



Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas do Nordeste do Estado de São Paulo



Autoria

Carlos Cesar Ronquim

Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Ecologia e Recursos Naturais (UFSCar)
pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite
ronquim@cnpm.embrapa.br

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP;

Ao Projeto ECOAGRI: Processo: 2002/06685 "Diagnóstico Ambiental da Agricultura no Estado de São Paulo - Bases para um Desenvolvimento Rural Sustentável" Coordenado pelo Instituto de Economia – IE da Universidade de Campinas – Unicamp;

À Associação Brasileira do Agronegócio de Ribeirão Preto, SP – ABAG- RP;

Ao grupo Fisher (Matão, SP);

A Destilaria Santa Helena (Ibaté, SP);

Ao Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (Campinas, SP);

Ao laboratório de sementes do departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar (São Carlos, SP).



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 0103-78110
Dezembro, 2007

Documentos, 63

**Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado
na fitomassa dos agroecossistemas do Nordeste do
Estado de São Paulo**

Carlos Cesar Ronquim

Campinas, SP
2007

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Área de Comunicação e Negócios (ACN)

Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 – Parque São Quirino

CEP 13088 300 Campinas, SP – BRASIL

Caixa Postal 491, CEP 13001-970

Fone: (19) 3256 6030

Fax: (19) 3254 1100

sac@cnpm.embrapa.br

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

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: José Roberto Miranda

Secretária-Executiva: Shirley Soares da Silva

Membros: Adriana Vieira de Camargo de Moraes, André Luiz dos Santos Furtado, Carlos Alberto de Carvalho, Carlos Fernando Quartarolli, Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues, Graziella Galinari, Gustavo Souza Valladares, Mateus Batistella

1ª impressão (2007): 30 exemplares

Fotos: Arquivo da Unidade

Todos os direitos reservados.

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

Ronquim, Carlos Cesar

Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas do Nordeste do Estado de São Paulo / Carlos Cesar Ronquim. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007.

52 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 63).

ISSN 0103-78110

1. Agroecossistemas 2. Carbono 3. Fitomassa 4. Uso e cobertura das terras
I. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP).
II. Título. III. Série.

CDD 634.9

© Embrapa, 2007

Índice

RESUMO.....	5
INTRODUÇÃO	6
MATERIAIS E MÉTODOS	8
Área de estudo	8
Levantamento bibliográfico sobre a fitomassa e o carbono dos principais agroecossistemas.....	8
Obtenção no campo dos valores de fitomassa e carbono	9
• Cana-de-açúcar	9
• Citros.....	11
• Café	11
Mapeamento do uso e cobertura das terras no qual se baseou esse estudo.....	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
Levantamento bibliográfico do carbono e fitomassa dos principais agroecossistemas.....	13
• Cana-de-açúcar	13
• Pastagens.....	22
• Eucalipto	25
• Seringueira	28
• Culturas anuais - soja e milho.....	31
Valores de fitomassa e carbono de citros (<i>Citrus sinensis</i>), café (<i>Coffea arabica</i>) e cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) obtidos diretamente no campo	35
• Citros.....	35
• Café	36
• Cana-de-açúcar	38
Variação dos valores de fitomassa seca, do carbono e do CO ₂ imobilizado em função do uso e cobertura das terras no nordeste do estado de São Paulo nos anos de 1988 e 2003.....	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45
ANEXO.....	52
Fotos de campo	52

Sumário de Tabelas

Tabela 1 - Área ocupada por cada classe de uso e cobertura das terras, área de alteração e os respectivos percentuais em relação à área total de mapeamento em 1988 e 2003 (Quartaroli <i>et al.</i> , 2006).....	12
Tabela 2 - Valores encontrados na literatura da fitomassa da raiz, colmo e palha (ponteiro e folhas) de cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) com idades entre 1 e 5 anos.	13
Tabela 3 - Valores médios da fitomassa da raiz, colmo e palha (apresentados na tabela 1) e de carbono de cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) com idades entre 1 e 5 anos.	22
Tabela 4 - Valores encontrados na literatura da fitomassa aérea e radicular e do carbono total da fitomassa seca de diferentes tipos de pastagens.....	23
Tabela 5 - Valores encontrados na literatura da fitomassa aérea, radicular e carbono total da fitomassa seca de eucalipto (<i>Eucalyptus</i> spp) com idades entre 1 e 10 anos.	25
Tabela 7 - Valores encontrados na literatura da fitomassa seca aérea e radicular e do carbono total de variedades de seringueira (<i>Hevea</i> sp) com idades entre 4 e 34 anos.	30
Tabela 8 - Valores encontrados na literatura da fitomassa seca aérea, radicular e do carbono total da fitomassa seca de variedades de soja (<i>Glycine max</i>) e milho (<i>Zea mays</i>).	32
Tabela 9 - Valores médios da fitomassa (retirados da tabela 8) e do carbono de soja (<i>Glycine max</i>) e milho (<i>Zea mays</i>).	34
Tabela 10 -Valores da fitomassa fresca e seca das partes de 12 plantas de citrus (<i>Citrus sinensis</i>) variedade Natal enxertada em limão cravo (<i>Citrus limonia</i>) com idade de 7 anos e plantadas em espaçamento de 7 x 4 m.	35
Tabela 11 -Valores da fitomassa fresca e seca das partes de 8 plantas de citrus (<i>Citrus sinensis</i>) variedade Valência enxertada em limão cravo (<i>Citrus limonia</i>) com 18 anos plantadas em espaçamento de 7 x 4m.	36
Tabela 12 -Valores da fitomassa fresca e seca das partes de nove plantas de café (<i>Coffea arabica</i>) variedade Catuai, pés francos com idade de 15 anos de plantio (recepados há seis anos) em espaçamento de 4 x 2 m.	37
Tabela 13 -Valores da fitomassa fresca e seca das raízes de plantas de café (<i>Coffea arabica</i>) baseados nos trabalhos de Franco e Inforzato, (1946) e Inforzato e Reis, (1963).....	37
Tabela 14 -Valores da fitomassa do colmo, palha (ponteiro e folhas) e parte aérea total de cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) variedade RB86 7515 com idades de um (cana planta), dois e quatro anos obtidos diretamente no campo (material fresco) e após secagem em laboratório (material seco).	38
Tabela 15 -Valores médios da fitomassa seca, do carbono da planta toda e do CO ₂ imobilizado nos agroecossistemas de cana-de-açúcar, pastagem (<i>Brachiaria</i> spp), eucalipto, seringueira, culturas anuais (soja e milho), citros e café.....	40
Tabela 16 -Alternância dos valores de fitomassa seca total imobilizada (t ano ⁻¹) nas áreas ocupadas pelos agroecossistemas com cana-de-açúcar, pastagem (<i>Brachiaria</i> spp), eucalipto, seringueira, culturas anuais (soja e milho), citros e café durante os anos de 1988 e 2003 no nordeste do Estado de São Paulo.	40
Tabela 17 -Alternância dos valores de carbono total imobilizado (t ano ⁻¹) nas áreas ocupadas pelos agroecossistemas com cana-de-açúcar, pastagem (<i>Brachiaria</i> spp), eucalipto, seringueira, culturas anuais (soja e milho), citros e café durante os anos de 1988 e 2003 no nordeste do Estado de São Paulo.	41
Tabela 18 -Alternância dos valores de CO ₂ total imobilizado (t.ano-1) nas áreas ocupadas pelos agroecossistemas com cana-de-açúcar, pastagem (<i>Brachiaria</i> spp), eucalipto, seringueira, culturas anuais (Soja e Milho), citrus e café durante os anos de 1988 e 2003 no nordeste do estado de São Paulo.	41

Sumário de Figuras

Figura 1- Alteração dos valores de CO ₂ da fitomassa dos agroecossistemas do nordeste do Estado de São Paulo nos anos de 1988 e 2003.	43
Figura 2 - Retirada de planta de citros do solo.....	52
Figura 3 - Separação das partes da planta de citros.....	52
Figura 4 - Pesagem no campo das folhas de cana.....	52
Figura 5 - Partes da planta de cana trituradas para secagem em laboratório.....	52
Figura 6 - Corte da parte aérea da planta de café.....	52
Figura 7 - Pesagem dos ramos da planta de café.....	52

Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas do Nordeste do Estado de São Paulo

Carlos Cesar Ronquim

Resumo

Este projeto apresenta os principais resultados obtidos com o levantamento dos valores de fitomassa dos agroecossistemas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), pastagens (*Brachiaria* spp. (Trin.) Griseb.), eucalipto (*Eucalyptus* spp), seringueira (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.), culturas anuais (soja - *Glycine max* (L.) Merr. e milho - *Zea mays* L.), café (*Coffea arabica* L.) e citros (*Citrus* spp) objetivando-se avaliar a dinâmica dos estoques de carbono dessa fitomassa ao longo do espaço e do tempo. A avaliação na alteração dos estoques de carbono na fitomassa agrícola ocorreu em uma área de 51.650 km², compreendendo 125 municípios do nordeste do Estado de São Paulo. O mapeamento de uso e cobertura das terras da região foi baseado na interpretação de imagens de satélite, feito em duas épocas distintas: 1988 e 2003. A análise dos dados revelou um aumento de cerca de 60% no gás carbônico (CO₂) imobilizado na fitomassa dos agroecossistemas que compõem a região nordeste do estado de São Paulo. O CO₂ retirado da atmosfera e incorporado na fitomassa que era de 170 milhões de toneladas no ano de 1988 saltou para mais de 271 milhões de toneladas no ano de 2003. A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar aliado ao eficiente acúmulo de CO₂ por unidade de tempo e de área (107,2 t CO₂ ha⁻¹ano⁻¹) e o intenso processo de melhorias no manejo agrícola tornaram essa classe de uso e cobertura a maior retentora do CO₂ atmosférico. Constata-se com isso que o carbono pode, ao menos em parte, ser recomposto por alguns agroecossistemas durante o subsequente uso do solo.

Introdução

A fitomassa ou biomassa vegetal é um dos aspectos pouco conhecidos dos ecossistemas, especialmente dos agroecossistemas. De acordo com Odum (1997), a fitomassa pode ser definida como a massa orgânica vegetal produzida por unidade de área, podendo ser expressa em termos de peso seco, peso úmido e peso em carbono. Sua medição é um instrumento útil na avaliação de ecossistemas e agroecossistemas, em virtude da aplicação na análise da produtividade, conversão de energia, ciclagem de nutrientes, absorção e armazenagem de energia solar, acúmulo de carbono entre outros. Apesar de conceitualmente diferentes, os termos “biomassa” (somatória da massa orgânica viva existente em um determinado espaço e tempo) e “fitomassa” (parte vegetal da biomassa; estimativa quantificada da massa total vegetal numa determinada área e espaço de tempo) têm sido empregados por vários autores com o mesmo significado: biomassa vegetal.

A matéria seca que constitui a fitomassa é formada especialmente por carbono e por nutrientes minerais cujas concentrações variam com a espécie, fase de desenvolvimento, estado nutricional, condições edafoclimáticas e com a parte do vegetal considerada (LARCHER, 2004). Dessa forma, para calcular o acúmulo de carbono em cada agroecossistema, deve-se quantificar os estoques de fitomassa nos diferentes compartimentos das plantas e obter estimativas precisas das áreas cultivadas. As espécies vegetais armazenam diferentes quantidades de carbono em sua fitomassa, e também locais distintos dentro do mesmo agroecossistema fazem variar muito a quantidade de fitomassa (HOUGHTON, 1999).

A distribuição espacial e temporal da fitomassa de uma região é fortemente influenciada por um conjunto de fatores ambientais incluindo condições climáticas, topográficas, edafoclimáticas, práticas de manejo adotadas e outras propriedades associadas. A interação entre os fatores ecológicos e a dinâmica do carbono e conseqüentemente da fitomassa no tempo e no espaço são informações básicas para várias ações de monitoramento agroeconômico e agroambiental e são fundamentais para os sistemas de informação geográfica que servirão como ferramenta para os tomadores de decisões analisarem arranjos espaciais em escala regional.

Atualmente, os agroecossistemas são a forma de uso predominante da terra dentro do mosaico global da paisagem, cobrindo aproximadamente um terço da superfície da terra (FAO, 2007). Dadas as dimensões físicas do Brasil (8.500.000 km²), com seus 62 milhões de hectares de terras cultivadas e cerca de 170 milhões de hectares passíveis de serem aproveitados (IBGE, 2007), torna-se imperativo a exploração do potencial de estoque de carbono na fitomassa nos distintos sistemas de produção agropecuária para a geração de indicadores quantitativos e qualitativos e, mais especificamente, para estabelecer os serviços ambientais prestados, tal como, o seqüestro de carbono atmosférico pela fitomassa.

Em um mercado globalizado e cada vez mais competitivo, a possibilidade de agregar valores aos agroecossistemas, com o emergente “mercado de créditos de carbono”, e de contribuir para a redução nas emissões de CO₂ na atmosfera cria perspectivas otimistas de expansão para os agroecossistemas brasileiros. Embora diversos agroecossistemas possam se beneficiar, existem poucos trabalhos que evidenciem o potencial real dos agroecossistemas no mercado de carbono. Inúmeras estimativas têm sido feitas com base em medições da massa da parte aérea, as quais são convertidas em fitomassa e em carbono. Trabalhos incluindo estimativas precisas dos demais compartimentos, tal qual as raízes, ainda são escassos e estão dispersos sem ordenação. Escassas também são as informações das contribuições dos agroecossistemas como sorvedouros de carbono atmosférico e sua relevante contribuição ambiental para atenuar as mudanças climáticas globais.

A Embrapa, por meio da execução do Projeto Agrogases, há algum tempo vem buscando dar respostas às indagações sobre como a agropecuária brasileira pode ser afetada ou contribuir para o agravamento dos cenários futuros ligados às Mudanças Climáticas Globais. Uma boa oportunidade de complementação desses esforços é oferecida pelas abordagens territoriais baseadas em sensoriamento remoto e em técnicas de geoprocessamento com a qual a Embrapa Monitoramento por Satélite atua. Sensores de alta resolução temporal podem ser capazes de detectar a dinâmica do uso e cobertura das terras e possibilitar associá-la mais diretamente à dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado pela fitomassa dos agroecossistemas.

Um estudo prévio da Embrapa Monitoramento por Satélite em 125 municípios no nordeste do Estado de São Paulo, permitiu quantificar a área ocupada e analisar a dinâmica espacial e temporal das principais atividades agrossilvopastoris na região (QUARTAROLI *et al.*, 2006). Os resultados desse trabalho possibilitou esse novo estudo no qual avaliou-se a mensuração do carbono aprisionado na fitomassa agrícola com vistas à implicações agroambientais diante da sucessão de uso e ocupação do solo pelos agroecossistemas.

A área dos municípios que formam o nordeste do Estado de São Paulo caracteriza-se por uma ocupação agrícola extensa e especializada em atividades de maior valor agregado, com alta integração à indústria processadora ou aos sistemas tecnologicamente mais avançados de distribuição. O uso do solo é intensivamente cultivado, com constantes explorações de atividades em períodos de sucessão em áreas de renovação da cana-de-açúcar. Nessa região, ao longo das últimas décadas, a dinâmica do uso e ocupação das terras vem apresentando fortes alterações.

Com o fim da fronteira agrícola na região, a expansão de algumas atividades, ocorreu pela ocupação de área antes com outros usos agropecuários. O exemplo mais nítido desse fenômeno é o avanço das áreas dos agroecossistemas de cana-de-açúcar, acelerada atualmente pela demanda internacional e nacional de biocombustíveis. Os resultados obtidos nesse projeto são de extrema importância tanto para a caracterização econômica quanto para a

geração de indicadores agroambientais que possibilitem um entendimento mais completo das mudanças de uso e ocupação do solo quando da substituição entre agroecossistemas que competem por área no setor rural dos municípios que compõem o nordeste do estado de São Paulo.

Os objetivos do trabalho foram: realizar o levantamento bibliográfico da fitomassa e carbono das espécies vegetais que compõem os principais agroecossistemas do NE do Estado de São Paulo, levantamento no campo da fitomassa e carbono em alguns agroecossistemas e espacialização das alterações da fitomassa e carbono nos agroecossistemas do NE do Estado de São Paulo, em dois períodos distintos, mapeados anteriormente por Quartaroli *et al.*, (2006).

Materiais e Métodos

Área de estudo

A Região nordeste do Estado de São Paulo foi escolhida por ser bem representativa da agropecuária brasileira. Essa região possui uma parte montanhosa, os contrafortes da Serra da Mantiqueira, descendo até áreas planas de agricultura; mescla pequenas, médias e grandes propriedades, com predominância da cultura de cana-de-açúcar, das pastagens plantadas, seguida da citricultura, das áreas de silvicultura, do café produzido na parte montanhosa, da área de seringueiras e de cereais e grãos. A área total abrangida é de 51.650 km², compreendendo 125 municípios.

Levantamento bibliográfico sobre a fitomassa e o carbono dos principais agroecossistemas

O trabalho foi desenvolvido com os recursos e infra-estrutura da Embrapa Monitoramento por Satélite. Os levantamentos bibliográficos de dados de carbono e fitomassa dos agroecossistemas abrangeram as principais culturas comerciais do nordeste do estado de São Paulo, tais como, cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), pastagens (*Brachiaria* spp. (Trin.) Griseb.), eucalipto (*Eucalyptus* spp), seringueira (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.), culturas anuais (soja - *Glycine max* (L.) Merr. e milho - *Zea mays* L.), café (*Coffea arabica* L.) e citros (*Citrus* spp). A elaboração do banco de dados em planilhas foi organizado na Embrapa Monitoramento por Satélite. As planilhas foram divididas por espécies vegetais. Para a elaboração das planilhas foi utilizado o programa *Excel (Open Office)*, para os resultados serem facilmente transferidos para outra base de dados e posteriormente liberados em meio digital na página da Embrapa Monitoramento por Satélite.

Tanto para os valores de fitomassa seca encontrados na literatura quanto para os valores obtidos no campo, optou-se pela conversão em carbono utilizando-se o fator 0,5, sugerido por vários autores (LELES *et al.*, 1994; DEWAR, CANNEL, 1992; REIS *et al.*, 1994; FEARNISIDE, 1994; NUTTO *et al.*, 2002; SOARES, OLIVEIRA, 2002), significando que 50% da fitomassa seca é composta por carbono.

Para a conversão de carbono em CO₂, considerou-se uma tonelada de carbono correspondente à 3,67 toneladas de CO₂, pois sabe-se que um átomo de C tem um peso atômico de 12 e o oxigênio de 16, assim 1 t de C corresponde a 3,67 t de CO₂.

Massa molecular:

Carbono = 12

Oxigênio = 16

Gás carbônico (CO₂) = 44

Participação do carbono no CO₂ = 27,2%

Portanto: 1 kg de carbono equivale a 3,67 kg de CO₂

Obtenção no campo dos valores de fitomassa e carbono

• Cana-de-açúcar

A área experimental consistiu de três talhões de cana-de-açúcar (variedade RB 86 7515) com cana em primeiro corte (13,5 ha), cana em segundo corte (9,0 ha) e quarto corte (15, 6 ha). A avaliação ocorreu no município de Ibaté, SP, na área pertencente à fazenda Santa Helena, com latitude: 21°58'3.21"S e longitude: 48° 5'13.42"W.

Cada talhão foi dividido em quatro parcelas. Sendo feita uma amostragem por parcela. Cada parcela constitui-se de cinco linhas com 25 m de comprimento e espaçamento entrelinhas de 1,40 m. Para as avaliações, foram consideradas as três linhas centrais da parcela, suprimindo-se 2,00 m em cada extremidade (bordadura) resultando em 105 m² por parcela.

Parte aérea

As colheitas foram manuais e realizadas com a cana verde, próximo ao período de colheita. Para avaliações referentes à produtividade aérea de cana, foram retiradas 30 plantas como amostras para determinar o peso fresco dos colmos, dos ponteiro com folhas verdes e das folhas secas. As 30 amostras foram retiradas aleatoriamente, sendo dez de cada linha. Todo o material foi pesado no próprio campo com balança manual.

A quantidade total de cada componente (colmos, ponteiro com folhas verdes e folhas secas) foi obtida multiplicando-se o número de indivíduos da parcela toda pela massa média de cada componente. A estimativa em termos de t ha⁻¹ de cada componente foi obtida por meio da divisão da massa pela área da parcela.

De acordo com o Centro de Tecnologia da Coopersucar (BRESSIANI *et al.*, 2005) a estimativa da área deve adicionar 2,0 metros no comprimento da linha de plantio para compensar o melhor desempenho da cultura nas extremidades. Ficando assim:

$$3 \text{ linhas} * (25 + 2)\text{m} * 1,4\text{m}$$

Após a determinação da massa total de matéria fresca, em cada parcela foi retirada uma subamostra de dez colmos, dez ponteiros e as folhas secas de dez plantas. Essa subamostra foi levada para ser picada em triturador de forragem. Após serem picadas, determinou-se o peso fresco e colocou-se as subamostras em estufa de aeração forçada, pertencente ao departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), com temperatura de 60-65°C, até massa constante, para obtenção do peso seco.

Com esses resultados, estimou-se a produção média da massa de material seco ($t\ ha^{-1}$) na parte aérea da cana-de-açúcar, no período de colheita. A estimativa em termos de $t\ ha^{-1}$ de cada componente foi obtida por meio da divisão da massa pela área da parcela.

Parte subterrânea

A massa do material seco das raízes foi obtida retirando-se amostras das raízes, juntamente com terra, através da utilização de trado manual tradicional (volume $441,79\ cm^3$), sem a necessidade de abrir trincheiras no solo. A amostragem do perfil de raízes das touceiras de cana foi constituída de oito subamostras para cada talhão. Retirou-se o volume de solo e raízes com o trado normalmente até 20cm. De 20 até 40cm utilizou-se uma cavadeira para auxiliar a retirada das amostras devido a dificuldade de penetração do trado no solo. De 40 a 80 cm estimou-se a quantidade de raízes presentes com base no trabalho de Vasconcelos (2003).

As porções de solo e raiz das subamostras, obtidas pelo trado, foram separadas em peneira de malha grossa e fina. O solo foi descartado, enquanto que as amostras de raízes foram lavadas com água, para retirada total do solo aderido, e pesadas úmidas. Após esse procedimento, foram levadas ao laboratório de sementes do departamento de Botânica da UFSCar e submetidas à secagem em estufa de aeração forçada, com temperatura de 60-65°C, até massa constante.

A quantificação radicular e aérea foi efetuada, utilizando-se a massa de material seco obtida em pesagem com balança de precisão com resultados expressos em grama e grama por metro quadrado (no caso das raízes) para posteriormente serem transformados para toneladas por hectare.

A tradagem consiste na retirada de amostra de solo e raiz, por meio de trados, sem a abertura de valas ou trincheiras. Como os trados possuem diferentes tamanhos e diâmetros, podem-se retirar amostras em diferentes profundidades e de diferentes volumes, sendo, portanto, ajustável conforme a espécie vegetal e as condições de experimentação. O método de tradagem é muito eficiente para a determinação de fitomassa de raízes finas, é fácil de ser empregado, causa pouco distúrbio na área de estudo e economiza tempo e mão-de-obra. Contudo, ele apresenta limitações quando usado em solos pesados, compactados ou pedregosos, não permite o estudo da morfologia dos sistemas radiculares e tem inconveniente operacional (difícil penetração) quando é usado em profundidades superiores a 1,0 m.

- **Citros**

A avaliação da fitomassa foi realizada nos meses de julho e agosto de 2007 em dois pomares comerciais, formado por plantas de citros (*Citrus sinensis* L. Osb.) laranja 'Valência' com 18 anos de idade e laranja Natal com sete anos de idade enxertadas sobre limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osb.). Ambos os pomares possuem espaçamento de 7,0 x 4,0 m em um Latossolo Vermelho distrófico típico de textura argilosa. A propriedade denominada "São Carlos" (latitude: 21°43'22.15"S e longitude: 48°26'43.76"W), pertencente ao grupo Fisher, localizada no município de Nova Europa, SP.

Os pomares são adubados seguindo a recomendação do "Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros" e recebe tratamento fitossanitário quando necessário. As plantas daninhas são manejadas com o herbicida glifozato nas linhas de plantio, enquanto as entrelinhas são roçadas periodicamente.

Em ambos os talhões de laranja Valência (área total de 16,7 ha) e Natal (área total de 13,2 ha) foram selecionados 30 indivíduos de cada talhão e escolhidos oito e 12 indivíduos, respectivamente, para avaliação da fitomassa. A retirada das plantas do solo foi feita por uma máquina agrícola, (cedida pelo Grupo Fisher) com equipamento próprio em forma de garfo, capaz de arrancar os pés de citros juntamente com o sistema radicular.

Todas as plantas arrancadas pela máquina agrícola foram separadas, por meio de uma motosserra, em raízes e parte aérea (tronco, galhos com folhas e frutos). Após separadas as partes das plantas foram pesadas no próprio local com uma balança manual para obter-se a fitomassa úmida.

Amostras das partes das plantas, foram levadas para o departamento de Botânica da UFSCar para serem secas em estufa de aeração forçada, com temperatura de 60-65°C, até massa constante e pesadas novamente para obter-se a fitomassa seca. A análise do material seco em Laboratório especializado possibilitou a determinação da quantidade do carbono aprisionado em cada uma das partes das plantas de citros.

- **Café**

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Elisa, Centro experimental do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Campinas, SP, Lat. 22° 53' S, Long. 47° 05' W, elevação 670 m. O terreno, de solo Latossolo vermelho eutrófico sem camadas compactadas é suavemente ondulado com sua face voltada para o norte. As plantas foram cultivadas com tratamentos fitossanitários e adubação normais para uma cultura de café em produção.

Os pés de café foram avaliados no dia dez de outubro de 2007. A cultura é formada por pés francos de *Coffea arabica* variedade Catuai. A cultura foi instalada em 1992, sendo que a última colheita ocorreu em 2001. O espaçamento entre plantas é de 1,0 x 3,0 m, com duas plantas em cada cova. O solo é um latossolo vermelho amarelo distrófico.

Devido à forte estiagem, as plantas selecionadas para avaliação da fitomassa foram as que se apresentavam em melhor estado vegetacional (maior

enfolhamento e ausência de estresse hídrico). Foram selecionadas um total de dez plantas.

Todas as plantas foram cortadas a 5 cm do solo com o uso de uma motosserra. Após a retirada da planta do solo, utilizou-se novamente a moto serra para separar as partes da planta (tronco, galhos grossos e galhos finos com folhas). Após separadas as partes das plantas, foram pesadas no próprio local com uma balança manual para obter-se a fitomassa úmida. Não foi avaliado o sistema radicular devido a pouca presença de raízes nas plantas de café nesse período seco do ano. A maioria das raízes é fina e começa a desenvolver-se no início do período chuvoso.

Amostras das partes das plantas foram levadas para o laboratório da Embrapa Monitoramento por Satélites para serem secas em estufa de aeração forçada, com temperatura de 60-65°C, até massa constante e pesadas novamente para obter-se a fitomassa seca. A análise do material seco em laboratório especializado possibilitou a determinação da quantidade do carbono aprisionado em cada uma das partes das plantas de café.

Mapeamento do uso e cobertura das terras no qual se baseou esse estudo

O mapeamento do uso e cobertura das terras foi baseado em imagens orbitais dos anos de 2003 e 1988, obtidas, respectivamente, pelos sensores ETM+ do satélite Landsat 7 e TM do Landsat 5 (QUARTAROLI *et al.*, 2006). O mapeamento permitiu quantificar e analisar a dinâmica espacial e temporal das principais atividades agrossilvopastoris na região (tabela 1).

Tabela 1 - Área ocupada por cada classe de uso e cobertura das terras, área de alteração e os respectivos percentuais em relação à área total de mapeamento em 1988 e 2003 (Quartaroli *et al.*, 2006).

Classes de uso e cobertura das terras	Área (km ²) 1988	Área (km ²) 2003	Alteração (km ²)	Área (%) 1988	Área (%) 2003
Áreas urbanas	896,99	1.187,82	290,83	1,74	2,30
Mineração	8,76	9,02	0,27	0,02	0,02
Cana-de-açúcar	10.841,66	22.898,90	12.057,24	20,99	44,34
Culturas anuais	9.088,42	2.291,08	-6.797,33	17,60	4,44
Culturas anuais irrigadas por pivô	263,39	484,84	221,45	0,51	0,94
Café	675,07	588,04	-87,03	1,31	1,14
Citros	4.876,19	5.186,80	310,62	9,44	10,04
Seringueira	1,75	47,53	45,78	0,00	0,09
Pastagem	14.089,57	7.978,89	-6.110,68	27,28	15,45
Eucalipto	1.394,99	1.356,47	-38,52	2,70	2,63
Vegetação ripária	5.318,05	5.434,25	116,21	10,30	10,52
Remanescentes de vegetação natural	3.387,06	3.318,25	-68,81	6,56	6,42
Corpos d'água	775,41	803,43	28,02	1,50	1,56
Outros	32,22	64,19	31,97	0,06	0,12
TOTAL	51.649,51	51.649,51	0,00	100	100

As imagens de 2003 foram submetidas à classificação automática supervisionada pelo método da máxima verossimilhança, visando a detecção das classes de uso e cobertura presentes na área de estudo. O produto final desse trabalho foi um mapa temático digital, compatível com a escala 1: 250.000, que expressa a situação de uso e cobertura das terras para o ano de 2003. O mapa de 1988, também compatível com a escala 1: 250.000, foi obtido pela edição do mapa de 2003, baseada nos padrões apresentados pelas imagens Landsat de 1988 (QUARTAROLI *et al.*, 2006). Os principais agroecossistemas detectados foram a cana-de-açúcar, as pastagens, o eucalipto, a seringueira, o as culturas anuais e os citros.

Os mapas que representam a fitomassa e o carbono das principais culturas agrícolas da região nordeste do Estado de São Paulo foram organizados a partir da classificação dos dados e espacialização utilizando o Software ArcGIS versão 9.2.

Resultados e Discussão

Levantamento bibliográfico do carbono e fitomassa dos principais agroecossistemas

- **Cana-de-açúcar**

Os dados de fitomassa da cana-de-açúcar encontrados na literatura são relativamente extensos (tabela 2). Isso se deve, principalmente, às contínuas avaliações dos órgãos de pesquisa e mesmo das usinas sucroalcooleiras para comparação da produtividade entre as variedades nas diferentes condições edafoclimáticas. Entretanto, a quase totalidade dos valores de fitomassa dos colmos é representada pela fitomassa úmida, que pode ser entendida como produtividade ou TCH (tonelada de cana por hectare). Para que esses valores fossem estimados com base seca, foram multiplicados por 0,31. O valor de 32,5% representa o valor encontrado nas avaliações diretas no campo durante esse projeto (página 34).

Tabela 2 – Valores encontrados na literatura da fitomassa da raiz, colmo e palha (ponteiro e folhas) de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) com idades entre 1 e 5 anos.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	Colmo	Palha	
CO 290	1	Araraquara SP	8			Inforzato, 1957
CO 290	1	Araraquara SP	5,9			Inforzato, 1957
IAC 873/396	1	Motuca SP		145,9	26,19	Bressiani et al., 2005
IAC86-2210	1	Jau SP		111,57		Carlin, 2005
IAC91-2218	1	Jau SP		108,31		Carlin, 2005
PO 853	1	Motuca SP		118,86	28,29	Bressiani et al., 2005
RB 72454	1	Motuca SP		166,29	33,43	Bressiani et al., 2005
RB 72454	1	Ribeirão Preto SP		134	17,2	Paes e Oliveira, 2005
RB 83 5089	1	Porto Feliz SP		112		Costa, 2005

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	Colmo	Palha	
RB 83 5486	1	Porto Feliz SP		96		Costa, 2005
RB 835486	1	Assis SP	1,34	121,28		Vasconcelos, 1998
RB 835486	1	Paranavaí PR		112,34		Ido, 2003
RB 855536	1	Paranavaí PR		88,2		Ido, 2003
RB72454	1	Assis SP	1,14	140,03		Vasconcelos, 1998
RB72454	1	Castilho SP		193		Maule et al., 2001
RB72454	1	Nova Europa SP		120,71		Mamede, 2001
RB765418	1	Nova Europa SP		82,62		Mamede, 2001
RB835019	1	Castilho SP		116		Maule et al., 2001
RB835089	1	Nova Europa SP		110,47		Mamede, 2001
RB835486	1	Jau SP		107,05		Carlin, 2005
RB835486	1	Castilho SP		159		Maule et al., 2001
RB835486	1	Nova Europa		105,72		Mamede, 2001
RB845257	1	Castilho SP		194		Maule et al., 2001
RB855113	1	Castilho SP		156		Maule et al., 2001
RB855453	1	Castilho SP		157		Maule et al., 2001
RB855536	1	Assis SP	2,26	144,79		Vasconcelos, 1998
RB855536	1	Castilho SP		179		Maule et al., 2001
RB865002	1	Nova Europa SP		107,62		Mamede, 2001
RB865047	1	Nova Europa SP		115		Mamede, 2001
RB865066	1	Nova Europa SP		100,24		Mamede, 2001
RB865084	1	Nova Europa SP		113,09		Mamede, 2001
RB865104	1	Nova Europa SP		120,24		Mamede, 2001
RB865125	1	Nova Europa SP		113,57		Mamede, 2001
RB865152	1	Nova Europa SP		123,57		Mamede, 2001
RB865158	1	Nova Europa SP		128,09		Mamede, 2001
RB865202	1	Nova Europa SP		94,52		Mamede, 2001
RB865216	1	Nova Europa SP		121,67		Mamede, 2001
RB865226	1	Nova Europa SP		109,52		Mamede, 2001
RB865229	1	Nova Europa SP		127,62		Mamede, 2001
RB865230	1	Nova Europa SP		139,76		Mamede, 2001
RB865250	1	Nova Europa SP		125,95		Mamede, 2001
RB865503	1	Nova Europa SP		113,33		Mamede, 2001
RB86551	1	Nova Europa SP		126,9		Mamede, 2001
RB865513	1	Nova Europa SP		109,28		Mamede, 2001
RB865527	1	Nova Europa SP		113,57		Mamede, 2001
RB865532	1	Nova Europa SP		105,71		Mamede, 2001
RB865539	1	Nova Europa SP		115,72		Mamede, 2001
RB86554	1	Nova Europa SP		102,86		Mamede, 2001
RB865547	1	Nova Europa SP		125,47		Mamede, 2001
RB865550	1	Nova Europa SP		113,81		Mamede, 2001
RB865554	1	Nova Europa SP		115,71		Mamede, 2001
RB865556	1	Nova Europa SP		120,48		Mamede, 2001

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	*Colmo	Palha	
<i>S. officinarum</i>	1	Goiana PE	6,49			Sampaio et al., 1987
<i>S. officinarum</i>	1	Goiana PE	5,29			Sampaio et al., 1987
<i>S. officinarum</i>	1	Goiana PE	6,32			Sampaio et al., 1987
<i>S. officinarum</i>	1	Goiana PE	5,83			Sampaio et al., 1987
<i>S. officinarum</i>	1	–	3,6			Golden, 1974
<i>S. officinarum</i>	1	–	6,7			Sampaio et al, 1987
<i>S. officinarum</i>	1	–	7,5			Ball-Coelho et al., 1992
SP 18 - 8042	1	Ituverava SP		98,03		Prado, 2000
SP 76 - 112	1	Motuca SP		170,19	36,76	Bressiani et al., 2005
SP 79 - 1011	1	Ribeirão Preto SP		120	17,8	Paes e Oliveira, 2005
SP 79 - 2233	1	Motuca SP		104,95	29,33	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1520	1	Motuca SP		142	22,86	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1816	1	Motuca SP		119,62	22,86	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1842	1	Motuca SP		124	18,1	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1842	1	Ribeirão Preto SP		136	14,6	Paes e Oliveira, 2005
SP 80-1842	1	Iracemápolis SP		98		Gava et al., 2001
SP 80-1842	1	Iracemápolis SP		108		Gava et al., 2001
SP 80-1842	1	Paranavaí - PR		117,84		Ido, 2003
SP 83 2847	1	Jaboticabal SP	5	114	28,9	Franco et al., 2007
SP 855536	1	Pradópolis SP	4,6	113	12,2	Franco et al., 2007
SP 87 - 572	1	Motuca SP		131,71	19,14	Bressiani et al., 2005
SP 87 - 579	1	Motuca SP		146,95	24,76	Bressiani et al., 2005
SP 87 - 580	1	Motuca SP		133,9	26,86	Bressiani et al., 2005
SP 87 - 587	1	Motuca SP		118,19	19,14	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 711	1	Motuca SP		126,57	19,05	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 717	1	Motuca SP		119,33	13,43	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 720	1	Motuca SP		123,43	34,38	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 724	1	Motuca SP		161,14	23,52	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 725	1	Motuca SP		132,86	32,29	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 749	1	Motuca SP		132,76	25,14	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 757	1	Motuca SP		143,62	38,38	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 766	1	Motuca SP		161,14	20,57	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 817	1	Motuca SP		158,57	34,57	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 819	1	Motuca SP		55,24	27,81	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 823	1	Motuca SP		128,57	22,86	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 840	1	Motuca SP		116,76	20,86	Bressiani et al., 2005
SP79-1011	1	Castilho SP		149		Maule et al., 2001
SP80-1842	1	Assis SP	1,26	130,51		Vasconcelos, 1998
SP80-1842	1	Jau SP		121,71		Carlin, 2005
SP80-1842	1	Castilho SP		155		Maule et al., 2001
SP80-1842	1	Nova Europa SP		96,67		Mamede, 2001
SPUP 83 - 87	1	Motuca SP		154,38	28,57	Bressiani et al., 2005
Média	1		4,9	125,6	24,7	
DP	1		2,1	23,3	6,9	

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	Colmo	Palha	
IAC87 - 3420	2	Limeira SP		91,91	18,61	Bressiani et al., 2005
IAC 873/396	2	Serrana SP		105,49	17,54	Bressiani et al., 2005
IAC85-3014	2	Jaú SP		110,5		Silva et al., 1999
IAC85-3015	2	Jaú SP		113,3		Silva et al., 1999
IAC85-3017	2	Jaú SP		131,6		Silva et al., 1999
IAC85-3019	2	Jaú SP		111,2		Silva et al., 1999
IAC85-3030	2	Jaú SP		108,7		Silva et al., 1999
IAC85-3035	2	Jaú SP		102		Silva et al., 1999
IAC85-3142	2	Jaú SP		115,2		Silva et al., 1999
IAC85-3229	2	Jaú SP		106,3		Silva et al., 1999
IAC85-3233	2	Jaú SP		83,66		Silva et al., 1999
IAC85-3300	2	Jaú SP		87,1		Silva et al., 1999
PO 853	2	Serrana SP		113,93	22,79	Bressiani et al., 2005
Q 138	2	Limeira SP		69,48	19,39	Bressiani et al., 2005
RB 72454	2	Serrana SP		116,15	21,8	Bressiani et al., 2005
RB 72454	2	Limeira SP		92,87	19,04	Bressiani et al., 2005
RB 72454	2	Rib. Preto SP		100	14,9	Paes e Oliveira, 2005
RB 83 5089	2	Porto Feliz SP		142		Costa, 2005
RB 83 5486	2	Porto Feliz SP		118		Costa, 2005
RB 83 5486	2	N. Londrina PR		75,25		Teixeira, 2005
RB 835486	2	Paranavaí - PR		112,34		Ido, 2003
RB 855536	2	Paranavaí - PR		88,2		Ido, 2003
RB72454	2	Castilho SP		183		Maule et al., 2001
RB72454	2	Nova Europa SP		110		Mamede, 2001
RB765418	2	Nova Europa SP		67,86		Mamede, 2001
RB835019	2	Castilho SP		94		Maule et al., 2001
RB835089	2	Nova Europa SP		110		Mamede, 2001
RB835486	2	Castilho SP		142		Maule et al., 2001
RB835486	2	Nova Europa SP		103,81		Mamede, 2001
RB845257	2	Castilho SP		171		Maule et al., 2001
RB855113	2	Castilho SP		154		Maule et al., 2001
RB855453	2	Castilho SP		130		Maule et al., 2001
RB855536	2	Castilho SP		161		Maule et al., 2001
RB865002	2	Nova Europa SP		102,62		Mamede, 2001
RB865047	2	Nova Europa SP		108,81		Mamede, 2001
RB865066	2	Nova Europa SP		86,67		Mamede, 2001
RB865084	2	Nova Europa SP		103,57		Mamede, 2001
RB865104	2	Nova Europa SP		115,95		Mamede, 2001
RB865125	2	Nova Europa SP		101,91		Mamede, 2001
RB865152	2	Nova Europa SP		100,95		Mamede, 2001
RB865158	2	Nova Europa SP		101,66		Mamede, 2001
RB865202	2	Nova Europa SP		90,71		Mamede, 2001
RB865216	2	Nova Europa SP		85,72		Mamede, 2001
RB865226	2	Nova Europa SP		100		Mamede, 2001

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	Colmo	Palha	
RB865229	2	Nova Europa SP		111,19		Mamede, 2001
RB865230	2	Nova Europa SP		136,67		Mamede, 2001
RB865250	2	Nova Europa SP		116,67		Mamede, 2001
RB865503	2	Nova Europa SP		94,05		Mamede, 2001
RB86551	2	Nova Europa SP		111,9		Mamede, 2001
RB865513	2	Nova Europa SP		103,09		Mamede, 2001
RB865527	2	Nova Europa SP		110,24		Mamede, 2001
RB865532	2	Nova Europa SP		97,38		Mamede, 2001
RB865539	2	Nova Europa SP		105,24		Mamede, 2001
RB86554	2	Nova Europa SP		93,57		Mamede, 2001
RB865547	2	Nova Europa SP		111,9		Mamede, 2001
RB865550	2	Nova Europa SP		107,14		Mamede, 2001
RB865554	2	Nova Europa SP		101,19		Mamede, 2001
RB865556	2	Nova Europa SP		88,09		Mamede, 2001
<i>S. officinarum</i>	2	-	10			Ball-Coelho et al., 1992
<i>S. officinarum</i>	2	-	1,2			Korndórfer et al., 1989
<i>S. officinarum</i>	2	-	1,8			Korndórfer et al., 1989
SP 18 - 8042	2	Ituverava SP		64,81		Prado, 2000
SP 76 - 0112	2	Serrana SP		92,46	20,66	Bressiani et al., 2005
SP 77 - 3291	2	Limeira SP		85,57	16,35	Bressiani et al., 2005
SP 79 - 1011	2	Rib. Preto SP		92	15	Paes e Oliveira, 2005
SP 79 - 2233	2	Serrana SP		62,46	15,98	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 0185	2	Limeira SP		87,48	23,83	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1520	2	Serrana SP		114,1	18,77	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1816	2	Limeira SP		108,96	24,61	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1816	2	Serrana SP		113,85	21,48	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1842	2	Limeira SP		108,61	19,22	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1842	2	Rib. Preto SP		101	12,6	Paes e Oliveira, 2005
SP 80 - 3280	2	Limeira SP		110,43	23,83	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 3480	2	Limeira SP		116,78	28,52	Bressiani et al., 2005
SP 80 - 1842	2	Serrana SP		120	20,82	Bressiani et al., 2005
SP 80-1842	2	Iracemópolis SP		76	19	Gava et al., 2001
SP 80-1842	2	Iracemópolis SP		79	18	Gava et al., 2001
SP 80-1842	2	Paranavaí - PR		117,84		Ido, 2003
SP 81 - 3250	2	Limeira SP		92,09	22,26	Bressiani et al., 2005
SP 87 - 0572	2	Serrana SP		95,16	16,39	Bressiani et al., 2005
SP 87 - 0579	2	Serrana SP		133,85	20,16	Bressiani et al., 2005
SP 87 - 0580	2	Serrana SP		66,8	13,28	Bressiani et al., 2005
SP 87 - 0587	2	Serrana SP		101,48	18,61	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0711	2	Serrana SP		81,97	14,84	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0717	2	Serrana SP		93,77	11,07	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0720	2	Serrana SP		106,07	25,82	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0724	2	Serrana SP		115,33	16,48	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0725	2	Serrana SP		103,2	18,85	Bressiani et al., 2005

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	Colmo	Palha	
SP 88 - 0749	2	Serrana SP		99,18	17,62	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0757	2	Serrana SP		86,31	20,98	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0766	2	Serrana SP		89,51	14,84	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0817	2	Serrana SP		76,07	15,57	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0819	2	Serrana SP		103,93	14,67	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0823	2	Serrana SP		89,84	16,15	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0840	2	Serrana SP		86,89	14,43	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0869	2	Limeira SP		84,61	25,04	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0878	2	Limeira SP		100,17	18	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0882	2	Limeira SP		77,74	19,83	Bressiani et al., 2005
SP 88 - 0908	2	Limeira SP		89,57	23,91	Bressiani et al., 2005
SP 89 - 1003	2	Limeira SP		90,78	19,3	Bressiani et al., 2005
SP 89 - 1056	2	Limeira SP		76,7	19,65	Bressiani et al., 2005
SP70-1143	2	Jaú SP		115,7		Silva et al., 1999
SP71-1406	2	Jaú SP		106,2		Silva et al., 1999
SP79-1011	2	Castilho SP		154		Maule et al., 2001
SP80-1842	2	Castilho SP		160		Maule et al., 2001
SP80-1842	2	Nova Europa SP		100,95		Mamede, 2001
SPUP 83 - 87	2	Serrana SP		126,56	20	Bressiani et al., 2005
Média	2		4,3	104,5	18,9	
DP	2		4,9	21,9	3,7	
RB85-5536	3	Maracaí SP		101,44		Watanabe et al., 2004
RB85-5536	3	Maracaí SP		105,34		Watanabe et al., 2004
RB85-5536	3	Maracaí SP		108,52		Watanabe et al., 2004
RB85-5536	3	Maracaí SP		94,52		Watanabe et al., 2004
RB85-5536	3	Maracaí SP		90,48		Watanabe et al., 2004
RB85-5536	3	Maracaí SP		100,04		Watanabe et al., 2004
RB 835486	3	Porto Feliz SP		82,00		Costa, 2005
RB835019	3	Castilho SP		91,00		Maule et al., 2001
SP79-1011	3	Castilho SP		170,00		Maule et al., 2001
RB 83 5486	3	Porto Feliz SP		65,00		Costa, 2005
RB 83 5089	3	Porto Feliz SP		72,00		Costa, 2005
RB855113	3	Castilho SP		156,00		Maule et al., 2001
RB855453	3	Castilho SP		158,00		Maule et al., 2001
SP80-1842	3	Castilho SP		161,00		Maule et al., 2001
RB835486	3	Castilho SP		164,00		Maule et al., 2001
RB855536	3	Castilho SP		154,00		Maule et al., 2001
RB72454	3	Castilho SP		183,00		Maule et al., 2001
RB845257	3	Castilho SP		173,00		Maule et al., 2001
RB 835486	3	Porto Feliz SP		106,00		Costa, 2005
RB72454	3	Nova Europa SP		10,71		Mamede, 2001
RB765418	3	Nova Europa SP		64,29		Mamede, 2001
RB835089	3	Nova Europa SP		124,52		Mamede, 2001
RB835486	3	Nova Europa SP		106,19		Mamede, 2001

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	Colmo	Palha	
SP80-1842	3	Nova Europa SP		103,09		Mamede, 2001
RB865002	3	Nova Europa SP		114,05		Mamede, 2001
RB865047	3	Nova Europa SP		111,43		Mamede, 2001
RB 72 454	3	Cambará PR		120,00		Teixeira, 2005
RB865066	3	Nova Europa SP		91,91		Mamede, 2001
RB865084	3	Nova Europa SP		107,38		Mamede, 2001
RB865104	3	Nova Europa SP		100,48		Mamede, 2001
RB865125	3	Nova Europa SP		112,86		Mamede, 2001
RB865152	3	Nova Europa SP		119,29		Mamede, 2001
RB865158	3	Nova Europa SP		108,81		Mamede, 2001
RB865202	3	Nova Europa SP		77,38		Mamede, 2001
RB865216	3	Nova Europa SP		102,86		Mamede, 2001
RB865226	3	Nova Europa SP		116,91		Mamede, 2001
RB865229	3	Nova Europa SP		115,95		Mamede, 2001
RB865230	3	Nova Europa SP		130,24		Mamede, 2001
RB865250	3	Nova Europa SP		114,05		Mamede, 2001
RB865503	3	Nova Europa SP		93,09		Mamede, 2001
RB86551	3	Nova Europa SP		124,29		Mamede, 2001
RB865513	3	Nova Europa SP		118,09		Mamede, 2001
RB865527	3	Nova Europa SP		108,57		Mamede, 2001
RB865532	3	Nova Europa SP		96,66		Mamede, 2001
RB865539	3	Nova Europa SP		112,14		Mamede, 2001
RB86554	3	Nova Europa SP		105,95		Mamede, 2001
RB865547	3	Nova Europa SP		114,76		Mamede, 2001
RB865550	3	Nova Europa SP		110,00		Mamede, 2001
RB865554	3	Nova Europa SP		100,95		Mamede, 2001
RB865556	3	Nova Europa SP		80,71		Mamede, 2001
Média	3			111,06		
DP	3			30,76		
RB 72454	4	Rib. Preto SP		78,00	13,60	Paes e Oliveira, 2005
SP 79 - 1011	4	Rib. Preto SP		84,00	13,70	Paes e Oliveira, 2005
SP 80 - 1842	4	Rib. Preto SP		92,00	10,50	Paes e Oliveira, 2005
RB 835486	4	Porto Feliz SP		114,00		Costa, 2005
SP 80-1842	4	Iracemópolis SP		67,00	28,00	Gava et al., 2001
SP 80-1842	4	Iracemópolis SP		70,00	27,00	Gava et al., 2001
RB 835486	4	Porto Feliz SP		135,00		Costa, 2005
RB72454	4	Nova Europa SP		98,81		Mamede, 2001
RB765418	4	Nova Europa SP		47,62		Mamede, 2001
RB835089	4	Nova Europa SP		113,33		Mamede, 2001
RB835486	4	Nova Europa SP		90,00		Mamede, 2001
SP80-1842	4	Nova Europa SP		85,48		Mamede, 2001
RB865002	4	Nova Europa SP		93,09		Mamede, 2001
RB865047	4	Nova Europa SP		88,57		Mamede, 2001
RB865066	4	Nova Europa SP		65,48		Mamede, 2001

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	Colmo	Palha	
RB865084	4	Nova Europa SP		89,05		Mamede, 2001
RB865104	4	Nova Europa SP		93,81		Mamede, 2001
RB865125	4	Nova Europa SP		97,38		Mamede, 2001
RB865152	4	Nova Europa SP		103,57		Mamede, 2001
RB865158	4	Nova Europa SP		98,10		Mamede, 2001
RB865202	4	Nova Europa SP		56,67		Mamede, 2001
RB865216	4	Nova Europa SP		71,19		Mamede, 2001
RB865226	4	Nova Europa SP		102,62		Mamede, 2001
RB865229	4	Nova Europa SP		103,33		Mamede, 2001
RB865230	4	Nova Europa SP		131,86		Mamede, 2001
RB865250	4	Nova Europa SP		104,52		Mamede, 2001
RB865503	4	Nova Europa SP		62,38		Mamede, 2001
RB86551	4	Nova Europa SP		112,62		Mamede, 2001
RB865513	4	Nova Europa SP		101,43		Mamede, 2001
RB865527	4	Nova Europa SP		93,57		Mamede, 2001
RB865532	4	Nova Europa SP		82,86		Mamede, 2001
RB865539	4	Nova Europa SP		86,19		Mamede, 2001
RB86554	4	Nova Europa SP		77,14		Mamede, 2001
RB865547	4	Nova Europa SP		97,14		Mamede, 2001
RB865550	4	Nova Europa SP		87,14		Mamede, 2001
RB865554	4	Nova Europa SP		89,05		Mamede, 2001
RB865556	4	Nova Europa SP		65,95		Mamede, 2001
Média	4			90,00	18,56	
DP	4			19,10	8,27	
RB 835486	5	Porto Feliz SP		82,00		Costa, 2005
RB 835486	5	Porto Feliz SP		106,00		Costa, 2005
RB72454	5	Nova Europa SP		79,52		Mamede, 2001
RB765418	5	Nova Europa SP		23,10		Mamede, 2001
RB835089	5	Nova Europa SP		79,05		Mamede, 2001
SP832845	5	Jaboticabal SP	4,6	94		Franco et al., 2007
SP855536	5	Pradópolis SP	5,0	75		Franco et al., 2007
RB835486	5	Nova Europa SP		68,57		Mamede, 2001
SP80-1842	5	Nova Europa SP		46,43		Mamede, 2001
RB865002	5	Nova Europa SP		66,67		Mamede, 2001
RB865047	5	Nova Europa SP		64,05		Mamede, 2001
RB865066	5	Nova Europa SP		47,14		Mamede, 2001
RB865084	5	Nova Europa SP		60,47		Mamede, 2001
RB865104	5	Nova Europa SP		56,67		Mamede, 2001
RB865125	5	Nova Europa SP		80,48		Mamede, 2001
RB865152	5	Nova Europa SP		88,33		Mamede, 2001
RB865158	5	Nova Europa SP		58,81		Mamede, 2001
RB865202	5	Nova Europa SP		32,14		Mamede, 2001
RB865216	5	Nova Europa SP		57,38		Mamede, 2001
RB865226	5	Nova Europa SP		78,33		Mamede, 2001

Continua...

Tabela 2 – Continuação.

Variedade	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Referência
			Raiz	*Colmo	Palha	
RB865229	5	Nova Europa SP		74,05		Mamede, 2001
RB865230	5	Nova Europa SP		102,62		Mamede, 2001
RB865250	5	Nova Europa SP		74,76		Mamede, 2001
RB865503	5	Nova Europa SP		40,00		Mamede, 2001
RB86551	5	Nova Europa SP		77,14		Mamede, 2001
SP71- 6163	5	Sertãozinho SP		66,00		Donzeli, 2000
SP71- 6163	5	Sertãozinho SP		77,00		Donzeli, 2000
SP71- 6163	5	Sertãozinho SP		67,00		Donzeli, 2000
SP71- 6163	5	Sertãozinho SP		78,00		Donzeli, 2000
RB865513	5	Nova Europa SP		74,05		Mamede, 2001
RB865527	5	Nova Europa SP		75,24		Mamede, 2001
RB865532	5	Nova Europa SP		66,67		Mamede, 2001
RB865539	5	Nova Europa SP		67,85		Mamede, 2001
RB86554	5	Nova Europa SP		52,62		Mamede, 2001
RB865547	5	Nova Europa SP		70,95		Mamede, 2001
RB865550	5	Nova Europa SP		59,52		Mamede, 2001
RB865554	5	Nova Europa SP		60,95		Mamede, 2001
RB865556	5	Nova Europa SP		38,57		Mamede, 2001
IAC 87 3396	5	Tarumã SP	6,30			Vasconcelos, 2003
RB 85 5536	5	Tarumã SP	7,60			Vasconcelos, 2003
IAC 87 3396	5	Tarumã SP	8,90			Vasconcelos, 2003
RB 85 5536	5	Tarumã SP	9,60			Vasconcelos, 2003
Média	5		7	67,6		
DP	5		2,1	17,7		

DP = desvio padrão

* Os valores dos colmos representam a produtividade e portanto, são valores com base úmida.

Grande parte dos dados de fitomassa das diferentes partes da plantas de cana-de-açúcar são de municípios pertencentes ao Estado de São Paulo, responsável hoje por 68% da cana cultivada na região centro sul. O mapeamento da cana-de-açúcar por satélite mostra que a área total cultivada hoje em São Paulo é de 4,22 milhões de hectares (INPE, 2007).

Os dados de fitomassa da palha, que no passado eram inexpressivos, atualmente estão mais freqüentes, pois a avaliação da fitomassa da palha deixada no campo tem ganhado importância com a diminuição da queima da cana. No Estado de São Paulo, a queima da palha de cana é regulamentada pela Lei 11.241 e pelo Decreto 47.700, de março de 2003, que determinam que a queima seja totalmente substituída em 30 anos. Porém, as secretarias estaduais da Agricultura e do Meio Ambiente trabalham em conjunto para eliminar em dez anos a queimada que antecede o corte de cana.

Como nas demais culturas, pouca atenção tem sido dada ao sistema de raízes da cana-de-açúcar. Visto que o sistema de raízes fica oculto pelo solo e, normalmente, não é a parte econômica da cultura, negligencia-se a sua conhecida importância. Além do mais, muitos dos métodos de campo para

observar o crescimento das raízes são trabalhosos e requerem ampla destruição dos locais de campo.

Variedades de cana-de-açúcar são indicadas para solos de baixa fertilidade natural e para regiões com deficiência hídrica, mas a avaliação de seu sistema radicial não é utilizada nem considerada como parâmetro indicativo do potencial da variedade. Além disso, a variabilidade das condições físicas, químicas e biológicas do solo tem influência na distribuição das raízes e pode levar a resultados que não representam a realidade. Em geral, a quantidade de raízes por hectare varia muito, em cana-planta ou em cana-soca. Pode se ter quase nada de raízes ou ter 5, 10, 15 toneladas de raízes num hectare. Isso é muito variável e depende de diversos fatores (VASCONSELOS, 1998).

Os valores de carbono aprisionado nos distintos compartimentos da planta de cana-de-açúcar são inexistentes. Diante disso os valores de carbono total foram estimados com base na literatura (citada no Materiais e Métodos) em 50% (tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios da fitomassa da raiz, colmo e palha (apresentados na tabela 1) e de carbono de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) com idades entre 1 e 5 anos.

Idade	Fitomassa seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)					*** Carbono (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)
	**Raiz	*colmo (fresco)	colmo (seco)	**palha	Planta toda (seca)	
1	4,9	125,9	39	24,9	72,2	36,1
2	4,3	104,5	32,4	18,9	61,3	30,65
3	9,2	111,1	34,4	20,5	64,1	32,05
4	7,4	90	27,9	18,6	53,9	26,95
5	7	67,6	20,9	12,5	40,4	20,2
Média	6,6	99,8	30,9	19,1	58,4	29,2
DP	2,0	22,2	6,9	4,5	11,9	5,9

DP = desvio padrão.

*Os valores dos colmos representam a produtividade e portanto são valores com base úmida. Para que esses valores fossem estimados com base seca, foram multiplicados por 0,31. O valor de 31% representa o valor encontrado por Ronquim (medidas diretas no campo deste trabalho).

** Quando os valores de raiz e palha não foram encontrados na literatura, os mesmos foram estimados em 6,9 e 14,5%, respectivamente, da fitomassa total. Esses percentuais foram observados nas idades de primeiro e segundo corte da tabela 1.

*** Os valores de carbono total foram estimados com base na literatura em 50%, pois não foram encontrados na literatura valores referentes à quantidade de carbono na fitomassa de cana-de-açúcar.

• Pastagens

No Brasil, dos aproximadamente 180 milhões de hectares de pastagem cultivada e nativa, cerca de 70% são formados por espécies do gênero *Brachiaria* (VALLE *et al.*, 2001). Os mesmos valores valem para o Estado de São Paulo e, provavelmente, essa mesma percentagem de área ocupada com *Brachiaria spp* ocorre no nordeste do estado de São Paulo. Devido a este fato, os valores de fitomassa e carbono utilizados nesse trabalho são referentes ao gênero *Brachiaria*.

O manejo inadequado do pastejo e a falta de atenção para com a manutenção e reposição da fertilidade de solos vegetados por plantas forrageiras levam à degradação das pastagens. Como resultado, estima-se que atualmente

pelo menos 50% das pastagens brasileiras encontrem-se em algum grau de degradação. Provavelmente, os elevados valores de fitomassa de pastagens corretamente manejadas somados a valores bem menores da fitomassa de pastagens “degradadas” resultou nos elevados valores de desvio padrão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Valores encontrados na literatura da fitomassa aérea e radicular e do carbono total da fitomassa seca de diferentes tipos de pastagens.

Variedade	Região	Fitomassa seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Carbono total (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Referência
		aérea	raiz	total		
<i>Brachiaria brizantha</i> (Arapoty)	Planaltina DF	8,4				Rodrigues, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i> (Capiporã)	Planaltina DF	7,1				Rodrigues, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i> (Marandu)	Piracicaba SP	16,2	8,6	24,8		Detomini, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i> (Marandu)	Planaltina DF	5,9				Rodrigues, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i> (Marandú)	Piracicaba SP	7				Carvalho et al., 1997
<i>Brachiaria brizantha</i>	N. Odessa SP	9,8			4,2	Gutmanis, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i>	N. Odessa SP	9,9	2,1	12	4,3	Gutmanis, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i>	N. Odessa SP				3,3	Gutmanis, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i>	Samoa	8,9				Reynolds, 1978
<i>Brachiaria brizantha</i>	Anhembi SP	2,3	3,9	6,2		Szakacs, 2003
<i>Brachiaria brizantha</i>	Anhembi SP	5,1	6,9	12		Szakacs, 2003
<i>Brachiaria brizantha</i> (Marandu)	Araçatuba SP	13				Soares Filho et. al. 2002
<i>Brachiaria decumbens</i>	Uberlândia MG	1,9				Wilcke e Lilienfein, 2004
<i>Brachiaria decumbens</i>	Uberlândia MG	1,5				Wilcke e Lilienfein, 2004
<i>Brachiaria decumbens</i>	Belém PA	24,5				Simão Neto e Serrão 1974
<i>Brachiaria decumbens</i>	Belém PA	11,7				Simão Neto e Serrão 1974
<i>Brachiaria decumbens</i>	Belém PA	15,8				Simão Neto e Serrão 1974
<i>Brachiaria humidicola</i>	N. Odessa SP	4,9			4,1	Gutmanis, 2004
<i>Brachiaria humidicola</i>	N. Odessa SP	9,6	1,4	11	2,3	Gutmanis, 2004
<i>Brachiaria humidicola</i>	N. Odessa SP				1,7	Gutmanis, 2004
<i>Brachiaria humidicola</i>	Belém PA	17,3				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Brachiaria humidicola</i>	Belém PA	18,4				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Brachiaria humidicola</i>	Belém PA	19,1				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Belém PA	22,4				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Belém PA	14,4				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Belém PA	14,2				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Brachiaria spp.</i>	Piracicaba SP	3,9	1,8	5,7		Tsumanuma, 2004
<i>Brachiaria spp.</i>	Piracicaba SP	3,2	1,9	5,1		Tsumanuma, 2004
<i>Brachiaria spp.</i>	Piracicaba SP	2,2	1,6	3,8		Tsumanuma, 2004
<i>Brachiaria spp.</i>	Piracicaba SP	3,2	1,8	5		Tsumanuma, 2004
<i>Brachiaria spp.</i>	Piracicaba SP	2,1	1,3	3,4		Tsumanuma, 2004
<i>Brachiaria spp.</i>	Piracicaba SP	1,9	1,5	3,4		Tsumanuma, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i>	R. Preto SP	15				Eriksen e Whitney, 1981
<i>Brachiaria brizantha</i>	Selvíria SP	7,7				Santos e Couto 1990
<i>Brachiaria brizantha</i> (Xarés)	Planaltina DF	6,2				Rodrigues, 2004
<i>Brachiaria brizantha</i> (Marandu)	Piracicaba SP	20,2				Mari, 2003

Continua...

Tabela 4 – Continuação.

Variedade	Região	Fitomassa seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Carbono total (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Referência
		aérea	raiz	total		
<i>Brachiaria brizantha</i> (Marandu)	Piracicaba SP	28,2				Mari, 2003
<i>Brachiaria brizantha</i> (Xarés)	Piracicaba SP	17,5	8,3	25,8		Detomini, 2004
<i>Brachiaria decumbens</i>	Paracatu MG	8,2			3,7	Tsukamoto Filho, 2003
<i>Brachiaria decumbens</i>	Paracatu MG	7,1				Tsukamoto Filho, 2003
<i>Brachiaria decumbens</i>	Anhembi SP	1,3	6,9	8,2		Szakacs, 2003
<i>Brachiaria decumbens</i>	Anhembi SP	8,7	9,1	17,8		Szakacs, 2003
<i>Brachiaria humidicola</i>	Samoa	10,5				Reynolds, 1978
Média		10,2	4,1	10,3	3,4	
DP		6,9	3,1	7,6	1,0	
capim vencedor		6,3				Carvalho et al., 1997
<i>Cynodon dactylon</i> (Tifton)	N. Odessa SP	5,7			3,7	Gutmanis, 2004
<i>Cynodon dactylon</i> (Tifton)	N. Odessa SP	8,5	2,9	11,4	2,0	Gutmanis, 2004
<i>Cynodon dactylon</i> (Tifton)	N. Odessa SP				2,0	Gutmanis, 2004
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	MG	5,8				Paulino, 2005
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (Coast)	Araçatuba SP	13,43				Soares Filho et al., 2002
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (Florico)	Araçatuba SP	11,98				Soares Filho et al., 2002
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (Florona)	Araçatuba SP	13,22				Soares Filho et al., 2002
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (Tifton 9)	Araçatuba SP	12,88				Soares Filho et al., 2002
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (Tifton)	Araçatuba SP	11,75				Soares Filho et al., 2002
<i>Cynodon nlemfuensis</i> (Tifton)	Araçatuba SP	14,03				Soares Filho et al., 2002
<i>Cynodon spp</i> (Tifton)	Araçatuba SP	14,67				Soares Filho et al., 2002
<i>Cynodon spp.</i> (Florakirk)	Araçatuba SP	12,56				Soares Filho et al., 2002
<i>Elyonurus muticus</i>	Nhecolândia MS	1,94	3,33			Rodrigues, 1999
<i>Festuca arundinacea</i> (festuca)	C. Leão RS	2,8				Rodrigues et al., 2002
<i>Holcus lanatus</i> (capim lanudo)	C. Leão RS	2,7				Rodrigues et al., 2002
<i>Hyparrhenia rufa</i>	MG	7,5				Paulino, 2005
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	C. Leão RS	4,6				Rodrigues et al., 2002
<i>Melinis minutiflora</i>	Oratórios MG	4,3	1,2	5,5	2,5	Queiroz et al., 2006
<i>Melinis minutiflora</i>	Oratórios MG	4,1	1	5,1	2,3	Queiroz et al., 2006
<i>Melinis minutiflora</i>	Oratórios MG	3	0,7	3,7	1,7	Queiroz et al., 2006
<i>Mesosetum chaseae</i>	Nhecolândia MS	0,5				Rodrigues, 1999
<i>P maximum</i> (Tanzânia)	N. Odessa SP	12,5	1,7	14,2	3,5	Gutmanis, 2004
<i>P maximum</i> (Tanzânia)	N. Odessa SP	9,6			5,2	Gutmanis, 2004
<i>P maximum</i> (Tanzânia)	N. Odessa SP				4,1	Gutmanis, 2004
<i>P. maximum</i> (Aruana)	N. Odessa SP	9,8	0,8	10,6	2,7	Gutmanis, 2004
<i>P. maximum</i> (Aruana)	N. Odessa SP	7,2			4,1	Gutmanis, 2004
<i>P. maximum</i> (Aruana)	N. Odessa SP				3,1	Gutmanis, 2004
<i>P. maximum</i> (Green Panic)	N. Odessa SP	11	0,6	11,6	3,2	Gutmanis, 2004
<i>P. maximum</i> (Green Panic)	N. Odessa SP	7,7			4,6	Gutmanis, 2004
<i>P. maximum</i> (Green Panic)	N. Odessa SP				2,9	Gutmanis, 2004
<i>P. maximum</i> (trichoglume)	Samoa	8,5				Reynolds, 1978
<i>Panicum maximum</i>	R. Preto SP	13,5				Eriksen e Whitney, 1981
<i>Panicum maximum</i>	Selvíria SP	8,2				Santos e Couto, 1990

Continua...

Tabela 4 – Continuação.

Variedade	Região	Fitomassa seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			Carbono total (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Referência
		aérea	raiz	total		
<i>Panicum maximum</i>	Belém (PA)	25,2				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Panicum maximum</i>	Belém (PA)	15,8				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Panicum maximum</i>	Belém (PA)	12,2				Simão Neto e Serrão, 1974
<i>Panicum maximum</i> (Mombaça)	S. A. Goiás GO	5,19				Braz et al., 2005
<i>Panicum maximum</i> (Tanzânia)	Araçatuba (SP)	13,84				Soares Filho et. al., 2002
<i>Panicum maximum</i> (Tobiatã)	MG	16,5				Paulino, 2005
Pastagem Tropical em Savana	África	14				Jackson et al., 1996
<i>Secale cereale L.</i> (BR-1)	C. Leão, RS	2,7				Rodrigues et al., 2002
<i>Setaria</i> (Kazungula)	MG	16,5				Paulino, 2005
Média		9,5	1,5	8,9	3,2	
DP		5,2	1,0	4,0	0,9	

DP = desvio padrão

Além da qualidade de manejo, as pastagens apresentam normalmente crescimento estacional, ou seja, sua produção de fitomassa varia ao longo do ano em função de alguns fatores de crescimento, tais como luminosidade, temperatura e, principalmente, disponibilidade de água nos solos.

• Eucalipto

Em estudos de silvicultura, a avaliação da fitomassa é feita quase que exclusivamente para estimar a produção para as indústrias de base florestal. Ainda assim, a grande maioria das estimativas têm sido feitas com base em determinações volumétricas dos fustes das árvores, as quais são convertidas em fitomassa e em carbono.

Atualmente, algumas empresas do setor florestal brasileiro estão incluindo suas florestas de eucalipto em projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) como meio de substituição de fonte energética. Nesse caso, o projeto entra na categoria de substituição de uso de recursos energéticos de origem fóssil por fontes energéticas renováveis ou de baixo potencial emissor, atendendo a um dos interesses prioritários para o âmbito nacional de projetos de MDL. Devido a uma maior disponibilidade de valores de carbono estocado na fitomassa, na cultura do eucalipto os valores da quantidade de carbono retido pela fitomassa foram retirados diretamente da literatura (tabela 5).

Tabela 5 – Valores encontrados na literatura da fitomassa aérea, radicular e carbono total da fitomassa seca de eucalipto (*Eucalyptus* spp) com idades entre 1 e 10 anos.

Espécie	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)		Carbono (t ha ⁻¹)	Referência
			aérea	raiz		
<i>Eucalyptus spp.</i>	1	Paracatu MG	4	3,5	4,3	Tsukamoto Filho, 2003
<i>Eucalyptus spp.</i>	1	Paracatu MG	3,8	4,6		Tsukamoto Filho, 2003
<i>E. camaldulensis</i>	1,3	Três Marias MG	7	5		Ladeira, 2001
<i>E. camaldulensis</i>	1,3	Três Marias MG	5,1	5,5		Ladeira, 2001

Continua...

Tabela 5 – Continuação.

Espécie	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)		Carbono (t ha ⁻¹)	Referência
			aérea	raiz		
<i>E. camaldulensis</i>	1,3	Três Marias MG	4	5,1		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	1,3	Três Marias MG	8,6	4,9		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	1,3	Três Marias MG	5,2	3		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	1,3	Três Marias MG	4,5	2,9		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	1,3	Três Marias MG	12,8	6,3		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	1,3	Três Marias MG	8,6	4,2		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	1,3	Três Marias MG	7,2	3,9		Ladeira, 2001
Média			6,4	4,4	4,3	
DP			2,8	1,1		
<i>Eucalyptus spp.</i>	2	Paracatu MG	17,3	7,9	7,1	Tsukamoto Filho, 2003
<i>E. grandis</i>	2,5	B. Despacho MG	25,7			Poggiani e Couto, 1983
<i>E. camaldulensis</i>	2,6	Três Marias MG	23	13,8		Ladeira, 2001
<i>E. camaldulensis</i>	2,6	Três Marias MG	19,3	15,5		Ladeira, 2001
<i>E. camaldulensis</i>	2,6	Três Marias MG	16,2	15,7		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	2,6	Três Marias MG	26	16,5		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	2,6	Três Marias MG	18,8	11,1		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	2,6	Três Marias MG	38,8	15,7		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	2,6	Três Marias MG	26,4	11,7		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	2,6	Três Marias MG	24,8	12		Ladeira, 2001
Média			23,6	13,3	7,1	
DP			6,6	2,9		
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva MG	27,47			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva MG	28,2			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva MG	35,52			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva MG	50,39			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva MG	32,45			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva MG	33,44			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva MG	43,22			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva MG	28,8			Assis, 1999
<i>Eucalyptus spp.</i>	3	Paracatu MG	30,4	10,7	14,8	Tsukamoto Filho, 2003
<i>E. torelliana</i>	3,2	Timóteo MG	41,81			Mollica, 1992
<i>E. citriodora</i>	3,2	Timóteo MG	34,32			Mollica, 1992
<i>E. camaldulensis</i>	3,4	Três Marias MG	35	18,2		Ladeira, 2001

Continua...

			aérea	raiz		
<i>E. camaldulensis</i>	3,4	Três Marias MG	30,1	20,6		Ladeira, 2001
<i>E. camaldulensis</i>	3,4	Três Marias MG	26,9	21,8		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	3,4	Três Marias MG	41,3	25,2		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	3,4	Três Marias MG	30,5	17		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	3,4	Três Marias MG	29	14,1		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	3,4	Três Marias MG	64,3	19,9		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	3,4	Três Marias MG	42,6	16,7		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	3,4	Três Marias MG	42,6	18		Ladeira, 2001

Continua...

Tabela 5 – Continuação.

Espécie	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)		Carbono (t ha ⁻¹)	Referência
			aérea	raiz		
<i>E. maculata</i>	3,5	Itamarandiba MG	16,29			Mollica, 1992
Média			35,5	18,2	14,8	
DP			10,1	4,0		
<i>E. urophylla</i>	4,1	Bocaiúva MG	44,19			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	4,1	Bocaiúva MG	58,03			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	4,1	Bocaiúva MG	71,32			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	4,1	Bocaiúva MG	82,45			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	4,1	Bocaiúva MG	62,72			Assis, 1999
<i>E. saligna</i>	4	Santa Maria RS	38,4	5,2		Andrae e Krapfenbauer, 1979
<i>E. globulus</i>	4	Butiá	66,3			Schumacher, 2003
<i>E. grandis</i>	4	Curvelo MG	58,78			Pereira, 1990
<i>E. urophylla</i>	4	Curvelo MG	57,44			Pereira, 1990
<i>E. urophylla</i>	4,1	Bocaiúva MG	63,15			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	4,1	Bocaiúva MG	83,52			Assis, 1999
<i>E. urophylla</i>	4,1	Bocaiúva MG	46,29			Assis, 1999
<i>Eucalyptus spp.</i>	4	Paracatu MG	42,8	12,6	21,1	Tsukamoto Filho, 2003
Média			59,6	8,9	22,1	
DP			14,3	5,2		
<i>Eucalyptus spp.</i>	5	Paracatu MG	54,5	13,8	28,5	Tsukamoto Filho, 2003
<i>E. grandis</i>	5,5	Carbonita MG	64,06	16		Ferreira, 1984
Média			59,3	14,9	28,5	
DP			6,8	1,6		
<i>Eucalyptus spp.</i>	6	Paracatu MG	65,5	14,6	45,3	Tsukamoto Filho, 2003
<i>E. grandis</i>	6	Campos RJ	52,7			Zaia e Gama, 2004
<i>E. grandis</i>	6	B. Desp. MG	85,3	12,7		Reis et al., 1985
<i>E. camaldulensis</i>	6	Campos RJ	56,3			Zaia e Gama, 2004
<i>E. grandis</i>	6	Viçosa MG			62,4	Paixão, 2006
<i>E. pellita</i>	6	Campos RJ	71,91			Zaia e Gama, 2004
Média			66,3	13,7	48,3	
DP			13,0	1,3	12,1	
<i>Eucalyptus spp.</i>	7	Paracatu MG	75,9	15,1	50,9	Tsukamoto Filho, 2003
<i>E. camaldulensis</i>	7	Três Marias MG	47,7	22,4		Ladeira, 2001
<i>E. camaldulensis</i>	7	Três Marias MG	46,1	21,3		Ladeira, 2001
<i>E. camaldulensis</i>	7	Três Marias MG	41,3	21,3		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	7	Três Marias MG	48,7	19,9		Ladeira, 2001
<i>E. pellita</i>	7	Três Marias MG	39	16,4		Ladeira, 2001
<i>E. grandis</i>	7	Carbonita MG			72,2	Reis et al., 1994
<i>E. pellita</i>	7	Três Marias MG	35,6	14,8		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	7	Três Marias MG	94,6	19,1		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	7	Três Marias MG	70,9	23,9		Ladeira, 2001
<i>E. urophylla</i>	7	Três Marias MG	63,9	22,7		Ladeira, 2001
<i>E. saligna</i>	7	Santa Branca SP	80,8			Vital et al., 1999
Média			58,6	19,7	61,6	
DP			19,6	3,3	15,1	

Tabela 5 – Continuação.

Espécie	Idade	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)		Carbono (t ha ⁻¹)	Referência
			aérea	raiz		
<i>E. citriodora</i>	8	Paraopeba MG	101,9			Morais, 1988
<i>E. grandis</i>	8	Barra do Riacho ES	112,2			Maestri et al., 2004
<i>E. cloeziana</i>	8	Paraopeba MG	120			Morais, 1988
<i>E. saligna</i>	8	Paraopeba MG	154,6			Morais, 1988
<i>E. grandis</i>	8	Paraopeba MG	128,4			Morais, 1988
<i>E. saligna</i>	8	Santa Maria RS	124,7	9,5		Andrae e Krapfenbauer, 1982
<i>Eucalyptus spp.</i>	8	Paracatu MG	85,9	15,3	44,1	Tsukamoto Filho, 2003
Média			118,2	12,4	44,1	
DP			21,7	4,1		
<i>E. grandis</i>	10	Itirapina SP	183,6			Silva, 1983
<i>E. saligna</i>	10	Itirapina SP	184,2			Silva, 1983
<i>Eucalyptus spp.</i>	10	Paracatu MG	105	15,4	52,9	Tsukamoto Filho, 2003
<i>E. propinqua</i>	10	Itirapina SP	103,2			Silva, 1983
<i>E. dunnii</i>	10	Itirapina SP	150,5			Silva, 1983
<i>E. robusta</i>	10	Itirapina SP	134,1			Silva, 1983
Média			143,4	15,4	52,9	
DP			36,1			

DP = desvio padrão

Estimativas precisas da fitomassa dos compartimentos da planta de eucalipto (raízes, folhas, galhos, etc.), também são poucos, e obtidos normalmente de forma indireta.

A maioria dos trabalhos que tem o objetivo de quantificar a fitomassa normalmente só obtém os dados da parte aérea, uma vez que, de modo geral, é onde se concentra a maior parte da fitomassa e também pelas dificuldades na amostragem de raízes, que podem penetrar em consideráveis profundidades nos solos e se estenderem lateralmente por grandes distâncias. Para estimar os valores da fitomassa e do carbono total em t ha⁻¹ano⁻¹, elaborou-se a tabela 6.

Deve-se considerar que o “seqüestro” de carbono por culturas perenes apresenta vantagens comparativas, pois, além de estocar o carbono por longo período de tempo, a exploração econômica dessas culturas não necessariamente termina com o corte da madeira, o que provavelmente leva à emissão de CO₂ para a atmosfera.

• Seringueira

Os dados de fitomassa e carbono da seringueira são escassos. Porém, a demanda por informações sobre o seqüestro de carbono tem possibilitado o surgimento de publicações, tal como a obra “Seqüestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural”, editada por Alvarenga e Carmo, (2006) da qual foram retirados os dados de fitomassa e carbono desse trabalho, que são apresentados na tabela 7 abaixo.

Tabela 6 – Valores médios da fitomassa seca aérea, radicular e do carbono total (apresentados na tabela 5) de eucalipto (*Eucalyptus* spp) com idades entre 1 e 10 anos.

Idade	Raiz		aéreo		Planta toda			
	Fitomassa (t ha ⁻¹)	Fitomassa (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Fitomassa (t ha ⁻¹)	Fitomassa (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Fitomassa (t ha ⁻¹)	Fitomassa (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Carbono (t ha-1)	Carbono (t ha-1ano-1)
1	4,4	4,4	6,4	6,4	10,8	10,8	4,3	4,3
2	13,3	6,6	23,6	11,8	26,9	13,5	7,1	3,6
3	18,2	6,1	35,5	11,8	53,7	17,9	14,8	4,9
4	8,9	2,2	59,6	14,9	68,5	17,1	21,1	5,5
5	14,9	2,9	59,3	11,9	74,2	14,8	28,5	5,7
6	13,7	2,3	66,3	11,1	80,0	13,3	48,3	8,1
7	19,7	2,8	58,6	8,4	78,3	11,2	61,6	9,6
8	12,4	1,6	118,2	14,8	130,6	16,3	44,1	5,5
10	15,4	1,5	143,4	14,3	158,8	15,9	52,9	5,3
Média	13,4	3,4	63,4	11,7	75,8	14,5	31,4	5,8
Total	4,6	1,9	43,4	2,9	46,2	2,5	21,0	1,9

Tabela 7 – Valores encontrados na literatura da fitomassa seca aérea e radicular e do carbono total de variedades de seringueira (*Hevea sp*) com idades entre 4 e 34 anos.

Variedade	Idade (anos)	Região	Fitomassa (t ha ⁻¹)			Fitomassa Total (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Carbono total		Referência
			Aérea	raiz	Total		(t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	(t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	
PB 235	4	Paranapoema PR			12	3	7	1,8	Oliveira et al., 2006
PB 235	6	Paranapoema PR			34	5,7	21	3,5	Oliveira et al., 2006
<i>Hevea sp</i>	12	Oratórios MG	87,6	35,4	123	9,7	62,1	6	Fernandes et al 2007
PB 235	15	Paranapoema PR			146	10,3	90	5,2	Oliveira et al., 2006
RRIM 600	15	Oratórios MG	132,5	31,6	165,5	11,0	73,6	4,9	Carmo et al., 2006
PB 235	15	Bebedouro SP	93,6	13,4	107	7,1			Pereira e Ramos, 2004
IAN 873	20	Oratórios MG	92,5						Carmo et al., 2004
IAN 873	20	Oratórios MG	117,2	48,5	165,7	8,3	74,7	3,7	Carmo et al., 2006
IAN 873	20	Oratórios MG	128,2						Carmo et al., 2004
IAN 873	20	Oratórios MG	131,5						Carmo et al., 2004
IAN 873	25	Oratórios MG			323,4	12,9			Alvarenga et al 2003
RRIM 600	25	Oratórios MG			345	13,8			Alvarenga et al 2003
<i>Hevea sp</i>	30	Indonésia					92,8	3,1	Rahaman e Sivakumaran 1998
FX 2261	34	Igrapiuna BA	136,8	32,5	169,3	4,9	84,7	2,5	Jacovine et al., 2006
Média						8,7		3,8	
DP						3,3		1,3	

DP = desvio padrão

Plantios de seringueiras representam elevados ganhos ambientais, uma vez que se trata de uma cultura que poderá contribuir para a redução do efeito estufa. A fixação de carbono, durante cada ciclo de crescimento da planta, é representada pelo aumento em fitomassa dos produtos madeireiros e não-madeireiros, os quais têm diferentes dinâmicas de crescimento.

A seringueira, além de ser uma espécie que apresenta um ciclo de produção longo e, portanto, acumula carbono por mais tempo, produz ainda o látex, que é muito utilizado mundialmente. Nesse contexto, um programa de expansão da área plantada com seringueiras representaria um esforço expressivo, em termos ambientais, uma vez que, além de contribuir para o seqüestro do carbono da atmosfera, a cultura pode ser considerada uma espécie florestal, pois ao final de seu ciclo produtivo de cerca de 30 anos, sua madeira pode ser utilizada para diversos fins, como fabricação de móveis, caixotes, utensílios de cozinha, construção civil e outros.

Deve-se ressaltar ainda que a seringueira é uma das opções mais viáveis para a consorciação em sistema de agrofloresta, pois, além de proporcionar uma sombra de qualidade, é uma espécie de alto valor econômico e ecológico. A adoção desse sistema não implica somente em uma alternativa econômica, social e ambiental, mas também é uma das técnicas agrícolas mais adequadas para o aprisionamento do carbono tanto na fitomassa como na serrapilheira.

- **Culturas anuais - soja e milho**

A soja e o milho foram as espécies escolhidas para representar as culturas anuais do Estado de São Paulo, pois são as culturas mais representativas. Os valores da fitomassa aérea e radicular são apresentados na tabela 8.

Comumente encontrados na literatura são os valores do peso seco dos grãos, que representam os dados de produtividade de ambas as culturas. Entretanto, os dados da fitomassa aérea, como caule, ramos e folhas, são poucos e normalmente publicados em trabalhos que envolvem o cultivo em rotação ou consorciação de culturas e plantio direto. O sucesso dessas técnicas de cultivo está no fato de as palhadas acumuladas pelas culturas de cobertura e restos culturais de lavouras comerciais propiciarem ambientes favoráveis à recuperação e à manutenção da qualidade do solo.

Os dados de fitomassa das raízes de ambas as espécies são ainda mais escassos e publicados principalmente em trabalhos que envolvem o cultivo em rotação ou consorciação de culturas.

Tabela 8 – Valores encontrados na literatura da fitomassa seca aérea, radicular e do carbono total da fitomassa seca de variedades de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*).

Variedade	Região	Fitomassa seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Referência
		Ramos e folhas	grãos	Aéreo	raiz	
SOJA						
Glicyne max	Jari RS	2,2	3,5	5,7		Nicoloso et al., 2002
Iac 20	Jaboticabal SP			10,1		Schöffel e Volpe, 2001
Douraos	Jaboticabal SP			10,7		Schöffel e Volpe, 2001
IAC 82	Jaboticabal SP			10,6		Schöffel e Volpe, 2001
XB 8010	Selvíria MS			6,9		Suzuki e Alves, 2006
Glicyne max	Selvíria MS			10		Suzuki e Alves, 2006
Celeste	Seropédica RJ			9,2		Padovan et al., 2005
Glicyne max	Haleigh USA			7,6		Henderson e Kamprath, 1970
Glicyne max	Haleigh USA			12,4		Henderson e Kamprath, 1970
IAC 9	Campinas SP			8		Paulo et al., 2001
IAC 9	Campinas SP			2		Paulo et al., 2001
IAC 9	Campinas SP			5		Paulo et al., 2001
Soja 8100	Santiago RS	6	2,4			Gomes, 2007
Soja 8100	Santiago RS	7,8	3,4			Gomes, 2007
Celeste	Seropédica RJ			9,2		Padovan et al., 2005
Soja 8100	Santiago RS	8,3	3,3			Gomes, 2007
Soja 8100	Santiago RS	8,1	3,3			Gomes, 2007
Soja 8100	Santiago RS	5,9	2,4			Gomes, 2007
Anta	Santiago RS	5,9	2,4			Gomes, 2007
Paranaíba	Lavras MG			3,3		Rezende et al., 2000
ICA 8	Lavras MG			5,4		Rezende et al., 2000
Doko	Lavras MG			6,3		Rezende et al., 2000
Anta	Santiago RS	7,7	3,7			Gomes, 2007
Anta	Santiago RS	8	3,8			Gomes, 2007
Anta	SantiaRS	6,8	3,2			Gomes, 2007
Anta	Santiago RS	5,9	2,8			Gomes, 2007
Glicyne max	Uberlândia	10,5				Lilienfein e Wilcke 2003
Glicyne max	Uberlândia	7,8				Lilienfein e Wilcke 2003
BR 16	Santa Maria RS	12,7	2,9			Manfron et al., 2004
BR 16	Santa Maria RS	14	3,8			Manfron et al., 2004
BR 16	Santa Maria RS	13,6	3,6			Manfron et al., 2004
BR 16	Santa Maria RS	13,6	3,6			Manfron et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,2	3,2		3,5	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,4	3,4		3,5	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,5	3,2		3,1	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,3	3,5		3,1	Herzppg et al., 2004
Coodetec 205	Santa Maria RS	9,9	2,4			Kuss, 2006
Coodetec 205	Santa Maria RS	9,2	2,9			Kuss, 2006
Coodetec 205	Santa Maria RS	9,6	2,6			Kuss, 2006
Coodetec 205	Santa Maria RS	10,8	3,2			Kuss, 2006
Coodetec 205	Santa Maria RS	12,9	3,4			Kuss, 2006

Continua...

Tabela 8 – Continuação.

Variedade	Região	Fitomassa seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Referência
		Ramos e folhas	grãos	Aéreo	raiz	
Coodetec 205	Santa Maria RS	11,2	3,3			Kuss, 2006
Coodetec 205	Santa Maria RS	11,7	2,9			Kuss, 2006
Coodetec 205	Santa Maria RS	10,6	2,8			Kuss, 2006
Coodetec 205	Santa Maria RS	11,9	2,8			Kuss, 2006
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,3	3, 2		2,8	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,3	3,5		2,5	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,4	2,8		3,1	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,5	3		2,8	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,3	3		2,6	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,6	3,1		2,4	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,4	3		2,2	Herzppg et al., 2004
FEPAGRO RS10	Eldorado do Sul RS	2,2	3,1		2,3	Herzppg et al., 2004
MG/BRS-66	Selvíria MS	5,2	3,5			Guimarães et al., 2003
MG/BRS-66	Selvíria MS	4,8	3,8			Guimarães et al., 2003
MG/BRS-66	Selvíria MS	5,2	3,8			Guimarães et al., 2003
Pintado	Selvíria MS	6,9				Suzuki e Alves, 2006
Pintado	Selvíria MS	10				Suzuki e Alves, 2006
MG/BRS-66	Selvíria MS	4,7	3,4			Guimarães et al., 2003
MG/BRS-66	Selvíria MS	5,2	3,5			Guimarães et al., 2003
MG/BRS-66	Selvíria MS	5	3,6			Guimarães et al., 2003
MG/BRS-66	Selvíria MS	4,9	3,8			Guimarães et al., 2003
Média		6,8	3,1	7,4	2,7	
DP		3,7	0,6	3,0	0,8	
MILHO						
Exceler HT 870	Ituverava SP	10,5	9,7	20,2	2,1	Bernardes, 2003
C-701	Ribeirão Preto SP		7,9	29		Wutke et al., 2003
C-701	Ribeirão Preto SP		5,5	19		Wutke et al., 2003
C-701	Ribeirão Preto SP		5,7	23,2		Wutke et al., 2003
Dina 170	Lavras MG			12,4		Oliveira et al., 2003
Dina 170	Lavras MG			11,7		Oliveira et al., 2003
Dina 170	Lavras MG			12,1		Oliveira et al., 2003
HT BRS 3150	Sto. A. Goiás GO			19,7		Braz et al., 2005
Zea mays spp	Jari RS	9,1	8,0	17,1		Nicoloso et al., 2002
Pioneer 3063	Eldorado do Sul, RS			20,0		Müller e Bergamaschi, 2005
Pioneer 3063	Eldorado do Sul, RS			14,5		Müller e Bergamaschi, 2005
DKB 333 B	Passos, MG		6,7			Camargo e Piza, 2007
Cargill-901	Rio Verde, GO		6,3			Pasqualetto e Costa, 2001
TORK	Mariópolis, PR			15,8		Lupatini et al., 2004
FLASH	Mariópolis, PR			14,1		Lupatini et al., 2004
TRAKTOR	Mariópolis, PR			13,2		Lupatini et al., 2004
ATTACK	Mariópolis, PR			16,7		Lupatini et al., 2004
P 3021	Mariópolis, PR			15,5		Lupatini et al., 2004
P 3081	Mariópolis, PR			14,6		Lupatini et al., 2004

Continua...

Tabela 8 – Continuação.

Variedade	Região	Fitomassa seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Referência
		Ramos e folhas	grãos	Aéreo	raiz	
P 32R21	Mariópolis, PR			14,7		Lupatini et al., 2004
P 30F33	Mariópolis, PR			17,2		Lupatini et al., 2004
AG 5011	Mariópolis, PR			14,7		Lupatini et al., 2004
AG 6018	Mariópolis, PR			17,5		Lupatini et al., 2004
AG 9090	Mariópolis, PR			16,4		Lupatini et al., 2004
C 806	Mariópolis, PR			12,8		Lupatini et al., 2004
C 901	Mariópolis, PR			14,3		Lupatini et al., 2004
D 766	Mariópolis, PR			13,8		Lupatini et al., 2004
AS 32	Mariópolis, PR			13,6		Lupatini et al., 2004
AG1051	Piracicaba SP	12,3	7,3	19,6	3,1	Palhares, 2003
AG1051	Piracicaba SP	24,4	11,4	35,8	3,5	Palhares, 2003
AG1051	Piracicaba SP	9,3	7,6	16,9	3,4	Palhares, 2003
AG1051	Piracicaba SP	20,9	9,5	30,4	3,6	Palhares, 2003
AG7575	Piracicaba SP	12,9	6,1	19	5,4	Palhares, 2003
AG7575	Piracicaba SP	26,6	10,4	37	7,4	Palhares, 2003
AG7575	Piracicaba SP	11,7	6,4	18,1	3,7	Palhares, 2003
AG7575	Piracicaba SP	24,4	9,9	34,3	6,3	Palhares, 2003
DKB 911	Piracicaba SP	11,5	6,5	18	4	Palhares, 2003
DKB 911	Piracicaba SP	21,2	11,2	32,4	5,7	Palhares, 2003
DKB 911	Piracicaba SP	13,5	7,1	20,6	4,9	Palhares, 2003
DKB 911	Piracicaba SP	23,2	12	33,2	7,4	Palhares, 2003
Média		16,5	8,2	19,5	4,7	
DP		6,5	2,1	7,2	1,7	

DP = desvio padrão

Os valores de carbono aprisionado nos distintos compartimentos da planta de soja e milho são inexistentes. Diante disso, os valores de carbono total foram estimados com base na literatura em 50% (citada em Materiais e Métodos). O valor do desvio padrão foi elevado, pois o milho apresenta valores de fitomassa bem maiores que a soja (tabela 9).

Tabela 9 – Valores médios da fitomassa (retirados da tabela 8) e do carbono de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*).

Espécie	Fitomassa seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)					Carbono total (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)
	Ramos e folhas	grãos	Aéreo	raiz	Planta toda	
Soja	6,8	3,1	7,4	2,7	10,1	5,1
Milho	16,5	8,2	19,5	4,7	24,2	12,1
Média	11,7	5,7	13,5	3,7	17,2	8,6
DP	6,9	3,6	8,6	1,4	10,0	5,0

DP = desvio padrão

Valores de fitomassa e carbono de citros (*Citrus sinensis*), café (*Coffea arabica*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) obtidos diretamente no campo

• **Citros**

Os valores da fitomassa e do carbono dos citros não foram encontrados na literatura. As determinações da fitomassa das variedades natal e valência foram obtidas diretamente no campo (tabelas 10 e 11). Por serem dados inéditos, os valores encontrados apresentam certa importância científica. Principalmente por se tratar de plantas adultas e com sistema radicular extenso e profundo.

A partir da fitomassa fresca determinada no campo, obteve-se a percentagem de fitomassa seca determinada em laboratório:

- raiz – 58%
- tronco – 72%
- galhos e folhas – 69%
- frutos – 17%

Com a obtenção dos valores da fitomassa seca das amostras foi possível determinar a fitomassa seca total das partes das plantas de citros.

Tabela 10 – Valores da fitomassa fresca e seca das partes de 12 plantas de citrus (*Citrus sinensis*) variedade Natal enxertada em limão cravo (*Citrus limonia*) com idade de 7 anos e plantadas em espaçamento de 7 x 4 m.

Número de indivíduos	Fitomassa (kg)									
	Raiz		Tronco		Galhos e folhas		Frutos		Planta toda	
	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca
Planta 1	29,2	16,9	10,5	7,6	67,8	46,8	75,9	12,9	183,4	84,2
Planta 2	28,7	16,6	11	7,9	46,9	32,4	77,5	13,4	164,1	70,1
Planta 3	28,4	16,4	12,7	9,1	61,5	42,4	67,8	11,5	170,4	79,6
Planta 4	37,1	21,5	11,3	8,1	56	38,6	52,6	8,9	157	77,2
Planta 5	33,4	19,3	8	5,8	54,7	37,7	73,3	12,5	169,4	75,3
Planta 6	24,7	14,3	8,5	6,1	45,5	31,4	57,2	9,7	135,9	61,6
Planta 7	25,9	15,0	9,1	6,6	53,7	37,1	61,1	10,4	149,8	69,0
Planta 8	22,7	13,2	8,2	5,9	43,3	29,9	57,5	9,8	131,7	58,7
Planta 9	27,6	16,0	10,7	7,7	62	42,9	69,1	11,7	169,4	78,2
Planta 10	22,1	12,8	8,3	5,9	50,3	34,7	49	8,3	129,7	61,8
Planta 11	40,4	23,432	11,8	8,5	64,7	44,6	77,4	13,2	194,3	89,7
Planta 12	28,7	16,6	10,5	7,56	55,9	38,6	67,2	11,4	162,3	74,2
Média	29,1	16,9	10,1	7,2	55,2	38,1	65,2	11,1	159,8	73,3
± DP	± 5,3	± 3,2	± 1,5	± 1,1	± 7,5	± 5,4	± 9,4	± 1,7	± 19,2	± 9,5

DP = ± desvio padrão

Determinação da fitomassa seca ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) e do carbono total ($tha^{-1}ano^{-1}$):

O espaçamento da cultura no campo é igual a 7x4m; desta forma cabem 350 plantas/ha. Portanto a multiplicação da fitomassa seca total (73,3 kg) pelo número de plantas por hectare (350) resulta em 25,7 $t\ ha^{-1}$ de fitomassa seca

total ou 3,8 t de fitomassa por ha⁻¹ ano⁻¹. Como os valores de carbono total foram estimados com base na literatura em 50% (citado em materiais e métodos), o valor do carbono total é: 1,9 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 11 – Valores da fitomassa fresca e seca das partes de 8 plantas de citrus (*Citrus sinensis*) variedade Valência enxertada em limão cravo (*Citrus limonia*) com 18 anos plantadas em espaçamento de 7 x 4m.

Número de indivíduos	fitomassa (kg)									
	raiz		tronco		Galhos e folhas		frutos		Planta toda	
	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca
Planta 1	112,8	65,4	34,3	24,7	253,5	174,9	170,2	28,9	570,8	294,0
Planta 2	91,4	53,0	37	26,6	219,9	151,7	143,1	24,3	491,4	255,7
Planta 3	88,1	51,1	31,5	22,7	202,2	139,5	129,3	22,0	451,1	235,3
Planta 4	122,4	71,0	36,6	26,4	262	180,8	168,3	28,6	589,3	306,7
Planta 5	106,8	61,9	33,7	24,3	242,7	167,5	162	27,5	545,2	281,2
Planta 6	98,4	57,1	32,1	23,1	244,7	168,8	166,9	28,4	542,1	277,4
Planta 7	91,1	52,8	28,3	20,4	217	149,7	142,5	24,2	478,9	247,2
Planta 8	100,5	58,3	32,8	23,6	231,1	159,5	152,6	25,9	517	267,3
Média	101,4	58,8	33,3	24,0	234,1	161,6	154,4	26,2	523,2	270,6
± DP	± 11,9	± 6,9	± 2,8	± 2,0	± 20,2	± 14,0	± 14,9	± 2,5	± 47,3	± 24,0

DP = ± desvio padrão

Determinação da fitomassa seca (t ha⁻¹ ano⁻¹) e do carbono total (t ha⁻¹ano⁻¹):

O espaçamento da cultura no campo é igual a 7x4m; desta forma cabem 350 plantas/ha. Portanto a multiplicação da fitomassa seca total (270,6 kg) pelo número de plantas por hectare (350) resulta em 94,7 t ha⁻¹ de fitomassa seca total ou 5,3 t de fitomassa por ha⁻¹ ano⁻¹. Como os valores de carbono total foram estimados com base na literatura em 50% (citado em materiais e métodos), o valor do carbono total é: 2,7 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Valor médio entre a fitomassa seca e carbono das variedade Natal com idade de sete anos e variedade Valência com 18 anos:

$$\text{Fitomassa} = 4,6 (\pm 1,1) \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$$

$$\text{Carbono} = 2,3 (\pm 0,6) \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}.$$

• Café

Os valores da fitomassa e do carbono aéreo de plantas adultas de café também são inéditos na literatura. Os valores obtidos nesse trabalho são apresentados na tabela 12.

A partir da fitomassa fresca determinada no campo, obteve-se a percentagem de fitomassa seca determinada em laboratório:

tronco – 63%

galhos grossos – 61%

galhos finos – 57%

folhas – 32%

frutos – 42%

Com a obtenção dos valores da fitomassa seca das amostras, foi possível determinar a fitomassa seca total das partes aéreas das plantas de café.

Tabela 12 – Valores da fitomassa fresca e seca das partes de nove plantas de café (*Coffea arabica*) variedade Catuai, pés francos com idade de 15 anos de plantio (recepados há seis anos) em espaçamento de 4 x 2 m.

Número de indivíduos	Fitomassa (kg)												
	Tronco		Galhos grossos		Galhos finos		Folhas		Frutos		Parte Aérea Total		
	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca	fresca	seca	*seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Planta 1	2,5	1,6	1,9	1,2	3,2	1,8	1,2	0,4	8,3	3,5	17,1	8,5	3,6
Planta 2	2,4	1,5	4,4	2,7	5,4	3,1	2,3	0,7	12,6	5,3	27,1	13,3	5,6
Planta 3	2,9	1,8	2,1	1,3	3,3	1,9	1,3	0,4	8,5	3,6	18,1	9	3,8
Planta 4	2,6	1,6	2,5	1,5	4,3	2,5	1,4	0,4	10,4	4,4	21,2	10,4	4,3
Planta 5	3,1	2,0	4,0	2,4	6,7	3,8	2,7	0,9	8,5	3,6	25	12,7	5,3
Planta 6	2,7	1,7	2,9	1,8	4,5	2,6	1,9	0,6	11,4	4,8	23,4	11,5	4,8
Planta 7	2,1	1,3	2,2	1,3	3,4	1,9	1,1	0,4	7,3	3,1	16,1	8	3,3
Planta 8	2,3	1,4	1,6	1,0	2,7	1,5	1	0,3	9,7	4,1	17,3	8,3	3,5
Planta 9	2,7	1,7	2,6	1,6	2,5	1,4	0,9	0,3	11,9	5	20,6	10	4,2
Média	2,6	1,6	2,7	1,6	4	2,3	1,5	0,5	9,8	4,2	20,7	10,2	4,3
± DP	± 0,3	± 0,2	± 0,9	± 0,6	± 1,4	± 0,8	± 0,6	± 0,2	± 1,8	± 0,8	± 4,0	± 2,0	± 0,8

DP = ± desvio padrão

*no espaçamento 4x2m (com duas plantas por cova) cabem 2500 plantas ha⁻¹. A parte aérea tem idade de seis anos.

Não foi possível a avaliação do sistema radicular do cafeeiro no campo. A ausência de umidade no período de avaliação prejudicaria a obtenção de resultados confiáveis. Dessa forma, os valores da fitomassa da raiz das plantas de café foram obtidos nos dois únicos trabalhos de avaliação da fitomassa radicular do cafeeiro adulto, realizados por Franco e Inforzato, (1946) e Inforzato e Reis, (1963) conforme tabela 13.

Tabela 13 – Valores da fitomassa fresca e seca das raízes de plantas de café (*Coffea arabica*) baseados nos trabalhos de Franco e Inforzato, (1946) e Inforzato e Reis, (1963).

Variedade	Idade (anos)	Região	Fitomassa radicular			Referência
			Fresca (t ha ⁻¹)	seca (t ha ⁻¹)	Seca (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	
<i>Coffea arabica spp</i>	*	Campinas SP	8,9	5,3	0,9	Franco e Inforzato, 1946
<i>Coffea arabica spp</i>	*	R. Preto SP	13,8	8,3	1,4	Franco e Inforzato, 1946
<i>Coffea arabica spp</i>	*	Pindorama SP	7,7	4,6	0,8	Franco e Inforzato, 1946
<i>Coffea arabica spp</i>	*	Amparo SP	16,7	10,0	1,7	Franco e Inforzato, 1946
<i>Coffea arabica spp</i>	*	Jaú SP	13,4	8,0	1,3	Franco e Inforzato, 1946
Bourbon amarelo	6	Rib. Preto SP	13	7,8	1,3	Inforzato e reis, 1963
Mundo novo	6	Rib. Preto SP	15,4	9,2	1,5	Inforzato e reis, 1963
Média			12,7	7,6	1,3	
DP			3,0	2,0	0,3	

DP = desvio padrão

* Como não foi mencionada a idade das plantas, considerou-se as mesmas com seis anos, pois segundo Franco e Inforzato, (1946) considera-se que a partir dessa idade o sistema radicular já está todo formado e atinge o pleno desenvolvimento.

O valor da fitomassa seca aérea (4,3 t ha⁻¹ ano⁻¹). adicionado ao valor da fitomassa seca radicular (1,3 t ha⁻¹ ano⁻¹) obtida por Franco e Inforzato, (1946) e Inforzato e Reis, (1963), resulta em 5,6 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Como os valores de carbono total foram estimados com base na literatura em 50%, o resultado é: 2,8 t ha⁻¹ ano⁻¹.

• Cana-de-açúcar

Apesar da extensa literatura com os valores da fitomassa de cana-de-açúcar (tabela 2), optou-se pelo levantamento dos valores da fitomassa diretamente no campo devido a enorme variação dos valores da fitomassa das raízes dessa cultura apresentados na literatura, além do objetivo de obtenção dos valores de fitomassa seca e carbono (inédito) dos demais compartimentos da cana-de-açúcar.

Os valores da fitomassa aérea são apresentados na tabela 14. Não foi possível a avaliação do sistema radicular da cultura da cana-de-açúcar no campo. A ausência de umidade no período de avaliação prejudicou a obtenção de resultados confiáveis. A quantidade de raízes obtidas foi ínfima e com sinais de inatividade (aparentemente mortas). De acordo com Vasconcelos (1998), o estudo do sistema radicular depende da condição *in situ*. Os resultados podem variar de acordo com a variedade estudada e seu manejo, com a umidade do solo, com o tipo de solo e suas condições físico-químicas, com os ciclos da cultura e com os sistemas de colheita. O mesmo autor observou, que no período da seca havia predominância de raízes aparentemente mortas em relação às vivas.

A partir da fitomassa fresca determinada no campo, obteve-se a percentagem de fitomassa seca determinada em laboratório:

- Colmos - 32,5%
- Ponteiro - 26,8%
- Folhas secas - 92%
- Raízes - 100%

Tabela 14 – Valores da fitomassa do colmo, palha (ponteiro e folhas) e parte aérea total de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) variedade RB86 7515 com idades de um (cana planta), dois e quatro anos obtidos diretamente no campo (material fresco) e após secagem em laboratório (material seco).

Idade da planta	nº amostragem	Partes da planta	Material fresco (t/ha)	Material seco (t/ha)
1º corte (cana planta)	1	Colmo	130,4	43,032
		Ponteiro	14	3,78
		Folhas secas	6,2	5,704
		Parte aérea total	150,6	52,5
	2	Colmo	117,9	38,907
		Ponteiro	17,4	4,698
		Folhas secas	8,4	7,728
		Parte aérea total	143,7	51,3
	3	Colmo	122,5	40,425
		Ponteiro	12,2	3,294
		Folhas secas	7,9	7,268
		Parte aérea total	142,6	51,0
	4	Colmo	126,1	41,613
		Ponteiro	16,8	4,536
		Folhas secas	5,8	5,336
		Parte aérea total	148,7	51,5
Média parte aérea (cana planta) ± DP			146,4 ± 3,9	51,6 ± 0,6

Tabela 14 – Continuação.

Idade da planta	nº amostragem	Partes da planta	Material fresco (t/ha)	Material seco (t/ha)
2º corte	1	Colmo	78,3	25,839
		Ponteiro	14,3	3,861
		Folhas secas	8,4	7,728
		Parte aérea total	101	37,4
	2	Colmo	98,3	32,439
		Ponteiro	11,4	3,078
		Folhas secas	5,9	5,428
		Parte aérea total	115,6	40,9
	3	Colmo	106	34,98
		Ponteiro	13	3,51
		Folhas secas	7,7	7,084
		Parte aérea total	126,7	45,6
	4	Colmo	80,5	26,565
		Ponteiro	13,9	3,753
		Folhas secas	7	6,44
		Parte aérea total	101,4	36,8
Média parte aérea (2º corte) ± DP			111,2 ± 12,4	40,2 ± 4,0
3º corte	1	Colmo	62,2	20,526
		Ponteiro	17,3	4,671
		Folhas secas	8,1	7,452
		Parte aérea total	87,6	32,6
	2	Colmo	73,7	24,321
		Ponteiro	16,3	4,401
		Folhas secas	9,7	8,924
		Parte aérea total	99,7	37,6
	3	Colmo	59,7	19,701
		Ponteiro	13,1	3,537
		Folhas secas	6,9	6,348
		Parte aérea total	79,7	29,6
	4	Colmo	75,3	24,849
		Ponteiro	15,5	4,185
		Folhas secas	7,8	7,176
		Parte aérea total	98,6	36,2
Média parte aérea (3º corte) ± DP			91,4 ± 9,5	34 ± 3,6
MÉDIA GERAL PARTE AÉREA ± DP			116,3 ± 27,9	41,9 ± 8,9

DP = ± desvio padrão

Variação dos valores de fitomassa seca, do carbono e do CO₂ imobilizado em função do uso e cobertura das terras no nordeste do estado de São Paulo nos anos de 1988 e 2003

De posse dos valores médios do carbono total de cana-de-açúcar, pastagem (*Brachiaria spp*), eucalipto, café, seringueira e culturas anuais (soja e milho) estimou-se os valores do CO₂ imobilizados por esses agroecossistemas (tabela 15).

Para a conversão de carbono em CO₂, considerou-se uma tonelada de carbono correspondente a 3,67 toneladas de CO₂, pois sabe-se que um átomo de C tem um peso atômico de 12 e o oxigênio de 16, assim 1 t de C corresponde a 3,67 t de CO₂.

Os maiores valores de fitomassa seca, carbono e CO₂ imobilizados em (t ha⁻¹ ano⁻¹) em ordem decrescente foram obtidos pelos agroecossistemas: cana-de-açúcar, culturas anuais (soja e milho), eucalipto, seringueira, pastagem (*Brachiaria spp*), café e citros (tabela 15).

Tabela 15 - Valores médios da fitomassa seca, do carbono da planta toda e do CO₂ imobilizado nos agroecossistemas de cana-de-açúcar, pastagem (*Brachiaria spp*), eucalipto, seringueira, culturas anuais (soja e milho), citros e café.

Agroecossistema	Fonte dos dados	Fitomassa toda planta (t ha ⁻¹ ano ⁻¹) ± DP	Carbono toda planta (t ha ⁻¹ ano ⁻¹) ± DP	*CO ₂ imobilizado em toda planta (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Cana-de-açúcar	Literatura	58,4 ± 11,9	29,2 ± 5,9	107,2
Pastagem	Literatura	8,9 ± 4,0	3,2 ± 0,9	11,7
Eucalipto	Literatura	14,5 ± 2,5	5,8 ± 1,9	21,3
Seringueira	Literatura	8,7 ± 3,3	3,8 ± 1,3	13,9
C. A. (Soja e Milho)	Literatura	17,2 ± 10,0	8,6 ± 5,0	31,6
Citros	Campo	4,6 ± 1,1	2,3 ± 0,6	8,4
Café	Campo e Lit.	5,6 ± 0,8	2,8 ± 0,4	10,3

DP = ± desvio padrão

Dentre os agroecossistemas, destaca-se o valor alcançado pela cana-de-açúcar que é 3,5 vezes maior que o resultado obtido pelas culturas anuais, que apresentam o segundo melhor desempenho. O carbono aprisionado tanto pela cana quanto pelas culturas anuais são liberados anualmente quando da sua colheita e decomposição dos restos vegetais, enquanto culturas perenes mantém esse carbono aprisionado por muito mais tempo. No caso das seringueiras, por mais de 40 anos.

Deve-se considerar também que os agroecossistemas com espécies lenhosas, principalmente os citros, possuem em suas entrelinhas, muitas vezes de até 5,0 metros de largura, uma formação de gramíneas, principalmente *Brachiaria spp*, que poderia entrar no cálculo de carbono acumulado por área. Assim, o acúmulo de carbono em t ha⁻¹ ano⁻¹ seria maior no agroecossistema citrícola.

As tabelas 16, 17 e 18 apresentam os valores de fitomassa seca do carbono e do CO₂ imobilizado nos distintos agroecossistemas durante os anos de 1988 e 2003, no nordeste do estado de São Paulo.

Tabela 16 - Alternância dos valores de fitomassa seca total imobilizada (t ano⁻¹) nas áreas ocupadas pelos agroecossistemas com cana-de-açúcar, pastagem (*Brachiaria spp*), eucalipto, seringueira, culturas anuais (soja e milho), citros e café durante os anos de 1988 e 2003 no nordeste do Estado de São Paulo.

Agroecossistema	Uso e Cobertura das Terras (ha)		Fitomassa Seca Total (t.ano ⁻¹)		Variação (%)
	1988	2003	1988	2003	
Cana-de-açúcar	1.084.166	2.289.890	63.315.294,4	133.729.576,0	111,2
Pastagem	1.408.957	797.889	12.539.717,3	7.101.212,1	-43,4
Eucalipto	139.499	135.647	2.022.735,5	1.966.881,5	-2,8
Seringueira	175	4.753	1.522,5	41.351,1	2616,0
C. A. (Soja e Milho)	935.181	277.592	16.085.113,2	4.774.582,4	-70,3
Citros	487.619	518.680	2.243.047,4	2.385.928,0	6,4
Café	67.507	58.804	378.039,2	329.302,4	-12,9
Total	4.123.104	4.083.255	96.585.470	150.328.834	55,6

Os dados obtidos na tabela 17 e 18 permitem constatar que a mudança no uso e cobertura das terras dos agroecossistemas proporcionou um acúmulo total de mais de 27 milhões de toneladas de carbono por ano e mais de 100 milhões de toneladas de gás carbônico (CO₂) por ano respectivamente, na fitomassa agrícola. Houve um aumento na imobilização de carbono na fitomassa em torno de 60% (tabela 17) numa área de 51.650 km². Constata-se com isso que o carbono pode, ao menos em parte, ser recomposto na fitomassa durante o subsequente uso do solo pela agropecuária.

Tabela 17 - Alternância dos valores de carbono total imobilizado (t ano⁻¹) nas áreas ocupadas pelos agroecossistemas com cana-de-açúcar, pastagem (*Brachiaria spp*), eucalipto, seringueira, culturas anuais (soja e milho), citros e café durante os anos de 1988 e 2003 no nordeste do Estado de São Paulo.

Agroecossistema	Uso e Cobertura das Terras (ha)		Carbono Total (t.ano ⁻¹)		Variação (%)
	1988	2003	1988	2003	
Cana-de-açúcar	1.084.166	2.289.890	31.657.647,2	66.864.788,0	111,2
Pastagem	1.408.957	797.889	4.508.662,4	2.553.244,8	-43,4
Eucalipto	139.499	135.647	809.094,2	786.752,6	-2,8
Seringueira	175	4.753	665,0	18.061,4	2616,0
C. A. (Soja e Milho)	935.181	277.592	8.042.556,6	2.387.291,2	-70,3
Citros	487.619	518.680	1.121.523,7	1.192.964,0	6,4
Café	67.507	58.804	189.019,6	164.651,2	-12,9
Total	4.123.104	4.083.255	46.329.169	73.967.753	59,7

A cultura da cana foi a grande responsável por esse acúmulo de carbono na fitomassa. A maior capacidade da cana-de-açúcar de acumular carbono por área anualmente (tabela 15), aliado ao grande aumento das áreas ocupadas com essa cultura, principalmente sobre áreas de pastagens e culturas anuais (figuras 1 e 2), propiciou que esse agroecossistema se tornasse a classe de uso e cobertura dominante e maior retentora de carbono na fitomassa. Passou de 31.657.647,2 para 66.864.788,0 t de Carbono.ano⁻¹ em 2003, uma variação de 111,2% em relação ao ano de 1988 (tabela 17).

Tabela 18 – Alternância dos valores de CO₂ total imobilizado (t.ano-1) nas áreas ocupadas pelos agroecossistemas com cana-de-açúcar, pastagem (*Brachiaria spp*), eucalipto, seringueira, culturas anuais (Soja e Milho), citrus e café durante os anos de 1988 e 2003 no nordeste do estado de São Paulo.

Agroecossistema	Uso e Cobertura das Terras (ha)		CO ₂ Total (t.ano ⁻¹)		Variação (%)
	1988	2003	1988	2003	
Cana-de-açúcar	1.084.166	2.289.890	116.222.595,2	245.476.208,0	111,2
Pastagem	1.408.957	797.889	16.484.796,9	9.335.301,3	-43,4
Eucalipto	139.499	135.647	2.971.328,7	2.889.281,1	-2,8
Seringueira	175	4.753	2.432,5	66.066,7	2616,0
C. A. (Soja e Milho)	935.181	277.592	29.551.719,6	8.771.907,2	-70,3
Citros	487.619	518.680	4.095.999,6	4.356.912,0	6,4
Café	67.507	58.804	695.322,1	605.681,2	-12,9
Total	4.123.104	4.083.255	170.024.195	271.501.358	59,7

Além da cana-de-açúcar, a citricultura e a heveicultura apresentaram aumento de área no período de 2003. A maior variação no acúmulo de carbono ocorreu para a cultura da seringueira, que foi de 2616% (tabela 17). Porém, como a área de exploração da heveicultura era restrito em 1988, o acúmulo de carbono e CO₂ atmosférico foi de cerca de 17 e 64 mil t.ano⁻¹ respectivamente (tabelas 17 e 18).

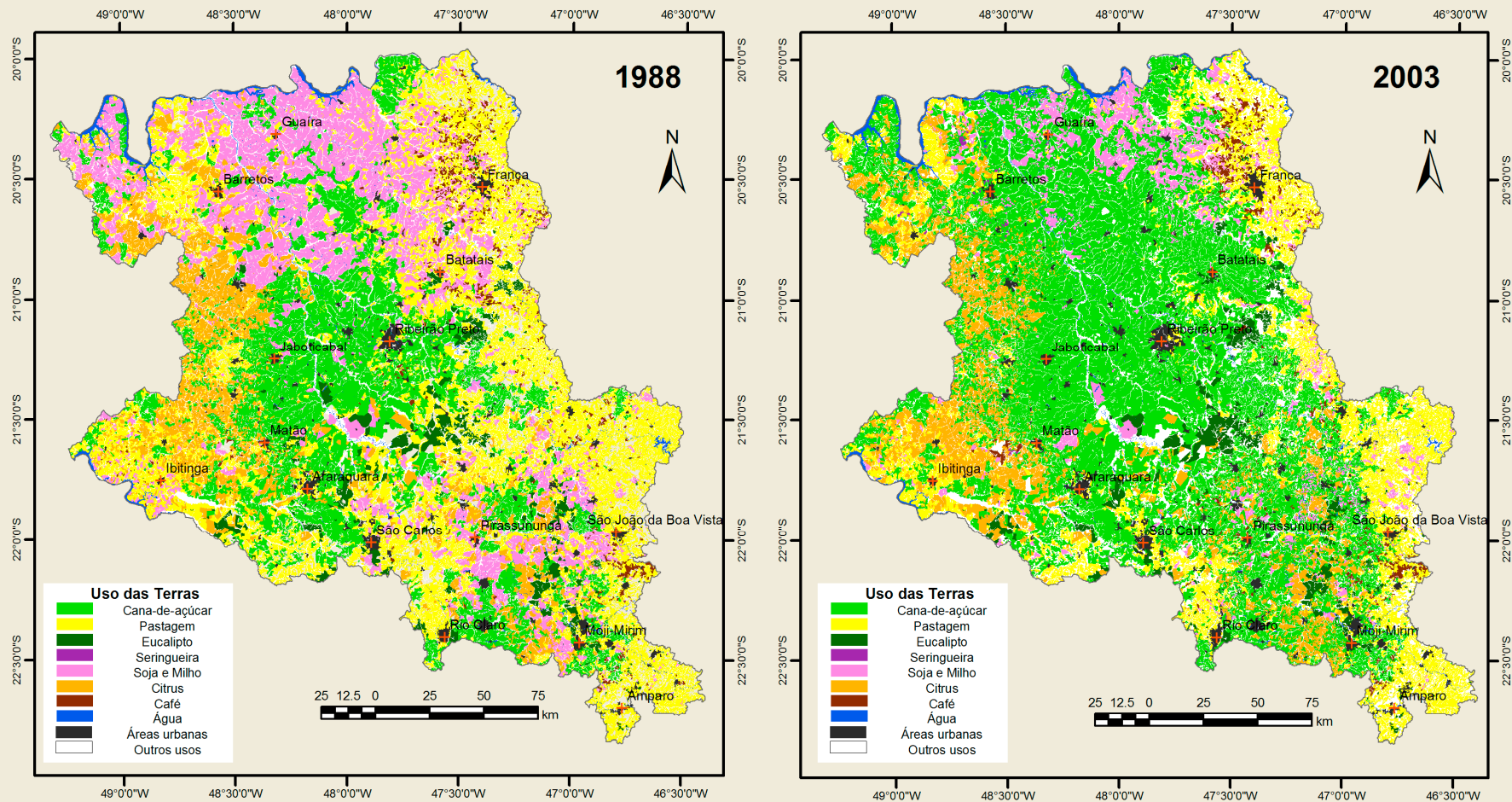
No caso da citricultura, apesar da extensa área ocupada em 1988, o aumento da exploração em 2003 foi relativamente pequeno, cerca de 310 km² (figura 1), contribuindo com cerca de 71 e 361 mil toneladas de C e CO₂. ano⁻¹ respectivamente. A participação da citricultura e da heveicultura na imobilização do C e CO₂ atmosférico na fitomassa foi pouco expressiva, considerando-se a contribuição da cana-de-açúcar.

Os agroecossistemas de pastagem, eucalipto, culturas anuais e café apresentaram retração de ocupação de área em 2003 em relação ao ano de 1988 e com isso apresentaram um balanço negativo no acúmulo de CO₂ considerando-se a área de ocupação (figura 1).

Durante o período de quinze anos houve um imenso ganho de carbono diretamente incorporado na fitomassa dos agroecossistemas que compõem a região nordeste do estado de São Paulo. O CO₂ retirado da atmosfera e incorporado na fitomassa passou de 170.024.195 para mais de 271 milhões de toneladas, uma variação de cerca de 60% entre os anos de 1988 e 2003 (figura 1).

O processo de substituição entre agroecossistemas que competem por área no setor rural muitas vezes é enfatizado como algo negativo, entretanto a avaliação mais apurada dos custos e benefícios futuros da nova atividade agrícola, principalmente quanto à eficiência de remoção do CO₂ atmosférico, cria perspectivas otimistas para o setor agropecuário brasileiro.

Alterações nos valores médios do CO₂ imobilizado na fitomassa dos agroecossistemas no nordeste do Estado de São Paulo



Agroecossistema	CO ₂ imobilizado (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	1988		2003		Variação CO ₂ (%)
		*Área (ha)	CO ₂ absorvido (milhões de t ano ⁻¹)	*Área (ha)	CO ₂ absorvido (milhões de t ano ⁻¹)	
Cana-de-açúcar	107,2	1.084.166	116,2	2.289.890	245,5	111
Pastagem	11,7	1.408.957	16,5	797.889	9,3	-43
Eucalipto	21,3	139.499	3,0	135.647	2,9	-3
Seringueira	13,9	175	0,2	4.753	0,7	2616
Soja e Milho	31,6	935.181	29,6	277.592	8,8	-70
Citrus	8,4	487.619	4,1	518.68	4,4	6
Café	10,3	67.507	0,7	58.804	0,6	-13
Total		4.123.104	170,0	4.083.255	271,5	60

Figura 1- Alteração dos valores de CO₂ da fitomassa dos agroecossistemas do nordeste do Estado de São Paulo nos anos de 1988 e 2003.

Considerações Finais

Frente a pouca abrangência dos dados de fitomassa e principalmente, carbono dos agroecossistemas, deve-se gerar mais dados, principalmente, de partes das plantas sem valor econômico, tal como do sistema radicular.

Os agroecossistemas apresentam normalmente crescimento estacional, ou seja, sua produção de fitomassa e conseqüente imobilização de carbono varia ao longo do ano em função de alguns fatores de crescimento, tais como luminosidade, temperatura e principalmente, disponibilidade de água nos solos. Por isso, as avaliações devem ser feitas preferencialmente no período mais favorável de produção de fitomassa.

Para a avaliação mais completa do carbono aprisionado nos agroecossistemas, deve-se levar em conta não somente a fitomassa das plantas, mas também o solo, que pode conter tanto quanto ou até mais carbono estocado na matéria orgânica do solo.

Nesse estudo, para se conseguir uma uniformização dos valores apresentados, todos os agroecossistemas foram avaliados quanto a produção anual de fitomassa, carbono e CO₂. Os valores apresentados representam o rendimento da produção primária líquida, ou seja, aquisição de matéria seca por área durante o ano ou período de crescimento (tonelada de matéria seca por hectare por ano ou tonelada de CO₂ incorporado na matéria seca por hectare por ano). Essa uniformização pode trazer algumas distorções, pois deve-se considerar que a cada ano, durante as colheitas, os agroecossistemas com culturas herbáceas não perenes, liberam quase todo o carbono imobilizado para atmosfera, enquanto os agroecossistemas arbóreos retém o carbono acumulado do ano anterior e continuam acumulando-o nos anos subseqüentes, resultando em um acúmulo de carbono bem maior considerando-se o tempo total de permanência até a colheita.

Com o incentivo ao desenvolvimento da agroenergia, provavelmente a área de cultivo com cana-de-açúcar deve aumentar sobre outros agroecossistemas no nordeste do Estado de São Paulo, aumentando ainda mais a imobilização de carbono na fitomassa agrícola.

Esse estudo mostra a alteração do estoque de carbono quando da substituição de alguns agroecossistemas por outros, e não de uma floresta nativa (área natural não alterada) por um agroecossistema. Quando ocorre a substituição de uma floresta por um agroecossistema ocorre perda de carbono além de gerar um passivo ambiental. Uma floresta tropical é capaz de acumular em sua fitomassa e na matéria orgânica do solo em torno de 600 toneladas de CO₂ por hectare. Ao se substituir uma floresta por um agroecossistema que acumula no máximo, em torno de 100 t de CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ promove-se uma perda em torno de 500 toneladas de CO₂ por hectare. Alguns outros passivos ambientais são: perda de biodiversidade, aumento da erosão dos solos, aumento de áreas que geram calor, diminuição de áreas que armazenam e vaporizam água.

Referências

- ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. **Seqüestro de carbono**: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. Viçosa: Carmo, 2006. 352 p.
- ANDRAE, de F.; KRAPPENBAUER, A. Estudo da Situação de biomassa e de nutrientes de um reflorestamento de quatro anos com *Eucalyptus saligna* Smith em Santa Maria, RS. **Pesquisas Áustro-Brasileiras**, v. 96, n.1, p. 68-85, 1979.
- ASSIS, R. L. et al. A produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 23, n. 2, p. 151-156, 1999.
- BALL-COELHO, B.; SAMPAIO, E. V. S. B.; TIESSEN, H.; STEWART, J. W. B. Root dynamic in plant ratoon crops of sugar cane. **Plant and Soil**, Netherlands, v.142, p. 297-305, 1992.
- BERNARDES, L. F. **Semeadura de capim Brachiaria em pós emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. Jaboticabal, 2003. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- BRAZ, A J. B; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M da. Produção de fitomassa de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 1, p. 55-64, 2005.
- BRESSIANI, J. A.; SORDI, R. A; BRAGA Jr., R. L. C.; BURNQUIST, W. L. **Selection and field test of high biomass producing cane**. Piracicaba: PNUD/CTC, 2005. p. 36-44.
- CAMARGO, R de; PIZA, R. J. Produção de biomassa de plantas de cobertura e efeitos na cultura do milho sob sistema plantio direto no Município de Passos, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 76-80, July./Sept. 2007.
- INPE. **Canasat**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/canasat>>. Acesso em: agosto 2007.
- CARLIN, S. D. **Impacto do tombamento na produtividade de diferentes variedades de cana-de-açúcar**. Campinas, 2005. 72 f. Tese (Doutorado) –Instituto Agrônômico.
- CARMO, C. A. F. S.; MENEGUELLI, N. A.; ALVARENGA, A. P.; TOSTO, S. G.; LIMA, J. A S. **Estimativa da determinação do carbono orgânico acumulado na biomassa da seringueira**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005 (Comunicado Técnico, n. 29).
- CARMO, C. A. F. S.; MANZATTO, C. V.; ALVARENGA, A. P.; TOSTO, S. G.; LIMA, J. A. S.; KINDEL, A.; MENEGUELLI, N. A. Biomassa e estoque de carbono em seringais ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Org.). **Seqüestro de carbono - quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. v. 1, p. 83-113.
- CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. O.; CAMPOS JUNIOR, B. A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico-vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 26, p. 213-218, 1997.
- COSTA, M. C. G. **Distribuição e crescimento radicular em soqueiras de cana-de-açúcar: dois cultivares em solos com características distintas**. Piracicaba, 2005. 88 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

DE TOMINI, E. R. **Modelagem da produtividade potencial de *Brachiaria brizantha* (variedades cultivadas Marandu e Xaraés)**. Piracicaba, 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

DEWAR, R. C.; CANNELL, M. G. R. Carbon sequestration in the trees, products and soils of forest plantations: an analysis using UK examples. **Tree Physiology**, v. 11, n. 1, p. 49-71, 1992.

DONZELI, J. L. Necessidade de cultivo. In: Grupo fitotécnico de cana-de-açúcar. **Atas 1992-2004**, 2005. 428 p.

ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, A. S. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. 1. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, n. 73, p. 427-433, 1981.

FAO, 2007. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: janeiro 2007.

FEARNSIDE, P. M. Biomassa das florestas amazônicas brasileiras. In: SEMINÁRIO EMISSÃO E SEQÜESTRO DE CO₂. Porto alegre. **Anais: Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 95-124.

FERNANDES, T. J. G.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; ALVARENGA, A. P. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea sp.*, aos 12 anos de idade, na zona da mata mineira. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 657-665, 2007.

FRANCO, H. C. J. Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de áreas com cana-de-açúcar. **Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil (STAB)**, v. 25, p. 32-36, 2007.

FRANCO, C. M.; INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 6, p. 443-478, 1946.

GAVA, G. J. de C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1347-1354, 2001.

GOLDEN, L. E. Yield and nutrient element content of roots and below-ground stubble as related to fertilization of sugarcane and soil variation. In: AMERICAN SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, Meetings, 1973. **Proceedings...** [S. l.], 1974. v.3, p.116-119.

GOMES, A. C. S. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob a cultura da soja [*Glycine max* (L.) merrill] na região de Santiago, RS**. Santa Maria, 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S.; SILVA, E. C.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto. **Maringá**, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003.

GUTMANIS, D. **Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris**. Rio Claro, 2004. 142 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências . Universidade Estadual Paulista.

HENDERSON, J. B.; KAMPRATH, E. J. **Nutrient and dry matter accumulation by soybeans**. North Carolina: Agricultural Experiment Station/North Carolina State University, 1970. 27 p. (Technic Bulletin, 1970).

HERZOG, R. S.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R. Produtividade de soja em semeadura direta influenciada por profundidade do sulcador de adubo e doses de resíduo em sistema irrigado e não irrigado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 771-780, set./dez. 2004.

HOUGHTON, R. A. The annual net flux of carbon to the atmosphere from change in land use 1850-1990. **Telus**, n. 51 B, p. 298-313, 1999.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 5 jan. 2007.

IDO, O. T. **Desenvolvimento radicial e caulinar, de três variedades de cana-de-açúcar, em rizotron, em dois substratos**. Curitiba, 2003. 141 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.

INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de açúcar var. Co 190, em solo tipo terra-roxa legítima. **Bragantia**, Campinas, v. 16, n.1, p.11-13, out. 1957.

INFORZATO, R.; REIS, A. J. Estudo comparativo do sistema radicular dos cafeeiros Bourbon Amarelo e Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 22, p.741-750, 1963.

JACKSON, R. B.; CANADELL, J.; EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A.; SALA, O. E.; SCHULZE, E. D. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. **Oecologia**, n. 108, p. 389-411, 1996.

JACOVINE, L. A. G.; NISHI, M. H.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R.; ALVARENGA, A. P. A seringueira no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. de S. (Org.). **Seqüestro de carbono - Quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. v. 1, p. 13-50.

KORNDÓRFER, G. H.; PRIMAVESI, O.; DEUBER, R. Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v. 47, p. 32-36, 1989.

KUSS, R. C. R. **Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da soja. Santa Maria**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade federal de Santa Maria.

LADEIRA, B. C.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos em uma seqüência de idade. **Revista Árvore**, v. 25, n. 1, p. 69-78, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004. 531 p.

LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *E. camaldulensis* e *E. pelita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, M.G. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 77-87, 2001.

LILIENFEIN, J. W.; WILCKE, R. Element storage in native, agri-, and silvicultural ecosystems of the Brazilian savanna. I. Biomass, carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur. **Plant and Soil**, n. 254, p. 425-442, 2003.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S., PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do Desempenho Agrônomo de Híbridos de Milho (*Zea Mays*, L.) para Produção de Silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 2, p.193-203, 2004.

MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R.; MACHADO, S. A.; SCOLFORO, J. R. S.; CÔRTEZ, A. P. D. Viabilidade de um projeto florestal de *Eucalyptus grandis* considerando o seqüestro de carbono. **Floresta**, v. 34, n. 3, p. 347-360, 2004.

MAMEDE, R. de Q. **Avaliação de variedades e clones RB – série 86 de cana-de-açúcar, na região de Araraquara-SP**. Jaboticabal, 2001. 75 f. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado de São Paulo.

MANFRON, P. A. et al. Fontes de molibdênio aplicadas em soja via semente. **Insula**, Florianópolis, n. 33, p. 69-88, 2004.

MARI, L. J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (Brachiaria brizantha (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu):** produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. Piracicaba, 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA, G. B. Jr. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 295-301, abr./jun. 2001.

MOLLICA, S. G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecífico de eucalipto, em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais.** Viçosa, 1992. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

MORAIS, E. J. **Crescimento e eficiência nutricional de híbridos interespecífico de eucalipto, em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais.** Viçosa, 1988. 84 f. Tese (Doutorado em???) – Universidade Federal de Viçosa.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 27-33, 2005.

NICOLOSO, R. da S.; LOVATO, T.; SENHOR, T. C.; SATTLER, R. A. Produção de grãos e fitomassa no pleno florescimento das culturas da soja e do milho quando implantadas sob campo nativo sem prévia correção da acidez do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 1 CD ROM.

NUTTO et al. O Mercado Internacional de CO₂: O impacto das florestas naturais e das plantações In: SANQUETTA, C. R.; et al (eds). **As florestas e o carbono.** Curitiba, 2002. p.89-10.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia.** 5ª ed. Lisboa:Fundação Calouste, 1997.

OLIVEIRA, T. K. et al. Características agronômicas e produção de fitomassa de milho verde em monocultivo e consorciado com leguminosas. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 223-227, jan./fev., 2003.

OLIVEIRA, D.; PEREIRA, J. P.; RAMOS, A. L. M.; CARAMORI, P. H.; MARUR, C. J.; RIDDLE, C. W.; VORONEY, P. Carbono na biomassa e na respiração do solo em plantio comercial de seringueiras no Paraná. In: ALVARENGA, A. de P.; CARMO, C. A. F. de S. (Org.) **Seqüestro de Carbono - Quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. v. 1, p. 201-214.

PADOVAN M. P. et al. **Determinação da melhor época de corte da soja cultivar celeste para uso como adubo verde.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 8 p. (Circular Técnica, 13).

PAES, L. A. D.; OLIVEIRA, M. A. **Potential trash biomass of the sugar cane plant.** Piracicaba: PNUD/CTC, 2005.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006.

- PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho.** Piracicaba, 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
- PASQUALETTO, A; COSTA, L. M. da. Influência de Sucessão de Culturas sobre Características Agronômicas do Milho (*Zea Mays* L.) em Plantio Direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 31, n. 1, p. 61-64, 2001.
- PAULINO, V. T. **Potencial de pastagens tropicais para produção animal.** Instituto de Zootecnia, 2005. 27 p. (Documentos, n.7).
- PAULO, E. M.; BERTON, R. S.; CAVICHIOLI, J. C.; BULISANI, E. A.; KASAI, F. S. Produtividade do cafeeiro Mundo Novo enxertado e submetido à adubação verde antes e após recepa da lavoura. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 195-199, 2001.
- PEREIRA, J. R.; RAMOS, A. L. M. Culturas intercalares e alternativas de renda para a cultura da seringueira. In: SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Ciclo de Palestras sobre a Heveicultura Paulista.** Bebedouro: APABOR, 2004. 18 p.
- POGGIANI, F.; COUTO, H. T. Z. Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. **Revista IPEF**, v. 23, p. 37-42, 1983.
- PRADO, R. M. **Resposta da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo.** Ilha Solteira, 2000. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Estado de São Paulo.
- QUARTAROLI, C. F.; CRISCUOLO, C.; HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M. **Alterações no uso e cobertura das terras no Nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 57 p., il. (Documentos, 55).
- QUEIROZ, D. S.; CARMO, C. A. F. S.; TOSTO, S. G.; ALVARENGA, A. P.; LIMA, J. A. S. Quantificação da biomassa e do carbono orgânico em pastagens naturais na Zona da Mata-MG. In: ALVARENGA, A. P; CARMO, C. A. F. S. (eds). **Seqüestro de carbono: Quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural.** Viçosa, 2006. 352 p.
- RAHAMAN, W. A.; SIVAKUMARAN, S. Studies of carbon sequestration in rubber. In: UNCTAD – IRSG RUBBER FORUM, 1998, Bali. **Rubber and the Environment.** Indonesia, 1998. p. 13-19.
- REIS, M. das G. F.; KIMMINS, J. P.; REZENDE, G. C. de; BARROS, N. F. de. Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, v. 9, n. 2, p.149-162, 1985.
- REIS, M. G. F. et. al. **Seqüestro e armazenamento de carbono em florestal nativas e plantadas no Estado de Minas Gerais e Espírito Santo. Emissão × Seqüestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil.** Rio de Janeiro, 1994. p. 155-195.
- REZENDE, P. M.; ALVARENGA, G.; ANDRADE, M. J. B.; BARROS, A. T.; RESENDE, G. M. Consórcio soja-café. I. Comportamento de cultivares e do número de linhas de soja [*Glycine max* (L.) merrill] sobre o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em sistema de consórcio. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 37-45, 2000.
- REYNOLDS, S. G. Evaluation of pasture grasses under coconuts in Western Samoa. **Tropical Grasslands**, n. 12, p. 146-151, 1978.
- RODRIGUES, C. A. G. **Efeitos do fogo e da presença animal sobre a biomassa aérea e radicular, nutrientes do solo, composição florística, fenologia e dinâmica de um campo de capim-carona (*Elyonurus muticus* (Spreng.) O. Ktze) no Pantanal (Sub-região Nhecolândia).** Campinas, 1999. 282 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.

RODRIGUES, D. C. **Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hoscht. Ex A. Rich.) Stapf e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas.** Piracicaba, 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, R. C.; COELHO, R. W.; REIS, J. C. L. **Rendimento de forragem e composição química de cinco gramíneas de estação fria.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 3 p. (Comunicado Técnico, 77).

SAMPAIO, E. V. S.; SALCEDO, J. H.; CAVALCANTI, F. J. A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: III. Conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 425-431, 1987.

SANTOS, F. L. C.; COUTO, L. Comportamento de eucalipto e forrageiras em plantio consorciado na região do cerrado. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais...** p.395-403.

SCHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para a produção de fitomassa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 241-249, 2001.

SCHUMACHER, M. V. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* subespécie bicosta. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 2003. **Anais...** p.199-203, 2003.

SILVA, H. D. **Biomassa e aspecto nutricionais de cinco espécies de *Eucalyptus*, plantadas em solos de baixa fertilidade.** Viçosa, 1983. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

SILVA, M. A.; CAMPANA, M. P.; LANDELL, M. G. A.; ZIMBACK, L.; FIGUEIREDO, P. Avaliação de clones de híbridos IAC de cana-de-açúcar, série 1985, na região de Jaú (SP). **Bragantia**, v. 58, n. 2, p. 335-340, 1999.

SIMÃO NETO, M.; SERRÃO, E. A. S. **Capim kicuío da Amazônia (*Brachiaria* sp).** Belém: IPEAN, 1974. p. 1-17. (Boletim Técnico, 58).

SOARES FILHO, C. V.; RODRIGUES, L. R. de A.; PERRI, S. H. V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1377-1384, 2002.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono presente na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.

SUZUKI, L. D. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p.121-127, 2006.

SZAKACS, G. G. J. **Avaliação das potencialidades dos solos arenosos sob pastagens, Anhembi – Piracicaba/SP.** 2003. 102 f. Dissertação(Mestrado) – Universidade de São Paulo.

TEIXEIRA, C. D. A. **Adubação nitrogenada e potássica em cana-soca, em dois solos do estado do Paraná.** Curitiba, 2005. 46 p. Dissertação(Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais.** Viçosa, 2003. 99 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de brachiarias, em Piracicaba, SP.** Piracicaba, 2004. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

VALLE, L. C. S.; SILVA, J. M.; SCHUNKE, R. M. Ganho de peso de bovinos em pastagens de *Brachiaria decumbens* pura e consorciada com *Stylosanthes spp.* cv. Campo Grande. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 175-176.

VASCONCELOS, A. C. M. **Comportamento de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Paranapanema.** Jaboticabal, 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 27, p. 849-858, 2003.

VITAL, A. R. T.; LIMA, W de P.; POGGIANI, F.; CAMARGO, F. R. A. de. Biogeoquímica de microbacia após o corte raso de uma plantação de eucalipto de 7 anos de idade. **Scientia Forestalis**, n.5, p.17-28, 1999.

WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; HERMANN, E. R. Propriedades químicas do solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de colheita, calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 25, n. 2, p. 93-100, abr./jun. 2004.

WILCKE, W.; LILIENFEIN, J. Element storage in native, agri, and silvicultural ecosystems of the Brazilian savanna. II. Metals. **Plant and Soil**, v. 258, p. 31-41, 2004.

WUTKE, E. B.; FANCELLI, L. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, v. 57, n. 2, p.325-338,1998.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Seção IV - Fertilidade e Nutrição do solo. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 28, p. 843-857, 2003.

Anexo

Fotos de campo



Fig. 2 - Retirada de planta de citros do solo.



Fig. 3 - Separação das partes da planta de citros.



Fig. 4 - Pesagem no campo das folhas de cana.



Fig. 5 - Partes da planta de cana trituradas para secagem em laboratório.



Fig. 6 - Corte da parte aérea da planta de café.



Fig. 7 - Pesagem dos ramos da planta de café.



Monitoramento por Satélite

*Av. Dr. Júlio Soares de Arruda 803
Parque São Quirino CEP 13088 300 Campinas SP
Telefone (19) 3256 6030 Fax (19) 3254 1100
www.cnpm.embrapa.br sac@cpnm.embrapa.br*