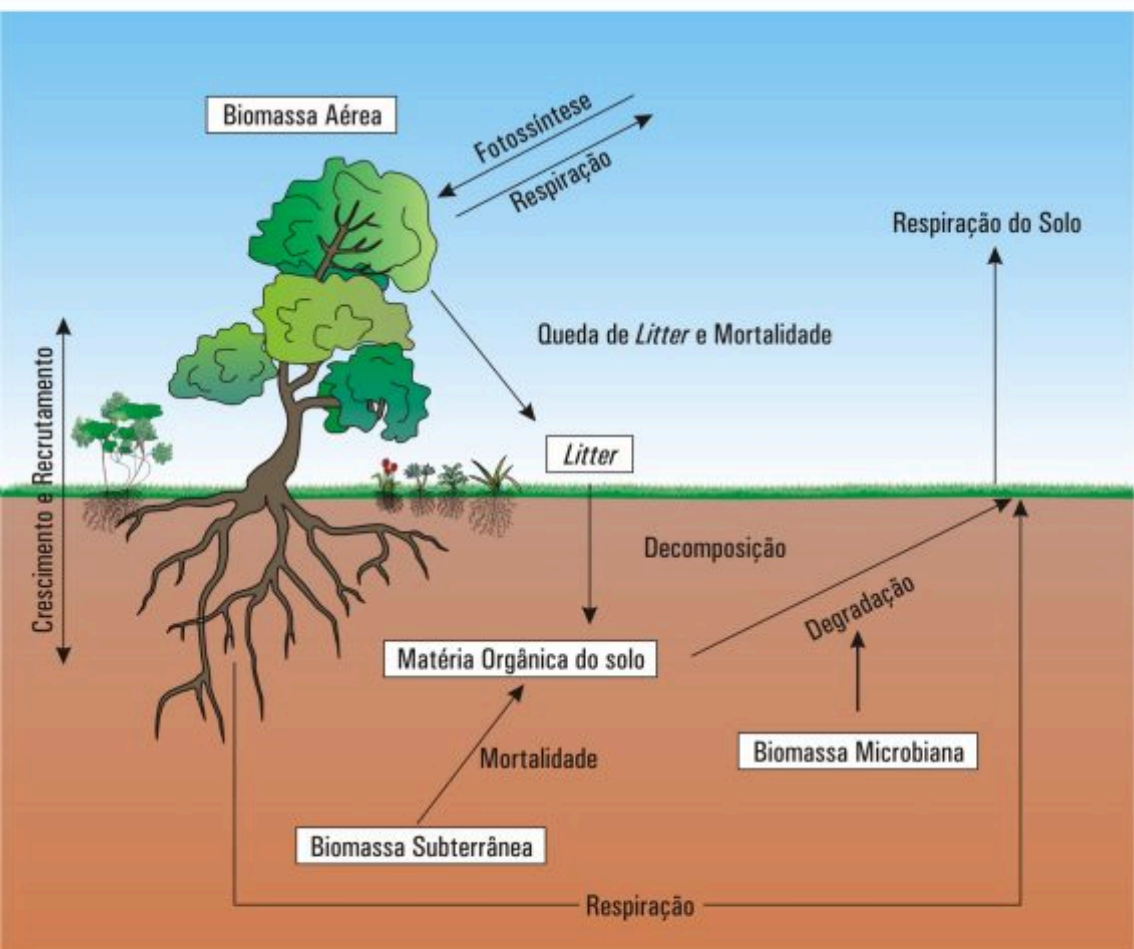


Ciclagem de Carbono em Ecossistemas Terrestres - O Caso do Cerrado Brasileiro





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

ISSN 1517-5111

Dezembro, 2003

Documentos 105

Ciclagem de Carbono em Ecossistemas Terrestres - O Caso do Cerrado Brasileiro

Roberto Engel Aduan
Marina de Fátima Vilela
Carlos Augusto Klink

Planaltina, DF
2003

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) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

http\www.cpac.embrapa.br

sac@cpac.embrapa.b

Comitê de Publicações

Presidente: *Dimas Vital Siqueira Resck*

Editor Técnico: *Carlos Roberto Spehar*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial: *Jaime Arbués Carneiro*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Capa: *Wellington Cavalcanti*

Editoração eletrônica: *Wellington Cavalcanti*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Jaime Arbués Carneiro

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2003): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.

Embrapa Cerrados.

A244c Aduan, Roberto Engel

Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres - o caso do cerrado brasileiro / Roberto Engel Aduan, Marina de Fátima Vilela, Carlos Augusto Klink. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2003.

30 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 105)

1. Cerrado - solo. 2. Carbono. I. Vilela, Marina de Fátima.
II. Klink, Carlos Augusto. III. Título. IV. Série.

631.41 - CDD 21

© Embrapa 2003

Autores

Roberto Engel Aduan

Biólogo, D.Sc. em Ecologia

Embrapa Cerrados

aduan@cpac.embrapa.br

Marina de Fátima Vilela

Engenheira Florestal, D.Sc. em Ciências florestais

Embrapa Cerrados

marina@cpac.embrapa.br

Carlos Augusto Klink

Biólogo, Ph.D. em Biologia

Universidade de Brasília

klink@unb.br

Apresentação

O conhecimento sobre as mudanças climáticas globais de origem antrópica e o Protocolo de Quioto geraram uma crescente demanda pelo conhecimento das capacidades de os diferentes ecossistemas captar e fixar carbono atmosférico, função que passou a ser considerada importante serviço ambiental dos ecossistemas.

No Bioma Cerrado, que ocupa dois milhões de km² na região central do Brasil, os processos de ciclagem do carbono e o tamanho dos estoques no ecossistema ainda não são conhecidos em sua totalidade, e as estimativas existentes estão fragmentadas na literatura.

A importância do Bioma Cerrado para o Brasil e a necessidade de conhecer sua capacidade de captação e fixação do carbono atmosférico fazem desta publicação um importante difusor do conhecimento sobre o papel do Cerrado no ciclo do carbono, podendo subsidiar ações referentes a serviços ambientais e ao mercado de carbono.

Roberto Teixeira Alves
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	9
Estoques	12
Biomassa aérea	12
Biomassa subterrânea	14
Serapilheira	15
Matéria Orgânica do Solo	16
Biomassa microbiana	19
Fluxos	19
Fotossíntese	19
Respiração	20
Crescimento e recrutamento	20
Queda de serapilheira	21
Decomposição	21
Respiração do solo	22
Assimilação líquida resultante	23
Considerações finais	24
Referências bibliográficas	25
Abstract	30

Ciclagem de Carbono em Ecossistemas Terrestres - O Caso do Cerrado Brasileiro

Roberto Engel Aduan

Marina de Fátima Vilela

Carlos Augusto Klink

Introdução

Um ecossistema apresenta um conjunto de populações de diferentes espécies que coabitam uma área, interagindo entre si e com o ambiente abiótico. As interações entre as partes que o constitui geram propriedades emergentes que não poderiam ser percebidas pela simples análise das partes isoladamente. Uma dessas características emergentes dos ecossistemas é a sua função.

O conceito de função na escala ecossistêmica, apesar de abrigar várias definições diferentes, inclui principalmente a maneira pela qual a matéria e a energia fluem e se reciclam dentro dos ecossistemas. Quando as funções de um ecossistema exercem influência significativa sobre o modo de vida das populações humanas (adjacentes ou não ao ecossistema considerado), essas funções são chamadas de serviços ambientais ([DALY et al., 2000](#)). Esses serviços podem ser exercidos das mais diversas maneiras, sendo apenas alguns exemplos: a manutenção da disponibilidade e da qualidade da água, do clima regional e global ou da biodiversidade.

Assim como a composição e a estrutura, as funções de um ecossistema não são imutáveis. Elas, da mesma forma como os serviços resultantes dessas funções, variam ao longo do tempo, podendo ser vulneráveis à ação antrópica. Por conseguinte, a ação humana, direta ou indiretamente, pode influenciar significativamente os serviços de determinado ecossistema.

Uma função comum a todos os ecossistemas terrestres é a capacidade de eles emitirem ou seqüestrarem carbono atmosférico. Essa função, até pouco tempo indiferente para as sociedades ligadas de alguma forma a esses ecossistemas, vem ganhando crescente importância ao longo das últimas duas décadas (e.g., “Synthesis Report” [INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001](#)). Isso se deve ao avanço do conhecimento sobre as mudanças climáticas globais de origem antrópica decorrentes, em grande parte, da emissão elevada de um conjunto de gases para a atmosfera, dentre os quais, o dióxido de carbono ocupa lugar de destaque. Tanto a convenção sobre a mudança do clima quanto o protocolo de Quioto ([BRASIL, 2003](#)), propostos pela comunidade internacional com a finalidade de promover redução nas emissões desses gases para a atmosfera, geraram crescente demanda por conhecimento sobre a capacidade de os diferentes ecossistemas captarem e fixarem carbono atmosférico, função que passou a ser considerada importante serviço ambiental dos ecossistemas.

A capacidade de os ecossistemas emitirem ou seqüestrarem carbono atmosférico é determinada por grande variedade de processos físico-químicos e bióticos que atuam em direções e intensidades diferentes. Para realmente entender o papel atual e futuro de um ecossistema no balanço de carbono atmosférico, seria necessário também conhecer e quantificar todos esses processos.

O Cerrado é um Bioma predominantemente savânico que ocupa dois milhões de km² na região central do Brasil. A ocupação humana vem-se acelerando ao longo das últimas décadas e, hoje, é considerada a principal fonte de distúrbios desse Bioma. A formação de pastagens plantadas e de lavoura comercial são as principais atividades econômicas na região, sendo a primeira a mais significativa em extensão, equivalendo a 25% da área de Cerrado ([KLINK; MOREIRA, 2002](#)).

No Cerrado, a maneira pela qual o carbono é ciclado dentro do ecossistema, o tamanho de seus principais estoques e a velocidade dos fluxos entre estes, estão longe de serem compreendidos em sua real magnitude. As estimativas existentes estão muito fragmentadas na literatura e muitas vezes publicadas em documentos de circulação muito restrita. Neste estudo, são apresentados, de forma didática, os principais estoques e fluxos da ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres, com ênfase nas savanas neotropicais. Além disso, procurou-se apresentar o conhecimento atual sobre a ciclagem interna de

carbono no Bioma Cerrado, reunindo os dados encontrados na literatura, na tentativa de se produzir uma síntese.

Para muitas variáveis, os dados publicados para o Bioma Cerrado na literatura ou são inexistentes, ou insuficientes. Assim, nesses casos, utilizaram-se dados produzidos em outras savanas neotropicais, com composição e estrutura próximas às do Cerrado brasileiro. Esse é o caso das grandes extensões de savanas no norte da América do Sul que ocupam grandes partes da Colômbia e da Venezuela.

Os principais estoques de carbono desses ecossistemas (na ausência de fogo), assim como os principais fluxos de carbono entre eles, são mostrados na Figura 1.

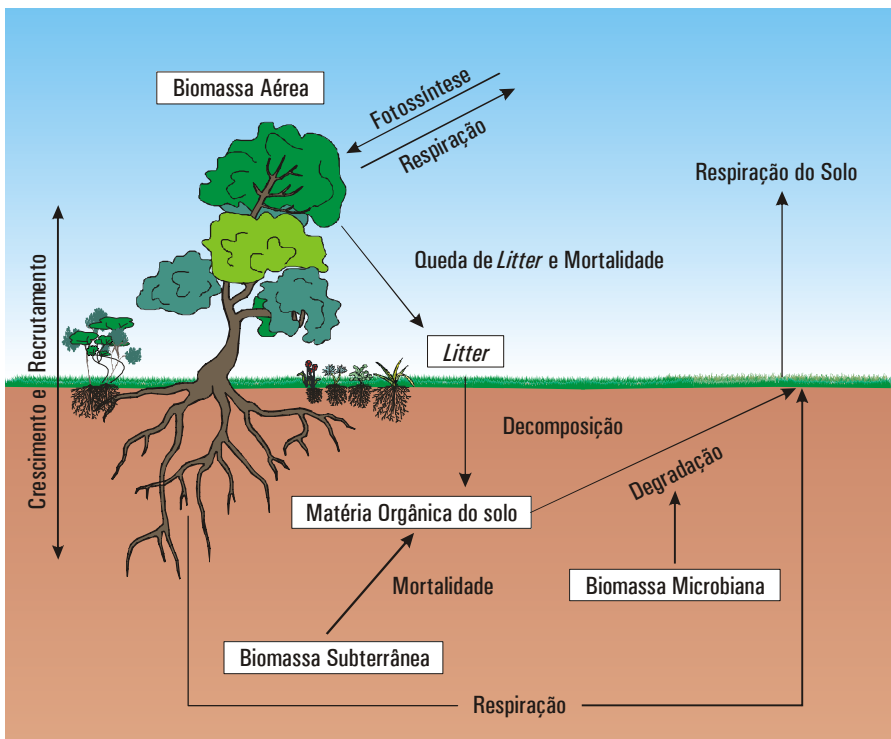


Figura 1. Representação esquemática dos principais estoques e fluxos do ciclo de carbono no Cerrado brasileiro.

Estoques

Biomassa aérea

A biomassa aérea viva é a parte mais visível do ecossistema. Apesar de ter sua importância muitas vezes superdimensionada (na maioria dos casos, essa porção é tomada como todo o ecossistema), não há dúvida de que a parte aérea da vegetação é fundamental para geração e regulação da maioria dos processos que compõem o ciclo de carbono. Nas folhas, está a principal via de entrada de carbono para o ecossistema.

Estudos sobre a biomassa aérea da vegetação do Bioma Cerrado apresentam valores de 11 a 52 t ha⁻¹ ([FEARNSIDE, 1992](#)), de 12 a 38 t ha⁻¹ ([SANTOS, 1998](#)), 25 t ha⁻¹ ([CASTRO; KAUFFMANN, 1998](#)) e 26 t ha⁻¹ ([ABDALA et al., 1998](#)). A grande disparidade entre os valores encontrados na literatura provavelmente se deve à heterogeneidade fitofisionômica da vegetação, às diferentes metodologias de amostragem e aos diferentes regimes de queima nas áreas estudadas.

São raros os estudos que tratam da variação da quantidade e da qualidade do estoque de carbono na biomassa aérea em diferentes fitofisionomias do Bioma Cerrado: [Castro e Kauffmann \(1998\)](#) mostram que a biomassa aérea aumenta em torno de 4,5 vezes ao longo de um gradiente de Campo Limpo para Cerrado Denso, sendo que, para o Campo Limpo, a biomassa aérea total é de 5,5 t ha⁻¹. Segundo os autores, a biomassa de gramíneas representa 72% da biomassa aérea total no Campo Limpo, 45% no Campo Sujo e cerca de 8% no Cerrado *stricto sensu* e Cerrado Denso. [Abdala et al. \(1998\)](#) determinaram valores semelhantes para a biomassa aérea de Cerrado *stricto sensu* em que as gramíneas representaram 15% da biomassa total.

Como em todas as savanas neotropicais, no Cerrado é bastante comum a presença de incêndios recorrentes, iniciados tanto por fenômenos naturais quanto pela atividade humana. Esses incêndios promovem, entre outros resultados, a mortalidade de árvores, alterando a relação de arbóreas e gramíneas e, conseqüentemente, o estoque de carbono nas biomassas aérea e subterrânea. Na [Tabela 1](#), apresentam-se os dados de estoque de carbono encontrados por [Ottmar et al. \(2001\)](#) para várias fitofisionomias do Bioma Cerrado. Os dados encontrados por [San José et al. \(1998\)](#) para as savanas da Venezuela estão representados na [Tabela 2](#).

Tabela 1. Estoques de carbono na biomassa aérea no Cerrado brasileiro em t C.ha⁻¹ para as diferentes fitofisionomias, estimado pela análise de estereofotografias.

Campo Limpo	Anos sem fogo						
	1	1	1	3	2	4	3
Herbáceo	1,65	1,85	3,44	4,07	5,34	6,86	7,60
Lenhoso	0,14	0,04	0,16	0,25	0,72	0,49	0,29
Total	1,79	1,89	3,60	4,31	6,46	7,34	8,36
Campo Sujo	1	2	2	1	3	2	20
Herbáceo	1,68	1,46	3,51	1,84	4,49	2,37	4,36
Lenhoso	1,21	2,166	0,98	1,37	1,01	3,11	2,75
Total	2,97	3,61	4,48	5,16	5,50	5,48	7,10
Cerrado <i>s. sensu</i>	1	2	20	2	> 20		
Herbáceo	1,08	1,23	1,40	1,03	1,72		
Lenhoso	8,4	8,8	12,57	20,50	24,31		
Total	9,48	11,94	13,97	21,48	25,53		
Cerrado Denso	1	6	20	21			
Herbáceo	0,92	1,87	0,95	0,31			
Lenhoso	13,07	15,17	30,66	33,23			
Total	13,99	17,04	31,61	33,53			

Fonte: Reproduzido e adaptado de [Ottmar et al. \(2001\)](#).

Tabela 2. Estoques de carbono na biomassa aérea em savanas da Venezuela, coletados por inventários florestais com conversão por equações alométricas, aliados a coletas destrutivas.

Biomassa aérea (tC.ha ⁻¹)	Anos sem fogo			
	0	8	16	25
Herbáceo	2,07	2,79	4,53	3,22
Lenhoso	0,21	0,39	0,71	4,64
Total	2,28	3,18	5,24	7,86

Fonte: Reproduzido e adaptado de [San José et al. \(1998\)](#).

Biomassa subterrânea

A biomassa subterrânea de uma vegetação compreende todos os órgãos vivos localizados abaixo da linha do solo, tendo como função fixar a vegetação, captar e translocar recursos como água e nutrientes, além de estocar reservas. Os órgãos subterrâneos também podem assumir a função de refúgio contra distúrbios que afetam a parte aérea, como fogo e herbivoria foliar.

Vários fatores podem determinar a razão raiz/parte aérea de uma vegetação. Esta pode variar com a idade e estágio sucessional da vegetação ou do grupo funcional a que pertencem as espécies ([GERHARDT, FREDRICKSSON, 1995](#); [CAIRNS et al., 1997](#)). Além desses fatores bióticos, a razão raiz/parte aérea também pode ser influenciada por uma série de fatores abióticos. A diminuição da umidade no solo é apontada em grande número de estudos como fator que força essa razão na direção de maior biomassa radicular ([NADELHOFFER et al., 1985](#); [MURPHY; LUGO, 1986](#); [BROWN; LUGO, 1990](#); [CAIRNS et al., 1997](#)). Características do solo, como a disponibilidade de nutrientes ([GOWER, 1987](#); [CAVELIER, 1992](#)) e de textura ([WARING; SCHLESINGER, 1985](#); [VITOUSEK; SANFORD, 1986](#); [GERHARDT; FREDRICKSSON, 1995](#); [VOIGT et al., 1995](#)) também podem influir significativamente nessa relação. [Cairns et al. \(1997\)](#) procuraram estabelecer padrões mundiais de influência na razão raiz/parte aérea, examinando os efeitos da latitude, estágio sucessional textura e biomassa aérea total e, por meio de regressão múltipla, conseguiram explicar 84% da variação da relação raiz/parte aérea usando em conjunto as variáveis biomassa aérea, estágio sucessional e latitude.

Mais raras que as estimativas de biomassa aérea são as determinações de biomassa radicular subterrânea em grandes profundidades para a vegetação do Bioma Cerrado, embora [Rawitscher \(1948\)](#) já tenha destacado a presença de raízes de lenhosas a uma profundidade de 18 m. [Castro e Kauffmann \(1998\)](#), em um estudo que obteve dados de biomassa subterrânea até 2 m de profundidade, encontraram valores de 16,3 t ha⁻¹ para o Campo Limpo; de 30,1 t ha⁻¹ para o Campo Sujo; de 46,6 t ha⁻¹ para o Cerrado *stricto sensu*; e de 52,9 t ha⁻¹ para o Cerrado Denso. Segundo esses autores, no Campo e no Cerrado, 80% da biomassa radicular está localizada nos primeiros 30 cm de profundidade, contra 71% no Cerrado Denso. [Abdala et al. \(1998\)](#), em um estudo que considerou o solo até uma profundidade de 6,2 m, encontraram um total de 33,4 t ha⁻¹ de raízes, sendo 80% destas, localizadas na profundidade de

até 1 m. Os valores da biomassa radicular encontrados para o Bioma Cerrado são superiores aos geralmente encontrados para outras áreas de savanas ([SARMIENTO; VERA, 1979](#)), estando mais próximos daqueles encontrados para florestas tropicais úmidas, como os encontrados por [Nepstad \(1989\)](#).

Ao comparar os dados das biomassas aérea e subterrânea obtidos para a vegetação do Bioma Cerrado, [Castro e Kauffmann \(1998\)](#) encontraram uma razão raiz/parte aérea de 5,5 em Campo Limpo; 7,7 em Campo Sujo; 2,6 em Cerrado stricto sensu; e 2,9 em Cerrado Denso. Assim, em Cerrado, o grande estoque de carbono na biomassa está contido nos órgãos subterrâneos. No trabalho de Klink et al. ¹, verificou-se que a biomassa de raízes, encontrada na pastagem (1,03 t ha⁻¹), representa apenas 4% daquela encontrada sob um Cerrado Denso (26,6 t ha⁻¹). Na Tabela 3, apresentam-se os valores encontrados por [San José et al. \(1998\)](#) para as savanas da Venezuela. No trabalho de [Kanno et al. \(1999\)](#), realizado com várias gramíneas forrageiras no Bioma Cerrado, os dados mostram que, em média, os tecidos subterrâneos respondiam por 60% a 70% na biomassa vegetal total.

Tabela 3. Estoques de carbono na biomassa subterrânea em savanas da Venezuela, separados por flutuação na profundidade de até 2 m.

Biomassa subterrânea (tC.ha ⁻¹)	Anos sem fogo			
	0	8	16	25
Herbáceo	1,57	1,79	2,03	1,13
Lenhoso	0,15	0,26	0,32	1,62
Total	1,72	2,05	2,35	2,75

Fonte: Reproduzido e adaptado de [San José et al. \(1998\)](#).

Serapilheira

A serapilheira (também conhecida como folhedeo, liteira e *litter*) é representada pela camada de material morto, proveniente da biomassa aérea da vegetação, que permanece no solo até ser fragmentado e decomposto pelos processos físico-químicos e bióticos que ocorrem nessa importante fração do ecossistema. A

¹ Correspondência do Dr. Carlos Augusto Klink, enviada ao Dr. Roberto Engel Aduan em março de 2003.

serapilheira é um estoque importante de carbono, acumulando uma quantidade de duas a três vezes mais alta que a atmosfera ([COÛTEAUX; BERG, 1995](#)). Além disso, sua importância reside no seu papel de regulador do fluxo de carbono e nutrientes que se localizam entre a vegetação e o solo. As estimativas de [Resende \(2003\)](#) apontaram estoques de carbono na serapilheira na ordem de $6,65 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$, bem maior do que aquelas encontradas por [Constantino \(1988\)](#) em áreas adjacentes à cidade de Brasília, com valores entre de $1,50$ e $2,67 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$ ou as estimativas de [Ottmar et al. \(2001\)](#) (Tabela 4).

Tabela 4. Estoque de carbono na serapilheira do Cerrado brasileiro em $\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}$, para as diferentes fitofisionomias, estimado por meio de amostragem por subparcelas.

Campo Limpo	Anos sem fogo						
	1	1	1	3	2	4	3
Total	0,10	0,04	0,09	0,31	0,46	0,17	0,20
Campo Sujo	1	2	2	1	3	2	20
Total	0,37	0,11	0,72	0,38	0,57	0,61	0,79
Cerrado <i>s. sensu</i>	1	2	20	2	> 20		
Total	0,97	0,68	2,73	2,37	3,48		
Cerrado Denso	1	6	20	21			
Total	0,97	0,90	2,13	2,42			

Fonte: Reproduzido e adaptado de [Ottmar et al. \(2001\)](#).

Matéria Orgânica do Solo

É o maior estoque de carbono da maioria dos ecossistemas terrestres e, talvez, o mais complexo. É constituído por grande número de moléculas orgânicas diferentes, associadas de diversas maneiras e intensidades diferentes à matriz do solo.

O carbono estocado nos solos é o resultado de milhares de anos de produtividade líquida. Existe certo grau de incerteza sobre a quantidade de carbono estocada como matéria orgânica nos solos, mas, em levantamentos

feitos, há estimativas de que esses estoques excedem aos da vegetação em duas ou três vezes. É digno de nota que todos os ecossistemas, com conteúdo de biomassa mais significativo, contenham também estoques substanciais de carbono no solo ([POST et al., 1982](#); [GRACE, 2001](#)).

[Scurlock e Hall \(1998\)](#) estimam que 80% do carbono total dos ecossistemas de savana encontra-se no solo. No entanto, a distribuição espacial do carbono nesse tipo de Bioma é bastante irregular, com teores mais elevados sob as árvores. Segundo [Scurlock e Hall \(1998\)](#), a retirada do componente arbóreo em ecossistemas de savana poderia levar a um declínio no teor de carbono dessas áreas em um período de poucos anos, enquanto o enriquecimento arbóreo poderia elevar os estoques de carbono no solo de teores típicos de savana ($67 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$) para valores mais próximos de florestas tropicais ($149 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$).

O carbono proveniente da vegetação entra no solo pela queda do folhedo, do *turnover* das raízes e micorrizas e da exudação de carbono pelas raízes finas. Em condições de equilíbrio, o ganho de carbono é compensado pelas perdas sob a forma de respiração heterotrófica dos decompositores do folhedo e da matéria orgânica do solo (MOS). Uma fração do folhedo em decomposição é transformada em complexos orgânicos estáveis ou húmus ([MURTY et al., 2002](#)).

A matéria orgânica do solo não constitui estoque homogêneo. Um considerável número de trabalhos procurou definir os diferentes constituintes funcionais da MOS. [Anderson \(1992\)](#) divide a matéria orgânica do solo em frações ativas, lentas e passivas que ciclam, respectivamente, em anos, décadas e milênios. As entradas de materiais vegetais também poderiam ser divididas em compostos metabólicos de baixo peso molecular rapidamente metabolizados por microrganismos e compostos estruturais, como lignina e celulose que se decompõem a uma taxa bem mais lenta. A fração ativa do solo seria constituída, então, por biomassa microbiana e produtos metabólicos. As frações lenta e passiva da MOS seriam, então, formadas por compostos estruturais mais resistentes ao ataque da microfauna edáfica e passariam por processos de estabilização química e física determinados, basicamente, pelas propriedades do solo.

Em muitos solos, o conteúdo de argila atua como importante determinante na estabilização da MOS, e o conteúdo de carbono no solo geralmente está

correlacionado com o conteúdo de argila. A incorporação física da MOS dentro dos agregados de argila resulta na proteção dos polímeros orgânicos do ataque enzimático ([ANDERSON, 1992](#)). Além da estabilização física, as argilas também promovem estabilização química da matéria orgânica. Esta se dá pela formação de pontes químicas que ligam a matéria orgânica coloidal à porção mineral do solo. Como ambas possuem carga, cátions com mais de uma valência, como Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{3+} e Fe^{3+} , podem promover ligações eletrostáticas relativamente estáveis entre a matéria orgânica e a porção mineral do solo ([ANDERSON, 1992](#)).

São raros os estudos sobre o comportamento funcional das diferentes porções da MOS em ecossistemas florestais. Até agora, sabe-se que a MOS, associada à areia, é mais lábil do que a associada a partículas de silte e argila e mais particulada, isto é, não ligada a componentes minerais ([NEUFELDT et al., 2002](#)).

Dada a grande magnitude e a lenta taxa de ciclagem em suas porções mais recalcitrante a MOS, pode apresentar tempos de resposta a distúrbios e outras mudanças ambientais em escalas de tempo muito mais longas que as consideradas pelas práticas humanas (50 a 5000 anos) ([SCURLOCK; HALL, 1998](#)). Segundo [Davidson et al. \(2002\)](#), a proporção da MOS que cicla ao longo de milênios varia de 0% a 50%, dependendo do tipo de mineral, do conteúdo de argila e da profundidade do solo. Os valores de MOS encontrados por [San José et al. \(1998\)](#) para as savanas da Venezuela estão representados na Tabela 5.

Tabela 5. Estoques de carbono no solo em savanas da Venezuela, até uma profundidade de 2 m.

Carbono no solo (tC.ha ⁻¹)	Anos sem fogo			
	0	8	16	25
Associado a herbáceas	53,39	51,67	50,93	24,14
Associado a lenhosas	13,41	14,94	16,46	71,95
Total	66,80	69,41	66,39	96,09

Fonte: Reproduzido e adaptado de [San José et al. \(1998\)](#).

Biomassa microbiana

A biomassa microbiana é constituída por fungos, bactérias e actinomicetos que atuam em processos que vão desde a origem do solo, sua formação, manutenção e estrutura, até os processos a que ela é mais comumente ligada, como a decomposição de resíduos orgânicos, fixação de nitrogênio atmosférico e remineralização de nutrientes. Esse componente, como não poderia deixar de ser, apresenta estreita inter-relação com os componentes físicos e químicos do solo ([MENDES; VIVALDI, 2001](#)).

Fluxos

Fotossíntese

A fotossíntese é a principal via de ingresso de carbono no ecossistema. A taxa de fotossíntese de uma área de Cerrado é determinada pela sua área foliar, pela sua proporção gramíneas/arbóreas e pelo *status* fisiológico da comunidade vegetal que pode ser influenciado por todos os fatores que interferem na fotossíntese na escala da planta individual (disponibilidade de água e nutrientes, radiação, dentre outros). A diferença da fotossíntese com a respiração (da parte aérea e raízes) de uma comunidade determina a produtividade primária líquida.

Segundo as estimativas de [Field et al. \(1998\)](#), a produtividade anual das savanas do mundo foi estimada em 17PgC (1Pg = 10^{15} g). Segundo estes autores, as savanas, juntamente com as florestas tropicais (responsáveis pela fixação de 18PgC por ano), responderiam por 60% da fotossíntese anual da Terra. Estimativas conservadoras sobre a produtividade primária de savanas e pradarias ([SCURLOCK; HALL, 1998](#)) apontaram produtividade entre 3,2 e 10,8 PgC/ano ou a metade do atribuído a florestas tropicais. As estimativas de produtividade primária de savanas tropicais, em comparação com outros sistemas, estão apresentadas na [Tabela 6](#).

Tabela 6. Estimativas de área ocupada e Produtividade Primária Líquida (PPL) nos principais Biomas do mundo, estimados via compilação de vários estudos.

Bioma	Área (10 ⁶ km ²)	PPL (tC.ha ⁻¹ .a ⁻¹)
Florestas tropicais	17,6	11,0
Florestas temperadas	10,4	6,3
Florestas boreais	13,7	4,0
Savanas tropicais	22,5	4,5
Pradarias temperadas	12,5	3,0
Desertos e semidesertos	30,0	0,05
Tundra	9,5	0,1
Sistemas alagados	3,5	0,9
Sistemas cultivados	16,0	1,6
Total	135,6	

Fonte: Reproduzido e adaptado de [Grace \(2001\)](#).

Respiração

A respiração é um produto do processo metabólico da comunidade diretamente proporcional ao estoque de tecido vivo e fisiologicamente ativo no ecossistema sendo, também, influenciada pelo *status* fisiológico da comunidade.

Crescimento e recrutamento

Apesar de ser diretamente influenciado pela fotossíntese (e pelos fatores que a controlam), esse processo depende de uma série de outros fatores, como a presença de barreiras físicas ao crescimento (camada de laterito ou lençol freático superficial). A estratégia bionômica das espécies também exerce papel importante, sobretudo, no que se refere à relação crescimento aéreo/subterrâneo. O recrutamento, principalmente, das espécies arbóreas também é dependente dos fatores bióticos e abióticos que influenciam a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas. [Simpson-Júnior \(2002\)](#) quantificou o crescimento da biomassa aérea de árvores do Bioma Cerrado, por dendrometria em caules. Os resultados encontrados, contudo, demonstraram taxa de crescimento anual tão lenta que não permitia a inferência de ganho de carbono da vegetação por qualquer relação alométrica.

Queda de serapilheira

Em um sistema em equilíbrio, estima-se que, em longo prazo, os processos de queda de serapilheira e mortalidade reflitam o crescimento e o recrutamento do ecossistema sendo, portanto, diretamente influenciados por esses processos. Em curto prazo e, em um sistema dinâmico como o do Bioma Cerrado, espera-se que esses processos também sejam influenciados por uma série de outros fatores, como a estratégia fenológica das espécies presentes no ecossistema, a taxa de renovação de biomassa, a presença e intensidade de estresses (de origem biótica ou abiótica) capazes de provocar mortalidade de plantas ou abscisão foliar.

Decomposição

O processo de decomposição da serapilheira é uma importante fonte de nutrientes em ecossistemas tropicais ([VITOUSEK; SANFORD, 1986](#)). Medidas de decomposição da serapilheira são muito importantes para determinar não só o fluxo de carbono, como também o fluxo de nutrientes para o solo, principalmente, em ecossistemas tropicais, ocorrendo em solos pobres ([LATHWELL; GROVE, 1986](#)).

Como em muitos outros ecossistemas tropicais, os solos do Cerrado foram expostos a um período geologicamente longo de intensa lixiviação, em um ambiente quente e úmido. Esse conjunto de condições causou forte empobrecimento nutricional desses solos, apesar de essa regra não se aplicar, necessariamente, a todos os solos dessa região ([RICHTER; BABBAR, 1991](#)). Assim, a produtividade desse ecossistema precisa ser mantida por um aproveitamento muito eficiente dos nutrientes remanescentes e pela rápida reciclagem da necromassa. Por isso, a evolução agiu sobre a vegetação de certos biomas com a finalidade de garantir altas taxas de retranslocação de nutrientes, como foi descrito por [Nardoto \(2000\)](#). No entanto, a baixa qualidade nutricional da serapilheira, aliada às particularidades climáticas do Bioma Cerrado brasileiro, tornam as taxas de decomposição da serapilheira relativamente lentas ([PERES et al., 1983](#); [SILVA, 1983](#)). Assim, muitas vezes, parte dos nutrientes da serapilheira é remineralizada não pelos processos normais de degradação física e biológica, mas pelo consumo do fogo que é muito freqüente nesse tipo de vegetação ([KAUFFMAN et al., 1994](#)).

A velocidade e a intensidade desses processos são diretamente dependentes da quantidade e qualidade de material a ser decomposto (sendo então dependentes dos fatores que controlam a abscisão foliar e a mortalidade de plantas e raízes), bem como da atividade da macro e microfauna edáfica.

A velocidade da decomposição da serapilheira, depositada na superfície do solo, é influenciada principalmente pelos efeitos das condições de temperatura e umidade da camada superior do solo sobre a fauna edáfica. No entanto, a quantidade e a qualidade da serapilheira, associada às particularidades físico-químicas do solo, podem tornar muito mais complexa a expressão do clima nas taxas de decomposição. Em condições climáticas mais favoráveis à atividade microbológica, o teor de lignina e de polifenóis ou a razão C/N do detrito pode ser o fator determinante na velocidade de decomposição ([ANDERSON, 1992](#)).

As taxas de decomposição da serapilheira seguem padrões mais ou menos parecidos com os descritos por [Anderson \(1992\)](#). Primeiro, ocorre perda relativamente rápida de massa, decorrente da perda de materiais simples, como açúcares, aminoácidos e outros compostos lábeis. Em seguida, a taxa de declínio torna-se mais lenta à medida que aumenta a proporção na serapilheira de compostos de parede celular.

Respiração do solo

A liberação de carbono na forma de CO₂ do solo para a atmosfera representa um dos mais importantes fluxos do ciclo global do carbono. O CO₂ liberado do solo é um produto resultante da respiração microbiana que participa do processo de decomposição da serapilheira e da matéria orgânica do solo e da respiração das raízes vivas. A respiração microbiana está diretamente relacionada com a quantidade e a qualidade do substrato enquanto a das raízes, com a taxa de assimilados transportados para os órgãos subterrâneos das plantas. Assim, os dois processos dependem, em grande parte, da produtividade total, de estratégias bionômicas e do estado hídrico e nutricional das plantas ([KEITH et al., 1997](#)). A estreita ligação dos fluxos de respiração do solo com as variáveis ambientais, aliada à relativa facilidade de obter medidas razoavelmente precisas desse fluxo, possibilitou o uso dessa variável em trabalhos de balanço de fluxos de matéria e energia em ecossistemas desde a década de 1970 (e.g. [MACFAYDEN, 1970](#); [WANNER, 1970](#); [SCHLESINGER, 1977](#)).

Segundo [Grace \(2001\)](#), em todos os ecossistemas florestais estudados, o ganho líquido de carbono é definido por uma estreita diferença entre os fluxos da fotossíntese e os da respiração. Dos fluxos respiratórios, o fluxo através do solo sempre excedeu com grande margem o da biomassa aérea. Em quase todos os ecossistemas estudados, a fotossíntese total era quase igualada pelo fluxo de CO_2 pelo solo.

As taxas de respiração microbiana e de respiração das raízes também são influenciadas pelas variáveis do solo como temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes. Essas variáveis atuam na respiração do solo tanto direta como indiretamente e a interação entre seus efeitos pode ser bastante complexa.

Assimilação líquida resultante

A assimilação líquida é a resultante de todo o processo de ciclagem interna de carbono. Segundo [Grace \(2001\)](#), o ganho líquido de carbono é determinado pela pequena diferença entre dois grandes fluxos: a assimilação e a respiração líquida. Dessa forma, todos os fatores que influenciam o ganho ou a emissão de carbono desses ecossistemas podem, então, influenciar o sinal e a intensidade dessa frágil resultante, determinando, assim, até possíveis mecanismos de retroalimentação entre vegetação e clima.

Um estudo realizado por [Miranda et al. \(1997\)](#), em uma área de Cerrado Denso, protegida do fogo, na Estação Ecológica de Águas Emendadas, indicou que, durante a estação chuvosa, o Cerrado se comporta como um dreno de carbono fixando algo em torno de $15 \text{ kg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Durante a seca, no entanto, a vegetação se comportou como uma fonte de carbono para a atmosfera, voltando a atuar como dreno com o início das chuvas. Este autor calculou, por meio da integração dos fluxos diários, que a vegetação na área considerada acumularia, por ano, $2,0 \text{ tC} \cdot \text{ha}^{-1}$. Um padrão sazonal semelhante a este foi o encontrado por [Santos \(1998\)](#) e [Silva \(1999\)](#), para uma área de Campo Sujo localizada na Reserva Ecológica do Roncador, no Distrito Federal. Segundo estes autores, na época seca, a área liberou para a atmosfera cerca de $5,7 \text{ kg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ e absorveu na época chuvosa algo como $17,5 \text{ kg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Segundo [Scurlock e Hall \(1998\)](#), existem evidências de que, atualmente, os biomas de savana e pradaria constituam um dreno de carbono da ordem de $0,5 \text{ PgC} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Considerações Finais

O conhecimento sobre a dinâmica interna de carbono no Cerrado brasileiro, apesar do avanço observado nos últimos cinco anos, ainda é bastante incipiente, com grandes lacunas de dados, principalmente, no que se refere à variação no tamanho dos estoques e na intensidade dos fluxos em relação à variação dos tipos fitofisionômicos da vegetação e a gradientes de solo e clima. Esse conhecimento está longe de ser alcançado para a maioria dos ecossistemas, nem se espera que sejam adquiridos na escala de tempo requerida para fornecer subsídio para a tomada de decisão política e econômica. Assim, torna-se necessária a hierarquização desses processos, com a concentração da atividade de pesquisa sobre componentes e processos do ecossistema que se acredita sejam “chave” para a compreensão do ciclo do carbono dos ecossistemas terrestres.

Quando se analisam os dados de estoques e fluxos de carbono até agora gerados para o Bioma Cerrado, em seu conjunto, percebe-se que esse ecossistema, como já seria de se esperar, possui estoques aéreos muito inferiores aos sistemas florestais. Contudo, quando se estudam os estoques subterrâneos, percebe-se que eles podem ser semelhantes ou até superiores aos sistemas florestais mais produtivos.

Pelas estimativas apresentadas por pesquisadores², 2050Pg de carbono (1Pg = 10¹⁵g, ou um bilhão de toneladas) estariam armazenados nos ecossistemas terrestres. Aproximadamente 70% desse total estaria nos solos. Com base nesses dados, vê-se a grande relevância dos solos no que se refere a atuar como fonte ou sumidouro de carbono atmosférico. Na maioria dos ecossistemas, tanto os naturais quanto os cultivados, os processos subterrâneos são ainda uma incógnita que só agora está começando a ser desvendada. O Cerrado brasileiro e as pastagens plantadas, nessa região, não fogem a essa regra. No entanto, quanto mais se avançam o conhecimento nessa área, maior é a consciência sobre a importância desses processos e o funcionamento dos ecossistemas e de seus serviços ambientais. Em tempos em que esses ecossistemas começam a ser cada vez mais valorizados, inclusive monetariamente, os estudos que focam os processos subterrâneos tornam-se cada vez mais fundamentais. Atualmente, já não é mais possível estudar o ecossistema apenas pelo que se vê acima do solo.

² Para maiores informações consultar WATSON, R. T.; RODHE, H.; OESCHGER, H.; SIEGENTHLEH, U. I. Greenhouse gases and aerosols In: HOUGHTON, J. T.; JENKINGS, G. J.; EPHRAUMS, J. J. (Ed.). **Climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

Referências Bibliográficas

- ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and belowground organic matter and root: shoot ratio in a Cerrado in Central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**, v. 2, n. 1, p. 11-23, 1998.
- ANDERSON, J. M. Responses of soils to climate change. **Advances in Ecological Research**, San Diego, v. 22, p. 63-91, 1992.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Convenção sobre mudança do clima**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima/>>. Acesso em: 2003.
- BROWN, S.; LUGO, E. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soil in Puerto Rico and US Virgin Islands. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 124, p. 53-64, 1990.
- CAIRNS, M. A.; BROWN, S.; HELMER, G. A. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, Berlin, v. 111, p. 1-11, 1997.
- CASTRO, E. A.; KAUFFMANN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root biomass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 14, p. 263-283, 1998.
- CAVELIER, J. Fine root biomass and soil properties in a semi- deciduous forest and a lower montane forest in Panama. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 142, p. 187-201, 1992.
- CONSTANTINO, E. **Influência da macrofauna na dinâmica de nutrientes do folhedo em decomposição em cerrado stricto sensu**. 1988. Tese (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- COÛTEAUX, M. M.; BERG, P. B. B. Litter decomposition climate and litter quality. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 10, n. 2, p. 63-66, 1995.
- DALY, C.; BACHELET, D.; LENHAM, J. M.; NEILSON, R. P.; PARTON, W.; OHAMA, D. Dynamic simulation of tree-grass interactions for global change studies. **Ecological Applications**, Washington, DC, v. 10, n. 2, p. 449-469, 2000.
- DAVIDSON, E. A.; ISHIDA, F. Y.; NEPSTAD, D. C. Effects of an experimental drought on soil emissions of carbon dioxide, methane, nitrous oxide, and nitric oxide in a moist tropical forest. **Global Biogeochemical Cycles**, 2002.

FEARNSIDE, P. M. **Greenhouse gas emissions from deforestation in Brazilian Amazonia**. Carbon emissions and sequestration in forests: case studies from developing countries. Berkley: EPA; UC-Berkley, 1992. v. 2, 73 p.

FIELD, C. B.; BEHRENFELD, M. J.; RANDERSON, J. T.; FALKOWSKI, P. Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components: **Science**, Washington, DC, v. 281, n. 5374, p. 237-240, 1998.

GERHRARDT, K.; FREDRICKSSON, D. Biomass allocation by broad leaf mahogany seedlings, *Sweetenia macrophylla* (King) in abandoned pasture and secondary dry fores in Guanacaste, Conta Rica. **Biotropica**, Saint Louis, v. 27, p. 174-182, 1995.

GOWER, S. T. Relationships between mineral nutrient availability and fine root biomass in two Costa Rican tropical wet forest: a hypothesis. **Biotropica**, Saint Louis, v. 19, p. 171-175, 1987.

GRACE, J. Carbon cycle. In: **ENCYCLOPEDIA of biodiversity**. New York: Academic Press, 2001. v. 1, p. 609-629.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report. Ed. by R. T. Watson & Core Writing Team. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

KANNO, T.; MACEDO, M. C.; EUCLIDES, V. P. B.; BONO, J. A.; SANTOS, J. G. D.; ROCHA, M. C.; BERRETTA, L. G. R. Root Biomass of five tropical grass pastures under continuous grazing in Brazilian Savanna. **Grassland Science**, v. 45, p. 9-14, 1999.

KAUFFMANN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 82, p. 519-531, 1994.

KEITH, H.; JACOBSEN, K. L.; RAISON, R. J. Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in *Eucalyptus paciflora* forest. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 190, p. 127-141, 1997.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation, and land use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69-88.

LATHWELL, D. J.; GROVE, T. L. Soil-plant relationships in the tropics. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 1-16, 1986.

MACFAYDEN, A. Soil metabolism in relation to ecosystem energy flow to primary and secondary production. In: PHILIPSON, J. (Ed.). **Methods of study in soil ecology**. Paris: IBP; UNSCO Symposium, 1970. p. 167-172.

MENDES, I. C.; VIVALDI, L. A. Dinâmica de biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria na região do Distrito Federal. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p. 665-690.

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; LLOYD, J.; GRACE, J.; FRANCEY, R. J.; MCINTYRE, J. A.; MEIR, P.; RIGGAN, P.; LOCKWOOD, R.; BRASS, J. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado: An analysis using eddy covariance and stable isotopes. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 20, n. 3, p. 315-328, Mar. 1997.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. **Biotropica**, Saint Louis, v. 2, p. 174-182, 1986.

MURTY, D.; KIRSCHBAUM, M. U. F.; MCMURTIE, R. E.; MCGILVREY, H. Does conversion of forest agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. **Global Change Biology**, Oxford, v. 8, n. 2, p. 105-123, 2002.

NADELHOFFER, K. J.; ABER, J. D.; MELILO, J. M. Fine roots, net primary production and soil nitrogen availability: a new hypothesis. **Ecology**, Tempe, v. 66, p. 1377-1390, 1985.

NARDOTO, G. B. **Efeito de queimadas na mineralização de nitrogênio e em processos de ciclagem de nutrientes em uma área de Cerrado stricto sensu**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

NEPSTAD, D. C. **Forest regrowth in abandoned pastures of eastern Amazonia: limitations for tree seedling survival and growth**. 1989. Thesis (Ph.D.) - Yale University.

NEUFELDT, H. N.; RESCK, D. V. S.; AYARZA, M. A.; ZECH, W. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado oxisols, Central Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 107, n. 3/4, p. 151-164, 2002.

OTTMAR, R. D.; VIHANEK, R. E.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. **Séries de estéreo-fotografias para quantificar a biomassa da vegetação do cerrado no Brasil Central**. Brasília: USDA, USAID, UnB, 2001. 88 p.

- PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T.; DROZDWICZ, A. Litter production in areas of Brazilian "Cerrados". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 9, p. 1037-1043, 1983.
- POST, W. M.; EMANUEL, W. R.; ZINKE, P. J.; STANGENBERGER, A. G. Soil Carbon pools and world life zones. **Nature**, London, v. 298, n. 5870, p. 156-159, 1982.
- RAWITSCHER, F. The water economy of the vegetation of the "campos cerrados" in southern Brazil. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 237-268, 1948.
- RESENDE, A. S. **Efeito da queima e das aplicações de nitrogênio e vinhaça após 16 anos de cultivo de cana-de-açúcar**. 2003. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- RICHTER, D. D.; BABBAR, L. I. Soil diversity in the tropics. **Advances in Ecological Research**, London, v. 21, p. 315-389, 1991.
- SAN JOSÉ, J. J.; BRACHO, R.; NIKONOVA, N. Comparison of water transfer as a component of the energy balance in a cultivated grass (*Brachiaria decumbens* Stopf.) field and a savanna during the wet season of the Orinoco Llanos. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 90, p. 65-79, 1998.
- SANTOS, A. J. B. **Fluxos de carbono, energia e água em vegetação de Campo Sujo**. 1998. Tese (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- SARMIENTO, G.; VERA, M. Composición, estructura, biomassa y producción de diferentes sabanas en los Llanos de Venezuela. **Buletin de la Sociedade Venezolana de Ciencias Naturales**, v. 136, p. 5-41, 1979.
- SCHLESINGER, W. H. Carbon balance in terrestrial detritus. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 8, p. 51-81, 1977.
- SCURLOCK, J. M. O.; Hall, D. O. The global carbon cycle: a grassland perspective. **Global Change Biology**, Oxford, v. 4, p. 229-233, 1998.
- SILVA, G. T. **Fluxos de CO₂ em um Campo Sujo submetido a queimada prescrita**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- SILVA, I. **Alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em uma área de Cerrado (Brasília, DF): chuva, produção e decomposição de litter**. 1983. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

SIMPSON-JÚNIOR, P. L. **Crescimento e fenologia foliar de espécies lenhosas do cerrado stricto sensu submetidas à fertilização**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 131-167, 1986.

VOIGT, K. A.; VOIGT, D. J.; BROWN, S.; TILLEY, J. P.; EDMONDS, R. L.; SILVER, W. L.; SICCAMMA, T.G. Dynamics of forest floor and soil organic matter accumulation en boreal, temperate and tropical forests. In: LAL, R.; KIMBLE, I.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil management and greenhouse effect**. Boca Raton: CRC Lewis, 1995. p. 159-178.

WANNER, H. Soil respiration, litter fall and productivity of tropical rain forest. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 58, p. 543-547, 1970.

WARING, R. H.; SCHLESINGER, W. H. **Forest ecosystems: concepts and management**. Orlando: Academic Press, 1985.

The carbon cycling in terrestrial ecosystems - The case of Cerrado Biome

Abstract - In the Cerrado Biome, the internal carbon cycling, the main carbon pools size, and the fluxes intensity between carbon pools are far from to be completely understood. This study presents the main carbon pools and cycling fluxes in terrestrial ecosystems, emphasizing the neotropical savannas. This study will also review literature of internal carbon cycling in the Cerrado. In spite of the science advances, the knowledge of internal carbon dynamics in the Cerrado are scarce. The relation between the carbon pools size and fluxes intensity and the Cerrado's vegetation phytofisionomies, soil gradient, and climate still remains unknown. The carbon pools and fluxes data analysis show that the Cerrado's aerial carbon pools are smaller than the forest systems pools. However, the subterranean carbon pools are equal or greater than the high production forest systems. Scientific estimations showed that 2,050 Pg of carbon ($1 \text{ Pg} = 10^{15} \text{ g}$, or one billion tons) would be stocked in terrestrial ecosystems and 70% of it would be stocked in soils. These data showed that soil is an important atmospheric carbon source and cleaner. In other natural and cultivated ecosystems in the Cerrado Biome, the subterranean process needs more studies.

Index Terms: Internal carbon cycling, carbon fluxes, carbon pools.