 2000). O coeficiente de correlação em relação ao fechamento do balanço de energia obtido para os dois anos de estudo no Campo Úmido foi de 0,89. Esse valor

é similar ao encontrado em outros estudos como o de Wilson et al. (2000), que, em vinte e duas áreas distintas, obtiveram um valor médio de 0,80.

Resultados e Discussão

Precipitação pluviométrica e altura da lâmina do lençol freático

Na Figura 1, são apresentados os dados mensais de precipitação na área de estudo (2005 e 2006) e as médias históricas (1965 a 2005) da Estação Meteorológica de Brasília - Instituto de Meteorologia. A precipitação pluviométrica total anual foi 1.391 mm, para 2005; 1.829 mm, para 2006; e 1.308 mm, para a média histórica na região. A precipitação em 2006 foi cerca de 40% maior que a do ano de 2005.

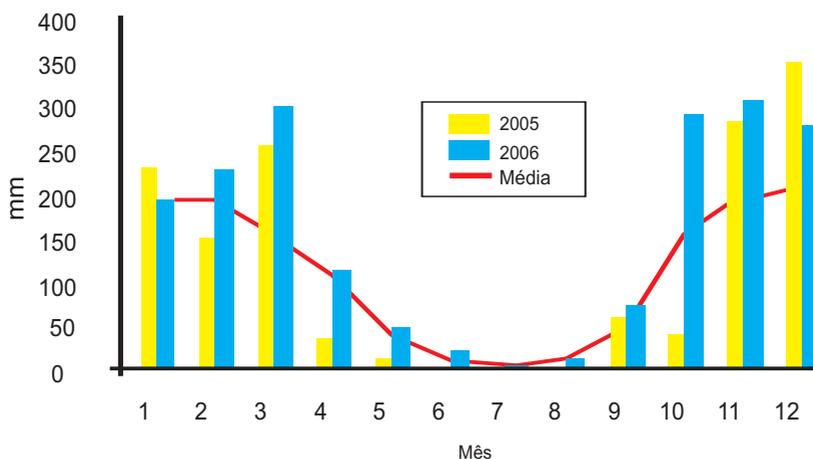


Figura 1. Precipitação pluviométrica total mensal na área de Campo Limpo Úmido (2005 e 2006) e a média histórica (1965 a 2005) da estação meteorológica de Brasília do Instituto de Meteorologia (Brasília, DF).

Na Figura 2, são apresentados a distância entre a superfície do solo e a lâmina de água do lençol freático para os anos de 2005 e 2006. Os valores negativos indicam quanto a lâmina do lençol freático encontrava-se abaixo da superfície, e os valores positivos, acima da superfície. Observa-se que, no ano de 2006, a lâmina de água esteve

próxima à superfície do solo a maior parte do ano, enquanto, no ano de 2005, atingiu profundidades de até 80 cm na época da seca.

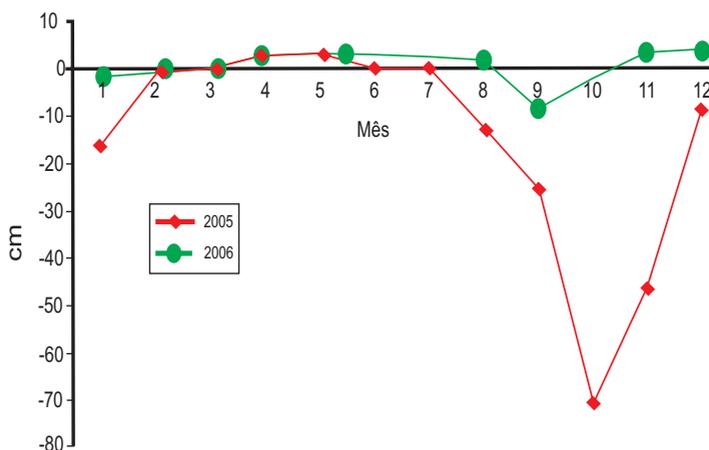


Figura 2. Distância mensal entre a lâmina de água do lençol freático e a superfície do solo em área de Campo Limpo Úmido (Brasília, DF).

Resposta fotossintética a variações na intensidade luminosa

Os ambientes tropicais geralmente estão expostos a altos níveis de irradiação solar, que resulta em grande amplitude de variação na intensidade luminosa ao longo de um ciclo diurno. Nessas condições, a operacionalidade do aparato fotossintético depende fortemente da sua capacidade de se ajustar às variações na intensidade luminosa. Em ambas as espécies estudadas, a assimilação de CO₂ não apresentou saturação, mesmo a valores máximos de densidade de fluxo de fótons na faixa fotossinteticamente ativa (Figuras 3 e 4). Essa ausência de saturação indica que ambas as gramíneas são C₄, o que foi confirmado pelos valores da razão isotópica de carbono foliar, que foram de -13.54‰ em *A. comans* e -12.56‰ em *A. virgatus*. Os valores médios de respiração foliar foram 0.34 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para *A. virgatus* e -0.57 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em *A. comans*. Os valores máximos de assimilação de CO₂ foram maiores para

A. comans, alcançando a faixa de $16 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nas maiores intensidades luminosas, enquanto os valores máximos em *A. virgatus* se mantiveram entre $9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e $14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

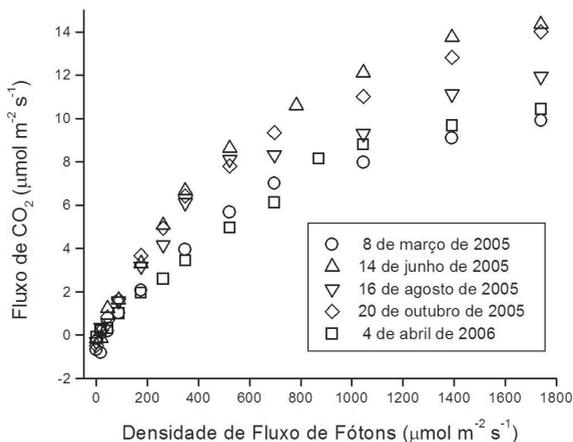


Figura 3. Resposta da assimilação de CO_2 a variações na densidade de fluxo de fótons em *Andropogon virgatus*. Dados obtidos em uma área de Campo Limpo Úmido na fazenda experimental da Universidade de Brasília (FAL) em diferentes épocas do ano.

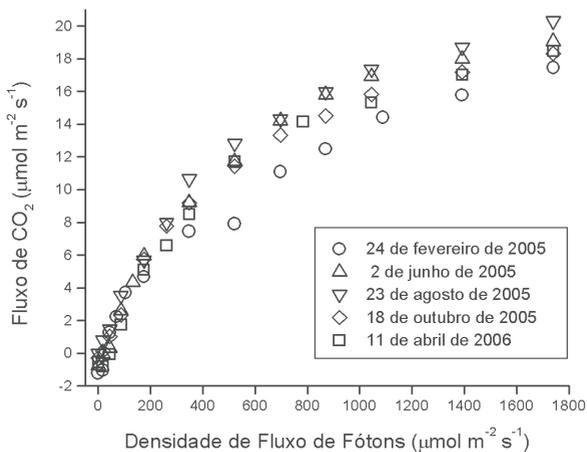


Figura 4. Resposta da assimilação de CO_2 a variações na densidade de fluxo de fótons em *Axonopus comans*. Dados obtidos em uma área de Campo Limpo Úmido na fazenda experimental da Universidade de Brasília (FAL) em diferentes épocas do ano.

A seca sazonal e as variações no lençol freático não exerceram efeito significativo na capacidade de assimilação de carbono de *A. comans*, a espécie de maior cobertura (42%) na área de estudo. Entretanto, os menores valores de assimilação de CO₂ em *A. virgatus* foram medidos em março de 2005 e abril de 2006 (Figura 3), final da estação chuvosa na região, quando a superfície do solo estava coberta pela lâmina de água (Figura 2). O forte declínio do lençol freático ao longo da estação seca de 2005 não afetou a capacidade de assimilação de CO₂ de *A. virgatus*, sendo os maiores valores registrados neste período para essa espécie. Temos, assim, diferentes respostas das duas espécies estudadas ao estresse por inundação do solo.

Fluxo de CO₂ do solo

Em uma Área Úmida, o declínio da lâmina do lençol freático aumenta a difusão de oxigênio em solos que permitem a decomposição aeróbia, elevando assim as emissões de CO₂ (SILVOLA et al., 1996), já que a respiração aeróbia é mais eficiente na produção de CO₂ do que a respiração anaeróbia (SCHLESINGER, 1997). As raízes são fonte de carbono oxidável, principalmente em camadas de turfa superiores (CHIMNER, 2000; citado por CHIMNER; COOPER, 2003). Raízes produzem exudatos e radículas que podem ser decompostos rapidamente por microrganismos quando expostas as condições mais aeróbias (THOMAS et al., 1996) e também liberam CO₂ da própria respiração (SILVOLA et al., 1996; VERVILLE et al. 1998). O fluxo de CO₂ do solo por meio da respiração edáfica reflete sua atividade biológica, representada por raízes de plantas, macro e microrganismos, sendo função não apenas da densidade dos organismos, mas, também, das condições físicas e químicas do solo, como temperatura, porosidade, teor de água, pH, entre outras.

O valor médio da densidade do fluxo de CO₂ na superfície do solo obtido para os nove pontos estudados variou de 0,26 μ mol C-CO₂ m⁻² s⁻¹, em abril de 2006 (c.v. = 194%), a 5,21 μ mol C-CO₂ m⁻² s⁻¹, em novembro de 2005 (c.v. = 39%). A média anual desse fluxo ficou em torno de 1,46 μ mol C-CO₂ m⁻² s⁻¹, com alta variabilidade (c.v. = 114). Houve forte tendência sazonal, com as maiores quantidades de carbono liberado do solo no final do período seco do ano (Figura 5),

quando o lençol freático estava abaixo da superfície do solo (Figura 2). Constatou-se significativa correlação entre o CO₂ liberado do solo e a distância entre a lâmina de água do lençol freático e a superfície do solo, explicando 94% da variação para o ano de 2005 e 93%, para o ano de 2006 ($p \leq 0,005$). O carbono total liberado pelo fluxo diurno de CO₂ do solo foi estimado em 268 gC m⁻² para 2005 e 120 gC m⁻² para 2006.

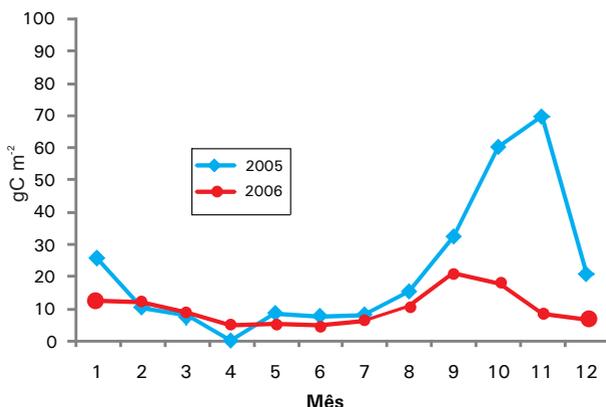


Figura 5. Carbono total mensal diurno (gC m⁻²) liberado pelo fluxo de CO₂ do solo nos anos de 2005 e 2006 em um Campo Limpo Úmido do Cerrado (Brasília, DF).

Fluxo do CO₂ atmosférico

O carbono total retirado da atmosfera no período diurno por meio do fluxo de CO₂ em direção ao Campo Limpo Úmido variou ao longo do período estudado (Figura 6), sendo o valor total de 653 gC m⁻² para 2005 e 521 gC m⁻² para 2006. As correlações entre a quantidade de carbono retirado da atmosfera no período diurno e a distância entre a lâmina do lençol freático e a superfície do solo (Figura 2) foram significativas no ano de 2005 ($r=0,71$, $p \leq 0,005$) e 2006 ($r=0,51$, $p \leq 0,05$). Logo, a maior profundidade da lâmina de água do lençol freático em relação à superfície contribuiu para menor capacidade do Campo Limpo Úmido em retirar CO₂ da atmosfera durante o período fotossintético das plantas.

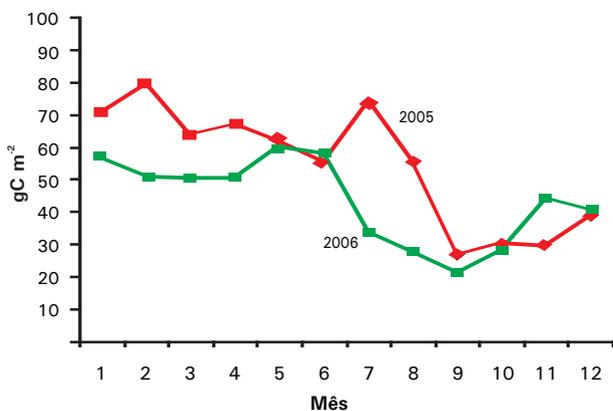


Figura 6. Carbono total mensal diurno (gC m^{-2}) retirado da atmosfera nos anos de 2005 e 2006 em direção a um Campo Limpo Úmido do Cerrado (Brasília, DF).

Fluxo de CO_2 para as plantas

O CO_2 captado pelas plantas corresponde à soma das densidades de fluxo diurno do CO_2 atmosférico em direção ao dossel e do fluxo de CO_2 diurno liberado do solo. Assim sendo, somaram-se os valores obtidos da quantidade de carbono retirado da atmosfera e do carbono liberado do solo pelos fluxos de CO_2 no período diurno para se obter a quantidade de carbono mensal captado pelas plantas pelo processo fotossintético do Campo Limpo Úmido estudado durante os anos de 2005 e 2006 (Figura 7). Foram incorporados pelas plantas 921 gC m^{-2} em 2005 e 641 gC m^{-2} em 2006. Observou-se correlação significativa e negativa para 2005 ($r = -0,52, \leq 0,05$) e não significativa para 2006 entre a quantidade total de carbono assimilado e as variações na altura da lâmina do lençol freático. Assim, tem-se um indicativo de que o Campo Limpo Úmido amplia sua absorção de CO_2 pelo processo fotossintético quando a lâmina do lençol freático atinge profundidades próximas a 80 cm em relação à superfície, como o ocorrido em 2005. Em 2006, que apresentou precipitação total 40% maior que em 2005 (Figura 1) e durante todo o ano a lâmina de água próxima à superfície (Figura 2), o Campo Limpo Úmido não ampliou significativamente no período seco sua absorção de CO_2 pelas plantas como o observado em 2005.

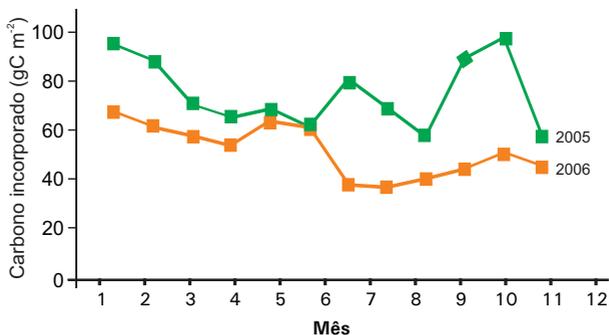


Figura 7. Carbono total mensal (2005 e 2006) incorporado pelas plantas (gC m⁻²) no período diurno, nos anos de 2005 e 2006, em um Campo Limpo Úmido do Cerrado (Brasília, DF).

Com base nesses resultados, observou-se que a altura da lâmina de água do lençol freático é um atributo essencial para se entender e prever padrões da dinâmica de CO₂ de um Campo Limpo Úmido do Cerrado, que, por sua vez, depende da quantidade das chuvas ao longo do ano. Dessa maneira, variações anuais na pluviosidade, como as que ocorreram entre os anos de 2005 e 2006, alteram as emissões de CO₂ do solo e do CO₂ captado da atmosfera, com influência na quantidade de carbono incorporado pelas plantas.

Conclusões

Em relação à dinâmica do fluxo diurno de CO₂ no sistema solo-planta-atmosfera do Campo Limpo Úmido estudado: (a) existem diferenças entre as espécies herbáceas quanto à influência da altura do lençol freático sobre o processo fotossintético, sendo a espécie com maior cobertura na área (*Axonopus comans*) pouco sensível a essa influência; (b) o fluxo de CO₂ do solo aumenta quando a lâmina de água do lençol freático encontra-se abaixo da superfície do solo; (c) a incorporação de CO₂ pelas plantas aumenta quando a lâmina de água do lençol freático encontra-se abaixo da superfície do solo; (d) a quantidade de CO₂ retirada da atmosfera diminui quando a lâmina de água do lençol freático encontra-se abaixo da superfície do solo, logo, a capacidade de

o Campo Limpo Úmido atuar como dreno de CO₂ atmosférico diminui quando ocorre o rebaixamento do lençol freático.

Agradecimentos

Aos bolsistas José Luciano Marra dos Santos, Gisele Amaral e Juliana Gondim de Albuquerque Lima pelo auxílio nos trabalhos de campo e processamento dos dados. A Edim Borges Vieira, Nelson de Oliveira Pais e Valdeci de Matos Lima pelo auxílio na coleta de dados e Inésio A. Marinho Corrêa, Jorge Nogueira e Arnaldo Ribeiro Nunes pela instalação e manutenção dos equipamentos. Ao Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (Prodetab) pelos recursos financeiros disponibilizados para o desenvolvimento do projeto.

Referências

- AUBINET, M.; GRELE, A.; IBROM, V.; RANNIK, U.; MONCRIEFF, J.; FOKEN, T.; KOWALSKI, A. S.; MARTIN, P. H.; BERBIGIER, P.; BERNHOFER, CH.; CLEMENT, R.; ELBERS, J.; GRANIER, A.; GRUNWALD, T.; MORGENSTERN, K.; PILEGAARD, K.; REBMANN, C.; SNIJDERS, W.; VALENTINI, R.; VESALA, T. Estimates of the annual net carbon and water exchange of forest: the EUROFLUX methodology. **Advances in Ecological Research**, v. 30, p. 113-175, 2000.
- BONNEVILLE, M. C.; STRACHAN, I. B.; HUMPHREYS, E. R.; ROULET, N. T. Net ecosystem CO₂ exchange in a temperate cattail marsh in relation to biophysical properties. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, p. 69-81, 2008.
- CHIMNER, R. A.; COOPER, D. J. Influence of water table levels on CO₂ emissions in a Colorado. subalpine fen: an in situ microcosm study. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, p. 345-351, 2003.
- MEIRELLES, M. L.; GUIMARÃES, A. J. M.; OLIVEIRA, R. C. de; GLEIN, M. A.; RIBEIRO, J. F. Impactos sobre o estrato herbáceo de Áreas Úmidas do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. de; CAMARGO, A. J. A. de, (Ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 41-68.
- MEIRELLES, M. L.; FERREIRA, E. A. B.; FRANCO, A. C. **Dinâmica sazonal do carbono em campo úmido do Cerrado**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 2006, 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 164).

MIRANDA, L. N. **Prioridades e metodologias de pesquisa em várzeas na área de fertilidade do solo.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1990. 17 p. (EMBRAPA – CPAC. Documentos, 33).

MUNHOZ, C. B. R. **Padrões de distribuição sazonal e espacial das espécies do estrato herbáceo-subarbutivo em comunidade de campo limpo úmido e de campo sujo.** 2003. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília. Departamento de Ecologia. Brasília, DF.

OKE, T. R. **Boundary layer climates.** 2. ed. London: Routledge, 1981.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora.** Planaltina, DF: EMBRAPA, CPAC, 1998, p. 89-166.

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry: an analysis of global change.** 2nd ed, New York: Academic Press, 1997.

SILVOLA, J.; ALM, J.; AHLHOLM, U.; NYKANEN, H.; MARTIKAINEN, P. J. CO₂ fluxes from peat in boreal mires under varying temperature and moisture conditions. **Journal of Ecology**, v. 84, p. 219-228, 1996.

THOMAS, K. L.; BENSTEAD, J.; DAVIES, K. L.; LLOYD, D. Role of wetland plants in the diurnal control of CH₄ and CO₂ fluxes in peat. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 28, p. 17-23. 1996.

VERVILLE, J. H.; HOBBIE, S. E.; CHAMPIN III, F. S.; HOOPER, D. U. Response of tundra CH₄ and CO₂ flux to manipulation of temperature and vegetation. **Biogeochemistry**, v. 41, p. 215-235. 1998.

WILSON, K.; GOLDSTEIN, A.; FALGE, E.; AUBINET, M.; BALDOCCHI, D.; BERBIGIER, P.; BERNHOFER, C.; CEULEMANS, R.; DOLMAN, H.; FIELD, C.; GRELLA, A.; ANDREAS, I.; LAW, B. E.; KOWALSKI, A.; MEYERS, T.; MONCRIEFF, J.; MONSON, R.; OECHEL, W.; TENHUNEN, J.; VALENTINI, R.; VERMA, S. Energy balance closure at FLUXNET sites. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 113, n. 1-4, p. 223-243, 2002.

YAVITT, J. B. Carbon dynamics in appalachian peatlands of west Virginia and western Maryland. **Water, Air and Soil pollution**, v. 77, p.: 271-290, 1994.

Embrapa

Cerrados

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 9026