

Notas e Resenhas

SEQÜESTRO DE CARBONO NO PARQUE ESTADUAL DE VASSUNUNGA, SANTA RITA DO PASSA QUATRO, ESTADO DE SÃO PAULO

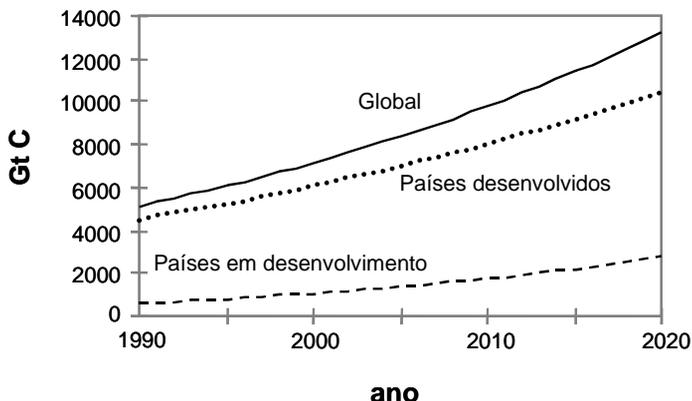
GEOGRAFIA, Rio Claro, 27(3): 171-181, dezembro 2002

OS GASES DE EFEITO ESTUFA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Tem sido crescente a preocupação mundial em relação as mudanças do clima no planeta, decorrentes, principalmente, das emissões de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases de efeito estufa, como o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). Estes gases são responsáveis pela manutenção da temperatura média de 16-18°C na terra, promovendo o chamado "efeito estufa", essencial para a existência da vida no planeta (BRUCE et al., 1999).

Estudos revelam que nos últimos 200 anos a concentração desses gases na atmosfera, principalmente de CO_2 , tem aumentado; sendo este aumento mais significativo nas últimas décadas (AMUNDSON; DAVIDSON, 1990; LAL, 1998). É importante salientar que a contribuição nas emissões de gases do efeito estufa pelos países do globo terrestre é diferenciada, sendo que os maiores emissores de CO_2 são os países denominados industrializados (Figura 1). Uma das principais conseqüências deste aumento na concentração dos gases na atmosfera é o que podemos chamar "aumento do efeito estufa" - eleva-se a quantidade dos raios infravermelhos refletidos para a terra, promovendo um desequilíbrio energético (FEARNSIDE, 1997).

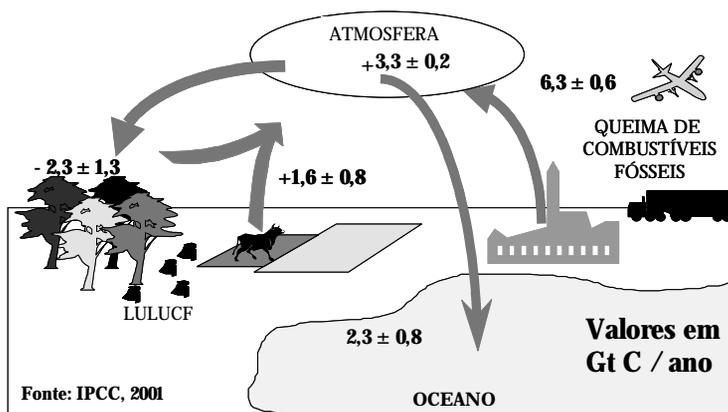
Figura 1 - Aumento das emissões de CO_2 , segundo o IPCC (1998)



O aumento das emissões destes gases são decorrentes da queima de combustíveis fósseis pelas indústrias, meios de transporte, máquinas e o uso da terra para fins agrícolas e as mudanças no uso da terra pelo desmatamento e subsequente queima de biomassa (BOWDEN et al., 1991; LAL, 1998; BRUCE et al., 1999). Estas ações antropogênicas têm elevado de forma significativa a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, promovendo mudanças no clima, como o aumento da temperatura, precipitações irregulares e outros fatores (AMUNDSON; DAVIDSON, 1990; FEARNISIDE, 1997). Uma nova avaliação em relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), afirma que a expectativa do aumento da temperatura até o final do Século XXI seja em torno de 1,4 a 5,8°C (IPCC, 2001).

A queima de combustíveis fósseis e a indústria de cimento são os principais emissores de gases do efeito estufa (LAL, 1998). O relatório técnico elaborado pelo IPCC (1998), indica que estas duas fontes liberam anualmente para atmosfera 5,5 Pg C (1 Pg = 10^{15} g). As práticas agrícolas e pecuárias, com ou sem envolvimento de desmatamento, emitem segundo o IPCC, 1,6 Pg C ano⁻¹ e se constituem na segunda maior fonte de emissão de gases para a atmosfera. Apenas uma parte destes 7,1 Pg C ano⁻¹ que entram na atmosfera retorna à Terra. O retorno se dá através principalmente de mecanismos de difusão com as águas dos oceanos e do aumento da produção primária, sobretudo devido aos reflorestamentos no hemisfério norte. O restante (3,1 Pg C), necessário para completar o balanço global do carbono (Figura 2), é o incremento anual de carbono na atmosfera terrestre, devido às ações antrópicas. Este aumento anual da concentração de carbono, sobretudo sob a forma de CO₂, se constitui em um dos principais condicionadores do aumento do efeito estufa (LAL, 1998).

Figura 2 - Ciclo global do carbono adaptado de IPCC (2001)



De acordo com o IPCC, a mudança no clima pode exercer um papel negativo nos ecossistemas, nas espécies e na qualidade de vida do homem (IPCC, 2001). Certos tipos de ecossistemas têm se apresentado vulneráveis com essas variações no clima, promovendo inclusive, a extinção de espécies. Alguns cientistas estão preocupados com o fato das mudanças no clima já estarem causando interferência nas comunidades de corais, no declínio de populações de anfíbios e mudanças de padrão de reprodução de algumas espécies de pássaros (BAWA; MARKHAM, 1995; LAL, 1998; IUCN, 2001; PAPADOPOUL, 2001).

Uma análise sobre o aspecto da perda da biodiversidade e interferência negativa nos ecossistemas naturais, pôde mostrar que, em relação as comunidades humanas, as populações mais pobres seriam as mais vulneráveis, uma vez que dependem significativamente dos recursos naturais (FEARNSIDE, 1997).

Em dezembro de 1997, em Quioto no Japão, na 3ª Conferência das Partes para a *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, adotou-se um protocolo à Convenção sobre Mudanças de Clima (o chamado Protocolo de Quioto), que estabeleceu como compromisso para os países desenvolvidos, a redução média de 5,2% das emissões dos gases de efeito estufa para o período de 2008 a 2012 em relação aos níveis observados para o ano base de 1990 (IPCC, 2001; BRASIL, 2001).

Estudos recentes analisam o papel das florestas como sumidouros de carbono e nitrogênio da atmosfera. Bruce et al. (1999) e Papadopol (2001), consideram as florestas como um dos importantes locais de estoque de carbono e com alto potencial de contribuição para as medidas de mitigação do aquecimento global.

As florestas tropicais têm sido consideradas ao mesmo tempo fonte de CO₂ (através do desmatamento, queima de biomassa) e sumidouro (através do "seqüestro" de carbono pelas plantas e no solo). Apesar da maior contribuição na emissão de gases do efeito estufa ser dos países desenvolvidos (Figura 1), a comunidade político-econômica internacional tem direcionado a atenção principal para a importância e o papel das florestas tropicais, tanto como "vilã" nas concentrações de emissões de carbono, como também, alternativa prática e econômica para os países desenvolvidos (LAL, 1998; BRUCE et al. 1999), que vêem no fomento de projetos de conservação das florestas tropicais e o florestamento ou reflorestamento de áreas, uma forma de "troca" (*trading*), por suas emissões, sem com isso, diminuir ou alterar seus desenvolvimentos econômico, tecnológico e industrial.

OS ECOSISTEMAS FLORESTAIS E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Se por um lado as florestas têm sido analisadas como um sumidouro de carbono (através do seqüestro de CO₂ na atmosfera pelas plantas, no processo de fotossíntese e posteriormente transferência desse carbono para o solo), por outro, vários estudos analisam o efeito negativo que as mudanças no clima do planeta promove nestes ecossistemas (IPCC, 2001).

A mudança no clima pode alterar as condições futuras das florestas, interferindo nos processos ecológicos e na biodiversidade (FEARNSIDE, 1997). Alguns dos distúrbios que podem ocorrer nas florestas, decorrentes das mudanças no clima são: secas, fogo, introdução de espécies, aumento significativo de pragas e doenças, temporais, furacões e outros. Distúrbios são processos naturais e parte integrante dos ecossistemas florestais; porém, quando excedem suas taxas naturais de variações, as mudanças na estrutura e funções de uma floresta podem ser extremas.

Previsões com modelagem com o intuito de estimar os impactos que as mudanças no clima provocam sobre as florestas tropicais são difíceis de serem realizadas em função da complexidade desses ecossistemas e, desta forma, o conhecimento das interações e dinâmica dos processos ecológicos são de difícil domínio (SMITH et al., 1999; EVRENDILEK; WALI, 2001). Porém, parece haver um consenso em grande parte da comunidade científica e entidades não governamentais de que a ameaça mais significativa para as florestas tropicais, decorrentes da mudança global do clima, estaria associada com a ocorrência de secas, mudanças nos padrões de chuva, variações nas estações e, deste modo, levando à mudanças na distribuição e composição de espécies. Em locais ou ecossistemas sensíveis, estas mudanças poderiam levar até mesmo à extinção de espécies (BAWA; MARKHAM, 1995).

Em relatório especial, o IPCC concluiu que as atividades do uso da terra, mudança no uso da terra e sistemas florestais (Land-Use Land Use Change and Forestry - LULUCF), podem reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, impedindo desmatamentos e aumentando o seqüestro de carbono nos ecossistemas terrestres. Porém, alguns modelos indicam que as mudanças no clima resultarão, em larga escala, no declínio de florestas até a metade deste século, levando a uma rápida perda de carbono para a atmosfera (IUCN, 2001).

Se estudos indicam que as mudanças climáticas interferem na dinâmica das florestas, estas por sua vez, também afetam o clima (EVRENDILEK; WALI, 2001). Cerca de 1/5 do incremento de CO₂ na atmosfera, vem do desmatamento e, deste modo, a destruição das florestas no planeta tem um importante impacto sobre o clima global (LAL, 1998). Em escalas locais, regionais e globais, a distribuição de árvores pode afetar os padrões de precipitações (SMITH et al., 1999).

A importância e o papel das florestas como sumidouro de carbono têm sido largamente debatidos, não apenas pelas entidades de pesquisas mas, também, por organismos políticos e econômicos (FEARNSIDE, 1997).

Estudos revelam que as plantas se desenvolvem melhor e apresentam taxas fotossintéticas mais eficientes quando expostas à uma maior concentração de dióxido de carbono e nitrogênio na atmosfera (BOWDEN et al., 1991). A este fenômeno poderíamos chamar de "fertilização atmosférica" e, desta forma, as plantas, mais especificamente as florestas (ciclo fotossintético C3), estariam contribuindo para a retirada do carbono e nitrogênio na atmosfera, reduzindo as concentrações destes gases neste compartimento (AMUNDSON; DAVIDSON, 1990; BOWDEN et al., 1991; SCHIMMEL, 1995; BRUCE et al., 1999). Cerca de 46% do carbono terrestre está armazenado nos ecossistemas florestais; sendo parte desta porcentagem retida nos solos (LAL, 1998; SMITH et al, 1999). As savanas e pastagens são responsáveis por cerca de 25% dos estoques de carbono e, novamente, parte armazenada no solo (IUCN, 2001).

Esta retirada de carbono da atmosfera pelas florestas pode estar ocorrendo de duas formas. A primeira, através da regeneração ou a recuperação de florestas. Neste caso o Hemisfério Norte apresenta uma importante contribuição, já que muitas áreas de florestas retiradas no passado foram reflorestadas ou abandonadas para regeneração. O IPCC considera um incremento de CO₂ de 0,5 ± 0,5 Pg C/ano, devido ao crescimento de florestas no Hemisfério Norte. A segunda forma de absorção do carbono da atmosfera está relacionada ao crescimento de florestas existentes, propiciando o aumento de biomassa vegetal devido à fertilização de CO₂ e N. Nesta segunda hipótese, ganham destaque as florestas tropicais (FEARNSIDE, 1997).

SITUAÇÃO ATUAL DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E RESERVAS LEGAIS E SEUS SERVIÇOS AMBIENTAIS NO BRASIL

A grande maioria das unidades de conservação brasileiras - federais, estaduais e municipais - encontram-se bastantes fragmentadas e sofrendo pressão das áreas de entorno, com desmatamentos, ocorrência de fogo, agricultura, expansão urbano-industrial etc (SKOLE; TUCKER, 1993). Um dos principais objetivos da criação das unidades de conservação é assegurar a conservação ou a preservação dos ecossistemas nativos (dependendo da categoria na qual está inserida a unidade - reserva biológica, parque, área de proteção ambiental, ...). Importante relatar algumas das funções/serviços ambientais das florestas nativas e seus solos, listadas pela IUCN - *The World Conservation Union*, entre as quais: controle de erosão do solo e proteção aos mananciais, reguladores dos regimes de água e do clima regional, melhoria da quantidade e qualidade da água, habitat para a fauna silvestre, conservação da biodiversidade de espécies, dentre

outros. Propiciam também um amplo campo de benefícios para as populações humanas, incluindo alimento, fibras e combustível, e são também uma fonte de renda através de produtos não madeireiros, como turismo e outras atividades econômicas. Além do fato que, para muitas sociedades, as florestas e seus solos, são estética e culturalmente muito importantes.

A excessiva fragmentação submete a maior parte dos remanescentes de florestas nativas ao efeito de borda e à conseqüente diminuição do número de espécies e do tamanho efetivo das populações, podendo afetar a dinâmica de plantas e animais, com reflexos na sustentabilidade destas florestas (SKOLE; TUCKER, 1993).

Outro importante habitat severamente destruído são as matas ciliares de cursos d'água, nascentes e represas. A importância das vegetações nativas ciliares é a proteção e manutenção da qualidade dos mananciais, uma vez que: minimizam processos de erosão e assoreamento e de contaminação por lixiviação e/ou escoamento superficial de defensivos agrícolas e fertilizantes; contribuem na dispersão de sementes e na dispersão da fauna silvestre e exercem importante papel na manutenção da temperatura da água, além de outras funções ecológicas (NOSS, 1992; NAIMAN; DÉCAMPS, 1997).

Apesar do Código Florestal vigente no Brasil - Lei 4771/65, estipular em seu artigo 2º, faixas mínimas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água e ao redor de nascentes, represas e lagoas, proibindo o uso e ocupação destas áreas, percebe-se em todo o Brasil e principalmente no Estado de São Paulo, a ausência e a destruição das matas ciliares e o assoreamento dos corpos d'água, com a diminuição na quantidade e qualidade da água e o isolamento de muitas espécies da fauna nativa.

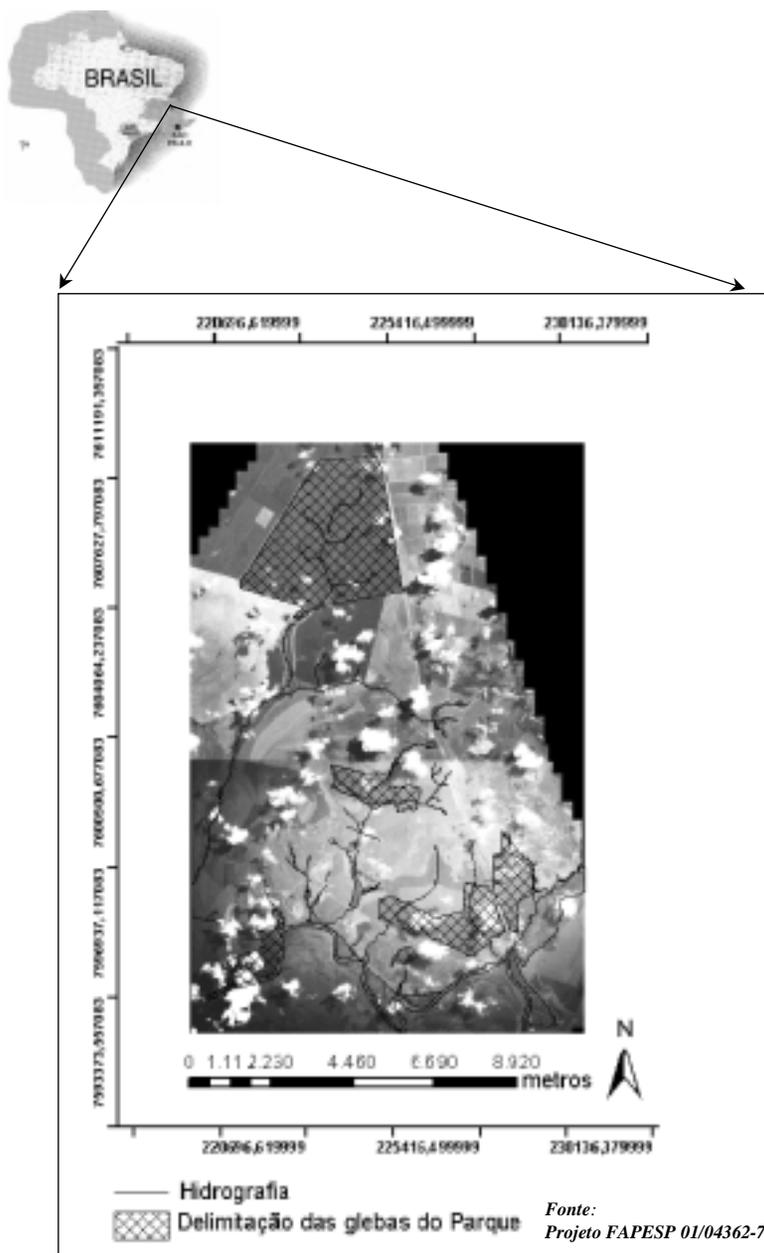
É importante ressaltar que grande parte da rede de drenagem que naturalmente interliga os fragmentos florestais pertencentes às Unidades de Conservação, principalmente no Estado de São Paulo, localizam-se em propriedades particulares. Apenas para ilustrar tal afirmação, pode-se citar o exemplo do Parque Estadual de Vassununga e de outras unidades próximas como a Reserva Ecológica Estadual de Jataí. A maioria das áreas de preservação permanente próximas às estas unidades de conservação encontram-se totalmente irregulares, com o plantio de culturas anuais e perenes dentro da faixa destinada a existência de vegetação nativa. Em análise do número de atuações lavradas na região pela Polícia Militar Florestal e de Mananciais, verifica-se que muitos proprietários estão sendo obrigados judicialmente a recuperarem estas áreas de preservação permanente, mas, até então, poucas medidas de ordem prática foram estabelecidas na recuperação das áreas.

BENEFÍCIOS DO ECOSISTEMA FLORESTAL EM RELAÇÃO AO SEQÜESTRO DE CARBONO: O EXEMPLO DO PARQUE ESTADUAL VASSUNUNGA – ESTADO DE SÃO PAULO

O Parque Estadual de Vassununga, pode ser usado como exemplo da situação atual das Unidades de Conservação do Estado de São Paulo. Localizado no município de Santa Rita do Passa Quatro, região nordeste do Estado, possui uma área aproximada de 1.733 ha, porém, dividido em seis glebas distintas (Figura 3): Capão da Várzea, Capetinga Oeste, Praxedes, Maravilha, Capetinga Leste e Pé-de-Gigante.

As glebas do Parque possuem fisionomias de Cerrado e Floresta Estacional Semidecídua, com os mais antigos exemplares de Jequitibá (*Cariniana legalis*) existentes no Estado de São Paulo. Estes ecossistemas são habitat e refúgio de várias espécies da fauna silvestre, muitas ameaçadas de extinção (Decreto Estadual 42.838/98), incluindo grandes e médios mamíferos, como a onça parda - *Felis concolor*, lobo guará - *Chrysocyon brachyurus* e outras espécies que necessitam de território bastante amplo para garantir sua sobrevivência.

Figura 3 - Imagem de satélite IKONOS (FAPESP, 2001), com a indicação das seis glebas pertencentes ao Parque Estadual de Vassununga



Além dos serviços ambientais já mencionados anteriormente, pode-se dizer que a simples existência de uma vegetação florestal no Parque Estadual de Vassununga, já propicia um seqüestro de carbono, conseqüentemente reduzindo as concentrações de CO₂ atmosférico (MILLER, 1997). Esse carbono oriundo da atmosfera é incorporado ao tecido vegetal através do processo de fotossíntese e irá, posteriormente, ser transferido para o solo, através da decomposição desse material vegetal por organismos presentes no solo (CERRI et al., 1998).

No presente trabalho, efetuou-se uma estimativa geral do seqüestro de carbono na vegetação e solo dentro da área aproximada de 1.733 ha com vegetação florestal nativa do Parque Estadual de Vassununga (INSTITUTO FLORESTAL, 2001). Para tal análise foram considerados os estoques de carbono nos seguintes compartimentos: solos, serapilheira, biomassa aérea e biomassa de raízes.

Carbono no solo (C solo)

Considerando fatores como o clima, posição geográfica e que o tipo de solo predominante na área de estudo é o Latossolo (SHIDA, 2000), utilizou-se o valor geral de estoque de carbono para a camada 0-30 cm de profundidade de $40,3 \pm 1,9 \text{ t C ha}^{-1}$ (obtido de BERNOUX et al., 2001).

Carbono na serapilheira (C serapilheira)

A produção de serapilheira é outro componente que deve ser considerado nas estimativas dos estoques de carbono. Valor médio de produção de serapilheira de $9,3 \text{ t MS ha}^{-1}$ foi medido dentro de uma área com vegetação florestal similar à presente no Parque Estadual de Vassununga e dentro da mesma região climática do Estado de São Paulo (MORAES et al., 1999). Transformando os valores de Massa Seca para carbono, considerou-se na estimativa a ser realizada neste capítulo, o valor de $4,6 \text{ t C ha}^{-1}$ relativos a serapilheira.

Carbono na biomassa aérea (C biomassa aérea)

A área de estudo apresenta alta diversidade de espécies vegetais. Pode-se encontrar variações fisionômicas de cerrado, de formas abertas a mais densas, de campo úmido, floresta estacional semidecídua e além de floresta ripária em pequena proporção (VIEIRA et al., 1989). A alta diversidade de indivíduos vegetais, torna a estimativa de um valor de carbono armazenado na biomassa aérea uma atividade complexa e de difícil precisão.

Segundo Turner et al. (1998) para tipos de vegetação florestal nativa semelhantes à área de estudo, o carbono armazenado na biomassa aérea é de aproximadamente 116 t C ha^{-1} .

Carbono na biomassa de raízes (C biomassa raízes)

A distribuição do C armazenado em uma árvore de floresta típica é aproximadamente 51 % no tronco, 30 % nos galhos e talos e 3 % na folhagem (BIRDSEY, 1992). Aproximadamente 18-24 % do carbono total armazenado em uma árvore de floresta madura está nas raízes. Raízes grossas (>2 mm em diâmetro) armazenam cerca de 15-20 % do carbono total, enquanto que a quantia armazenada em raízes finas é aproxi-

madamente igual a quantia armazenada em biomassa foliar (2-5 %) (HENDRICK; PREGITZER, 1993).

Com o intuito de se obter um valor mais preciso do carbono armazenado na biomassa de raízes, foi utilizado o valor de 0,23 para a relação raiz:parte aérea (SCHROEDER; WINJUM, 1995). Utilizando-se de tal informação é possível verificar que o carbono armazenado nas raízes é proporcional a cerca de 18,7 % em relação a biomassa total. Portanto, a estimativa do carbono na biomassa de raízes é de aproximadamente 26,7 t C ha⁻¹.

Estimativa do carbono seqüestrado

Os principais fatores que devem ser considerados no cômputo do seqüestro total de carbono para a área com vegetação florestal nativa do Parque Estadual de Vassununga estão dispostos na equação abaixo.

$$\text{Seqüestro de C} = [(C \text{ solo} + C \text{ serapilheira} + C \text{ biomassa aérea} + C \text{ biomassa raiz}) \times \text{área}]$$

Substituindo os fatores da equação acima, pelos valores relativos a área de 1.733 ha e valores relativos a vegetação florestal nativa do Parque Estadual de Vassununga, tem-se que:

$$\text{Seqüestro de C no PEFI} = [(40,3 + 4,6 + 116 + 26,7) \times 1733] = 325.000 \text{ t C}$$

Segundo o American Petroleum Institute (1988), um litro de gasolina (a gasolina tem de 85 a 88 % de carbono e peso molecular de 100 a 105), corresponde a cerca de 850 a 922 gramas de carbono. Assim sendo, o carbono estocado na área de vegetação florestal nativa do Parque Estadual de Vassununga equivale ao carbono contido em 361 milhões de litros de gasolina. Essa quantidade de gasolina é suficiente para que 361.000 automóveis (frota superior a existente no município de Ribeirão Preto - SP, que atualmente possui cerca de 235.000 veículos) percorram 10.000 km por ano, considerando um consumo médio de 10 km por litro.

Deve-se salientar que as estimativas foram embasadas em estudos anteriores realizados em outros locais. Entretanto, o presente trabalho utilizou-se dos valores mais adequados possíveis e oriundos de estudos realizados nas mais similares condições geo-ambientais disponíveis na literatura científica. Deve-se ressaltar ainda, que essas estimativas tem o objetivo de ilustrar a importância de uma área verde, inserida em uma região bastante urbanizada (dentre as maiores regiões urbanizadas do mundo) (VIEIRA et al., 1989). O resultado obtido mostra uma ordem de grandeza relativa ao seqüestro de carbono para a área do Parque Estadual de Vassununga, e logicamente, com a propagação de erros, o valor final de 325.000 t C não é exato ou preciso. Vários são os fatores que influenciam na acurácia da estimativa. Alguns deles já foram descritos em outros estudos e podem também ser considerados no caso do Parque Estadual de Vassununga. Os cinco principais fatores relevantes são:

- i. as florestas localizadas em áreas rurais seqüestram aproximadamente duas vezes mais C que florestas urbanas por unidade de área (BIRDSEY, 1992). Porém, pelo fato das árvores urbanas tenderem a um crescimento mais rápido do que as árvores em áreas rurais, elas seqüestram mais C quando comparadas individualmente (JO; McPHERSON, 1995).
- ii. a sobrevivência de árvores em áreas urbanas é outra variável importante que influencia o seqüestro a longo prazo. Taxa de perda de árvores em regiões urbanizadas está na ordem de 10 a 30 % durante os primeiros 5 anos de estabelecimento, e 0.5 a 3 % a cada ano depois do sexto ano de estabelecimento (MILLER, 1997; McPHERSON, 1994).

- iii. a maximização do seqüestro de C ocorre quando as espécies de árvores são apropriadas ao local onde estão plantadas. Árvores que não são bem-adaptadas crescerão lentamente, mostrarão sintomas de estresse ou morrerão precocemente. No caso do Parque Estadual de Vassununga, onde a vegetação é nativa da região, pode-se dizer que tal fator representa pouca influência no cômputo final do seqüestro de C.
- iv. eventualmente, pode ocorrer a morte de um número significativo de árvores, e a maioria do C que foi acumulado na biomassa vegetal é liberado para a atmosfera por decomposição.
- v. outro aspecto importante diz respeito ao carbono armazenado no solo. Segundo Bruce et al. (1999) grandes quantidades de carbono são freqüentemente estocadas nos solos na forma de carbono orgânico. Entretanto, o carbono estocado nesta forma é altamente sensível às mudanças no manejo da terra (LAL et al., 1999). Estoques de carbono orgânico no solo são quase sempre reduzidos quando ocorre a conversão de ecossistemas nativos para agropecuária, principalmente pelos mecanismos de redução da entrada de matéria orgânica no sistema, aumento da erosão do solo e da oxidação em função do cultivo mecanizado. No caso específico de unidades de conservação, a preservação de seus ecossistemas estão assegurados por lei.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões relativas as mudanças climáticas globais são política e cientificamente complexas. Conforme discutido no presente trabalho, vários aspectos devem ser considerados para a eficiência dos projetos de conservação das florestas tropicais, bem como para o aumento das áreas com vegetação florestal. Entre eles, a adoção de medidas políticas e sócio-econômicas, que visem a diminuição na taxa de desmatamento e de queimadas e o desenvolvimento de projetos que equilibrem a preservação da biodiversidade com objetivos de desenvolvimento social, sendo o seqüestro de carbono e a diminuição nas emissões, benefícios integrados.

As unidades de conservação brasileiras podem ser consideradas como prioritárias para a implantação de projetos florestais permanentes e, como no caso do Parque Estadual de Vassununga, servirem como potenciais áreas para o seqüestro de carbono da atmosfera.

REFERÊNCIAS

- AMUNDSON, R.G.; DAVIDSON, E.A. Carbon dioxide and nitrogenous gases in the soil atmosphere. **J. Geochem. Explor.**, v.38, p-13-41, 1990.
- BAWA, K.S.; MARKHAM, A. Climate Change and tropical forests. **Trends in Ecology Evolution**, v.10, n.9, p. 348-349, 1995
- BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. CO₂ emissions from mineral soils following land-cover change in Brazil. **Global Change Biology**, v. 7, p. 1-9, 2001.
- BIRDSEY, R. **Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems**. Gen. Tech. Rep. WO-GTR-59. Radnor, PA: Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 51 p. 1992.

- BOWDEN, R.D.; MELILLO, J.M.; STEUDLER, P.A.; ABER, J.D. Effects of nitrogen addition on annual nitrous oxide fluxes from temperate forest soils in the northeastern United States. **J. Geophys. Res.**, v.96, p.9321-9328, 1991.
- BRUCE, J.P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R.; PAUSTIAN, K. Carbon sequestration in soils. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.54, n.1, p.382-389. 1999.
- CERRI, C.C.; BERNOUX, M.M.I.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J. Carbon stocks in soils of the Brazilian Amazon. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLET, R.; STEWART, B.A. **Advances in soil science**. 1998.
- EVRENDILEK, F.; WALI, M.K. Modelling long-term C dynamics in croplands in the context of climate change: a case study from Ohio. **Environmental Modelling & Software**, v.16, n.4, p.361-375, 2001.
- FEARNSIDE, P.M. Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazon: net committed emissions. **Climate Change**, v.33, n.5, p.321-369, 1997.
- HENDRICK, R.L.; PREGITZER, K.S. The dynamics of fine root length, and nitrogen content, in two northern hardwood ecosystems. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 23, p. 2507-2520, 1993
- INSTITUTO FLORESTAL. Divisão de Florestas e Reservas. Disponível em: <<http://www.iflorestsp.br/vassununga.htm>>. 2001>.
- INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **The regional impacts of climate change. An assessment of vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 517p. 1998.
- INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2001. **Climate Change 2001: The Scientific Basis**. Third Assessment Report. Disponível em: <www.ipcc.ch/press/pr.htm>.
- IUCN- World Conservation Union. **Climate Change Initiative**. Disponível em: <<http://www.iucn.org/themes/climate/carbonseq1-01.ht>>.
- JO, H.K.; MCPHERSON, E.G. Carbon storage and flux in urban residential greenspace. **Journal of Environmental Management**, v.45, p. 109-133, 1995.
- LAL, R. Soil processes and the greenhouse effect. In: LAL, R; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B.A. **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Ratom: CRC Press, 1998. p. 199-212.
- MCPHERSON, E.G. Using urban forests for energy efficiency and carbon storage. **Journal of Forestry**, v. 92, n.10, p. 36-41. 1994.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima/brasil.2001>>.
- MILLER, R.W. **Urban forestry: planning and managing urban greenspaces**. 2nd. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1997, 502 p.
- MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.C.; STRUFFALDI-DE-VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian tropical forests. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, p. 9-16, 1999.
- NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The Ecology of Interfaces: riparian zones. **Annual Rev. Ecol. Syst.**, v. 28, p. 621-658, 1997.
- NOSS, R.F. The Wildlands Project - Land Conservation Strategy. **Wild Earth**, Special Issue. Plotting a North America Wilderness Recovery Strategy. p. 10-25. 1992.
- PAPADOPOL, C.S. **Climate Change Mitigation: are there any forestry options?**. Disponível em: <<http://www.Eco-web.com/cgi-local/sfc?a=editorial/index.htm>>.2001>.
- SCHIMMEL, D.S. Terrestrial ecosystem and the carbon cycle. **Global Change Biology**, v.1, p. 77-91, 1995.

SCHROEDER, P.E.; WINJUM, J.K. Assessing Brazil's carbon budget: I. Biotic carbon pools. **Forest Ecology and Management**, v.75, p.77-86, 1995.

SHIDA, C.N. **Levantamento da distribuição espacial e temporal dos elementos da paisagem e de seus determinantes, na região dos municípios de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro (SP), como subsídio ao planejamento ambiental**. 2000. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SKOLE, D.; TUCKER C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the amazon satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v. 260, p.1905-1910, 1993.

SMITH, P.; FALLOON, P.; COLEMAN, K.; SMITH, J.; PICCOLO, M.C.; CERRI, C.; BERNOUX, M.; JENKINSON, D.; INGRAM, J.; SZABO, J.; PASZTOR, L.. Modeling soil carbon dynamics in tropical ecosystems. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (Ed.) **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 1999 cap.18, p.341-364.

TURNER, D.P.; WINJUM, J.K.; KOLCHUGINA, T.P.; VINSON, T.S.; SCHROEDER, P.E.; PHILLIPS, D.L.; CAIRNS, M.A. Estimating the terrestrial carbon pools of the former Soviet Union, conterminous U.S., and Brazil. **Climate Research**, v.9, p.183-196, 1998.

VIEIRA, M.G.L.; MORAES, J.L.; BERTONI, J.E.A.; MARTINS, F.R.; ZANDARIN, M.A. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação arbórea do Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro (S.P.) II- Gleba Capetinga Oeste. **Rev. Inst. Flor.**, v. 1, n. 1, p. 135-159. 1989.

VÂNIA KORMAN

CARLOS EDUARDO P. CERRI

Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Av. Centenário, 303. CP. 96 CEP: 13400-970, Piracicaba, SP. Email: vkorman@carpa.ciagri.usp.br e cepcerri@cena.usp.br

Recebido em novembro de 2001

Aceito em setembro de 2002

ESCOLA, CIDADANIA E NOVAS TECNOLOGIAS: O SENSORIAMENTO REMOTO NO ENSINO¹

GEOGRAFIA, Rio Claro, 27(3): 181-182, dezembro 2002

O presente volume relata o uso do sensoriamento remoto para estudo do meio ambiente no ensino fundamental em diferentes disciplinas e é destinado aos professores que atuam na rede pública e particular de ensino. A autora desenvolveu metodologias em projetos educacionais experimentais, aplicados por professores de diversas disciplinas em escolas públicas, nos municípios paulistas de São José dos Campos, Monteiro Lobato, Lorena, Cachoeira Paulista e Santo André, através de parcerias entre escolas,

¹ Santos, V.M.N. dos *Escola, cidadania e novas tecnologias: O sensoriamento remoto no ensino*, São Paulo: Paulinas, 2001. 160 pág.