

Valoração ecológica aplicada a áreas de preservação permanente

Ecological valuation applied to areas of permanent preservation

RONCON, Thiago Junqueira¹; BESKOW, Paulo Roberto²; ORTEGA, Enrique³; MARGARIDO, Luiz Antonio Corrêa⁴; DINIZ JUNIOR, Guaraci M.⁵

1 Doutorando em Ecologia Aplicada (Interunidades) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo (ESALQ/CENA/USP), São Paulo/SP - Brasil, thiagoroncon@hotmail.com ; 2 Professor do Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar), São Carlos, /SP - Brasil, prbeskow@yahoo.com.br ; 3 Professor da Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas (FEA/UNICAMP), Campinas/SP - Brasil, ortega@fea.unicamp.br; 4 Professor do Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar), São Carlos/SP - Brasil, marga@cca.ufscar.br; 5 Gestor da RPPN Duas Cachoeiras, Amparo/SP- Brasil,

RESUMO: Este trabalho aplica os conceitos da Avaliação Emergética e da Avaliação Funcional dos Ecossistemas para estimar os valores associados à manutenção de Áreas de Preservação Permanente diante de uma perspectiva ecológica; as áreas de estudo estão conservadas em pequenas propriedades rurais no interior do Estado de São Paulo, Brasil. Foram valorados seis Serviços Ambientais: (1) o Serviço de *fornecimento de água e nutrientes para os riachos*; (2) o Serviço de *recarga de aquíferos*; (3) o Serviço de *regulação do clima*; (4) o Serviço de *fornecimento de alimento para a fauna e flora silvestre dos ecossistemas vizinhos*; (5) o Serviço de *polinização, controle biológico, aumento da fertilidade e da produtividade do sistema*; (6) o Serviço *fixação de carbono e regulação da composição química da atmosfera*. Os valores totais dos serviços anuais, para os fragmentos de 7, 25, 75 e 200 anos respectivamente, somam R\$ 3.376,13, R\$ 3.534,86, R\$ 4.015,95 e R\$ 4.712,06. As Áreas de Preservação Permanente são importantes para sustentabilidade de processos produtivos que usufruem, diretamente, dos diferentes Serviços Ambientais prestados por estas áreas e para a manutenção do bem estar das populações humanas.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação Emergética; Fragmentos Florestais; Bens e Serviços Ambientais; Código Florestal; Políticas Públicas.

ABSTRACT: This study apply the concept of Emergy Evaluation and Functional Assessment of Ecosystems to estimate the values associated with maintenance of permanent preservation areas from an ecological perspective; the areas of study are conserved in small farms in the State of Sao Paulo, Brazil. Six were rated Environmental Services: (1) the service of *providing water and nutrients to the streams*, (2) the *aquifer recharge*, (3) *climate regulation*, (4) *providing food for wild flora and fauna of the surrounding ecosystems*, (5) *pollination, biological control, increased fertility and productivity of the system*, (6) *carbon sequestration and regulation of the chemical composition of the atmosphere*. The total values of annual services to the fragments of 7, 25, 75 and 200 years respectively, R\$ 3,376.13, R\$ 3,534.86, R\$ 4,015.95 and R\$ 4,712.06. Permanent Preservation Areas are important for sustainability of production processes that benefit directly the different environmental services provided by these areas and to maintain the well being of human populations.

KEY WORDS: Evaluation; Forest Fragments; Environmental Goods and Services; Forest Code; Public Policy.

Introdução

Segundo o Código Florestal (CF) de 1965, um agroecossistema deve conter, além das áreas de habitação e cultivo, áreas de preservação ambiental parcial (no caso das Áreas de Reserva Legal - ARL) e/ou integral (no caso das Áreas de Preservação Permanente - APP). Os limites destas áreas, destinadas à preservação parcial ou integral, estão definidos no CF que estabelece diferentes critérios a esse respeito (BRASIL, 2002).

O Código Florestal (1965) reconhece a importância das APPs, no cumprimento das seguintes Funções: de preservação dos recursos hídricos, da paisagem e da estabilidade geológica; da manutenção da biodiversidade, do fluxo gênico da fauna e da flora; de proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

De Groot (1992) propõe a Avaliação Funcional do Ecossistema, que possibilita identificar as características ambientais como Funções Ambientais de Regulação, Produção, Suporte e Informação. As Funções Ambientais representam a capacidade dos processos e componentes naturais do ecossistema em fornecer bens e serviços que satisfaçam, direta ou indiretamente, as necessidades humanas. Nesta pesquisa, estas Funções foram interpretadas com os fluxos de massa e energia dos processos que formam as estruturas da Floresta Tropical.

Segundo o documento publicado pelo *Parliamentary Office of Science and Technology* (POST, 2007), a conversão de áreas naturais em áreas agrícolas representa um tipo de modificação extensiva que altera os ecossistemas e reduz sua capacidade de prover uma ampla variedade de serviços ecossistêmicos.

Estes serviços são valorados através da aplicação de diferentes metodologias, mas um tema de frequente discussão na Economia Ecológica é a necessidade de desenvolvimento de novos métodos de valoração dos recursos naturais em contraponto aos métodos empregados nas avaliações da vertente Neoclássica da Economia

(PATTERSON, 2002).

A Avaliação Emergética (ODUM, 1996; 2000) permite estimar todas as contribuições (moeda, massa, energia e informação) em termos de energia agregada equivalente, denominada Emergia, que possui unidade de medida específica o "seJ". Para tal, faz uso da Teoria de Sistemas, da Termodinâmica, da Biologia, da Ecologia de Sistemas e dos novos princípios conceituais e metodológicos que estão sendo propostos por uma rede internacional de pesquisadores (site - www.EmergySystems.org).

Diante de uma perspectiva ecológica apoiada na Avaliação Emergética, este trabalho objetiva estimar o valor dos bens formados e dos serviços ambientais prestados por fragmentos de Mata Atlântica localizados em Áreas de Preservação Permanente de pequenas propriedades rurais no interior do Estado de São Paulo.

Materiais e métodos

A valoração ecológica das APPs foi realizada na luz da Avaliação Emergética proposta por Odum (1996; 2000), Tilley (1999), Cohen (2003) e Ortega (2010). Para tanto, Roncon (2011) desenvolveu o Modelo LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06, que é aplicado neste trabalho para realizar a valoração dos bens e serviços ambientais prestados por Florestas Tropicais.

O modelo foi construído apoiado nos conceitos da Avaliação Emergética (ODUM, 1996), Modelagem de Sistemas (ODUM e ODUM, 2000), Sucessão Ecológica de Florestas (ODUM, 1998) e Sucessão Ecológica de Florestas Tropicais (PUIG, 2008).

A construção do Modelo considerou 55 variáveis, divididas em 19 fluxos de entrada, 17 estoques internos, 13 fluxos internos e 6 fluxos de saída; destes, 30 variáveis foram obtidas na literatura referente a florestas tropicais e 25 variáveis foram obtidas no levantamento de campo.

O levantamento de campo foi realizado em duas propriedades rurais, onde foram estudados quatro

fragmentos florestais (floresta estacional semidecidual), localizados em Áreas de Preservação Permanente, remanescentes da Serra da Mantiqueira em diferentes estágios de sucessão ecológica secundária (7 anos com 1,23 ha, 25 anos com 2,94 ha, 75 anos com 3,53 ha em Amparo-SP e 200 anos com 64,1 ha em Itapira-SP).

As características do estágio inicial de regeneração (fragmento com 7 anos) se dá na fisionomia que varia de savânica a florestal baixa, podendo ocorrer estrato herbáceo e pequenas árvores; estratos lenhosos variando de abertos a fechados com alturas variáveis; as alturas das plantas lenhosas estão situadas geralmente entre 1,5 m e 8,0 m e o diâmetro médio dos troncos na altura do peito (DAP = 1,30 m do solo) é de até 10 cm, apresentando pequeno produto lenhoso; as epífitas, quando presentes, são pouco abundantes, representadas por musgos e líquens; trepadeiras, se presentes, podem ser herbáceas ou lenhosas; a serrapilheira, quando presente, pode ser contínua ou não, formando uma camada fina pouco decomposta; no sub-bosque podem ocorrer plantas jovens de espécies arbóreas dos estágios mais maduros; a diversidade biológica é baixa, podendo ocorrer ao redor de dez espécies arbóreas ou arbustivas dominantes (CONAMA 01, 1994).

Em estágio médio de regeneração (fragmento com 25 anos) a fisionomia florestal, apresentando árvores de vários tamanhos com presença de camadas de diferentes alturas, sendo que cada camada apresenta-se com cobertura variando de aberta a fechada, podendo a superfície da camada superior, ser uniforme e aparecer árvores emergentes e dependendo da localização da vegetação a altura das árvores pode variar de 4 a 12m e o DAP médio pode atingir até 20 cm; as epífitas aparecem em maior número de indivíduos e espécies (líquens, musgos, hepáticas, orquídeas, bromélias, cactáceas, piperáceas, etc); as trepadeiras, quando presentes, são geralmente lenhosas e a serrapilheira pode apresentar variações de espessura de acordo com a estação

do ano e de um lugar a outro; a diversidade biológica é significativa, podendo haver em alguns casos a dominância de poucas espécies, geralmente de rápido crescimento (CONAMA 01, 1994).

Já no estágio avançado (1 e 2) de regeneração (fragmento com 75 e 200 anos respectivamente) a fisionomia florestal fechada, tendendo a ocorrer distribuição contígua de copas, podendo o dossel apresentar ou não árvores emergentes; grande número de estratos, com árvores, arbustos, ervas terrícolas, trepadeiras, epífitas, etc., cuja abundância e número de espécies variam em função do clima e local; as alturas máximas ultrapassam 10 m, sendo que o DAP médio dos troncos é sempre superior a 20 cm; as epífitas estão presentes em grande número de espécies e com grande abundância; trepadeiras são geralmente lenhosas, sendo mais abundantes e mais ricas em espécies na Floresta Estacional; a serrapilheira está presente, variando em função do tempo e da localização, apresentando intensa decomposição; a diversidade biológica é muito grande devido à complexidade estrutural e ao número de espécies (CONAMA 01, 1994).

A pesquisa de campo buscou evitar os efeitos de borda sempre que possível, coletando as amostras em três parcelas de 100 m² (10 m x 10 m), selecionadas ao acaso no centro de cada fragmento. Os dados coletados nas parcelas foram utilizados para fazer a projeção dos sistemas de estudo para um ha. A coleta de dados no campo foi pontual e relativa ao verão (12/2009 - 02/2010).

Na Avaliação Emergética as unidades de Energia são definidas como *Joules de energia solar* (seJ). O uso dos fatores de transformação de energia, chamados "transformidades" (Tr), permite converter as unidades de massa (kg) e energia (J) em Energia (seJ). Depois dessa operação, todos os fluxos estarão expressos na mesma unidade (seJ), o que permite somar fluxos, calcular razões e fazer o balanço entre produção, consumo e formação de estoques nos ecossistemas. Roncon

(2011) utilizou 18 transformidades mencionadas na literatura e calculou 334 novas transformidades para a construção do Modelo LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06.

A importância econômica dos Serviços Ambientais é representada pelo valor monetário obtido através da relação Energia/dinheiro (Dólar/US\$ ou Reais/R\$), estimada para o ano de 2010 em 2,89E12 seJ para cada dólar do Produto Nacional Bruto (PNB), a partir de dados de Coelho et al. (2003) que contabiliza a proporção entre a energia investida pelo Brasil, em seJ, para gerar 1 dólar do PNB (RONCON, 2011). Estes valores foram convertidos para R\$ a partir da cotação do dólar de R\$ 1,61/ US\$ 1,00 (cotação do dia 09/05/2011, segundo o Banco Central).

Os cálculos para a obtenção do valor dos *serviços* (R\$/ha.ano) e dos bens (R\$/ha) *ambientais* são exemplificados pela Equação 1 (Eq.1) e Equação 2 (Eq.2), respectivamente, de acordo com RONCON (2011).

As correlações, dos fluxos e estoques de Energia como Funções, Serviços e Bens Ambientais, foram embasadas na primeira etapa da metodologia descrita por De Groot (1992), na qual as 37 funções do ecossistema foram analisadas para a elaboração da Tabela 1.

Resultados e discussão

A dinâmica da floresta tropical

As Figuras 1 e 2 ilustram o funcionamento e as

inter-relações entre as estruturas e processos dos sistemas florestais estudados de acordo com a dinâmica dos fluxos de massa e energia da Floresta Tropical.

A dinâmica destes sistemas florestais pode ser interpretada (cf. descrição abaixo) como sua capacidade de realizar trabalho na geração de estoques estruturais organizados e processos ecossistêmicos que atuam dentro e fora do sistema, chamados de Bens Ambientais e Funções ou Serviços Ambientais.

A energia luminosa e térmica do sol é um dos recursos anuais que alimentam o processo de fotossíntese. A energia da chuva é quantificada pelo seu potencial químico, que se refere à capacidade da água em solubilizar e veicular nutrientes nos sistemas; já seu potencial físico, não considerado para este estudo, poderia ser quantificado pelo trabalho direto realizado pela chuva ao lavar a poeira das folhas que reduz a taxa de fotossíntese e pelo trabalho indireto ao diminuir a energia potencial da água ao cair sobre as folhas antes de atingir o solo, o que favorece o desenvolvimento da biota e a manutenção das qualidades físicas e químicas do solo.

A energia potencial do vento realiza o trabalho de movimento das massas de ar, água e nutrientes para dentro e fora do sistema e atua nos processos ecológicos de dispersão de pólen e sementes.

Os nutrientes do subsolo entram no sistema quando absorvidos pelas raízes profundas das

$$\left(\text{fluxos} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha.ano}} \text{ ou } \frac{\text{J}}{\text{ha.ano}} \right) \right) \times \left(\text{Tr} \left(\frac{\text{seJ}}{\text{kg}} \text{ ou } \frac{\text{seJ}}{\text{J}} \right) \right) \times \left(\text{EmUS\$} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{seJ}} \right) \right) \times \left(1,61 \left(\frac{\text{R\$}}{\text{US\$}} \right) \right) = \frac{\text{EmR\$}}{\text{ha.ano}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\left(\text{estoques} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ ou } \frac{\text{J}}{\text{ha}} \right) \right) \times \left(\text{Tr} \left(\frac{\text{seJ}}{\text{kg}} \text{ ou } \frac{\text{seJ}}{\text{J}} \right) \right) \times \left(\text{EmUS\$} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{seJ}} \right) \right) \times \left(1,61 \left(\frac{\text{R\$}}{\text{US\$}} \right) \right) = \frac{\text{EmR\$}}{\text{ha}} \quad (\text{Eq. 2})$$

árvores e contribuem com o aporte e a ciclagem de nutrientes e com o desenvolvimento da biota.

Os processos geológicos atuam e atuam em conjunto com as intempéries sobre a formação geológica que possibilita a manutenção dos fluxos de energia nos processos, entre outros, de percolação e afloramento da água.

Água da bacia hidrográfica chega ao sistema pelo lençol freático e, dependendo de sua formação geológica, pode aflorar nas nascentes e escorrer superficialmente até sair do sistema (Figura 2), formando os recursos hídricos superficiais.

A riqueza de espécies animais e vegetais, que

compõe a biodiversidade dos sistemas, está relacionada à dinâmica do processo de sucessão ecológica que permite a movimentação dos organismos, dependendo dos processos ecológicos de migração e seleção natural e dos fatores limitantes do sistema. O trabalho da biodiversidade está relacionado ao aumento das entradas anuais de energia e de materiais renováveis, responsáveis pela formação, manutenção e resiliência dos ecossistemas florestais.

Os produtores da cadeia trófica que realizam o processo de fotossíntese (produtividade primária bruta - PPB) são movidos pela energia solar

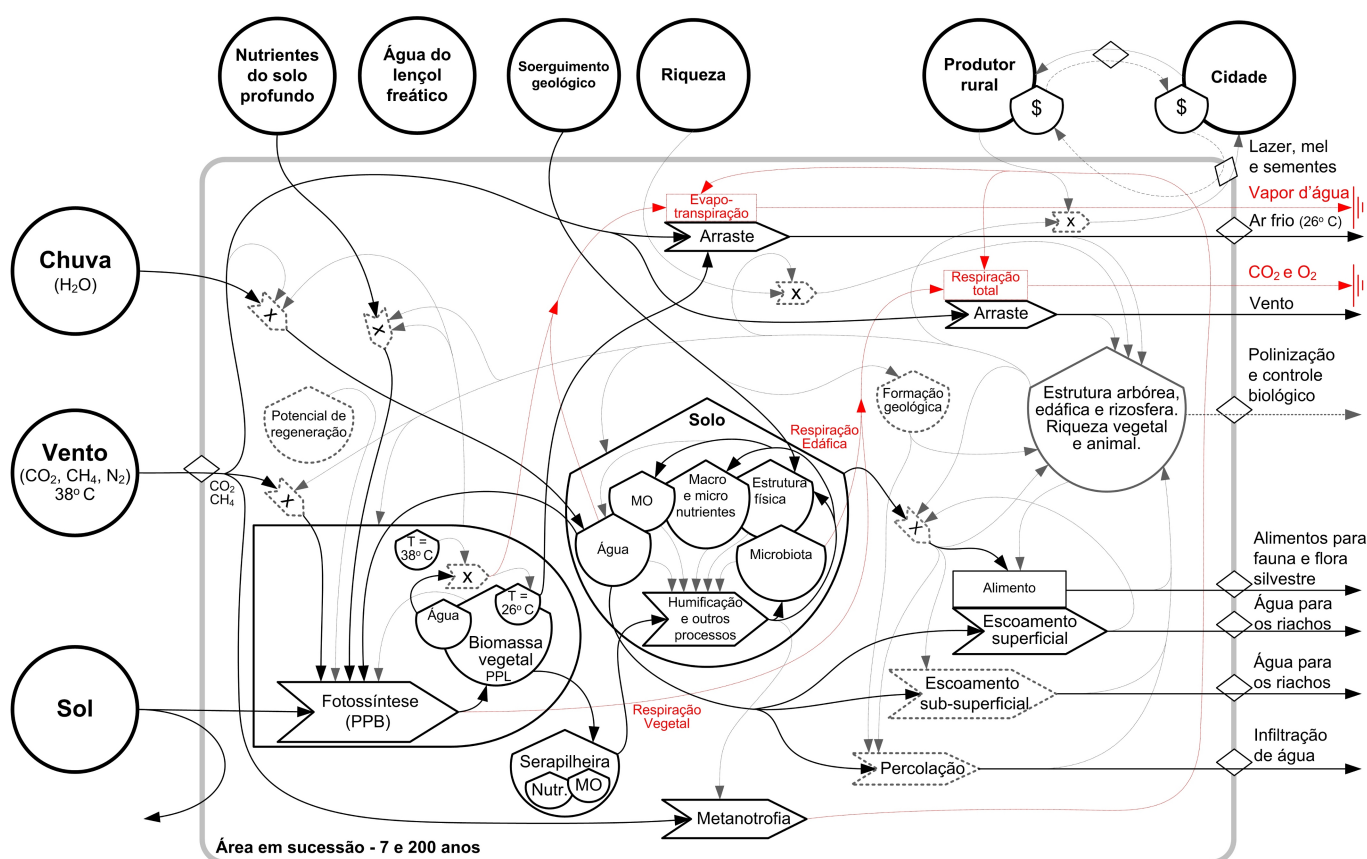


Figura 1: Diagrama que representa as estruturas, componentes, processos e interações nas Áreas de Preservação Permanente (APP) com 7 e 200 anos de sucessão ecológica secundária. Siglas e abreviações: PPB - Produtividade Primária Bruta; PPL - Produtividade Primária Líquida; x - Interação; Nutri. - Nutrientes; MO - Matéria Orgânica (RONCON, 2011).

combinada com a água e nutrientes do solo, subsolo e das trocas gasosas (O₂ e CO₂), contribuindo com o aumento anual do estoque de biomassa verde (produtividade primária líquida - PPL).

A estrutura dos produtores oferece uma barreira física para os raios solares, para a força da água da chuva, para a lixiviação e para o vento; também atua na manutenção dos estoques internos, minimizando os processos erosivos.

O desenvolvimento das raízes junto com o aporte de matéria orgânica da serapilheira e biota associada modificam a estrutura física e qualidade química e biológica da rizosfera.

A matéria orgânica (MO) instável, decorrente de restos vegetais e animais depositados no solo, é decomposta no processo de humificação e ciclagem de nutrientes pela micro e macro-biota que atuam na formação de MO estável.

Uma parte da chuva que atinge o solo do

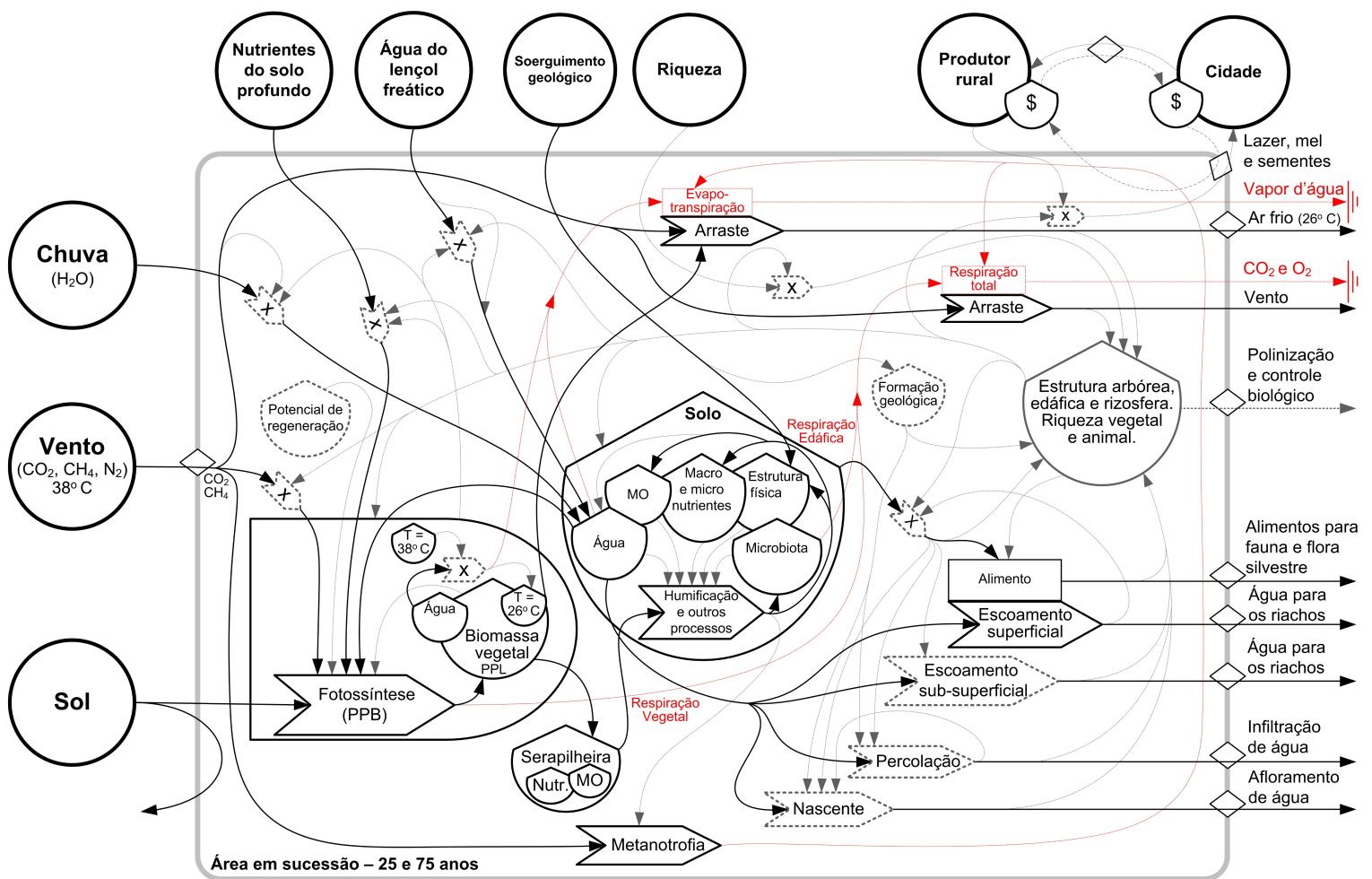


Figura 2: Diagrama que representa as estruturas, componentes, processos e interações nas Áreas de Preservação Permanente (APP) com 25 e 75 anos de sucessão ecológica secundária. Siglas e abreviações: PPB - Produtividade Primária Bruta; PPL - Produtividade Primária Líquida; x - Interação; Nutri. - Nutrientes; MO - Matéria Orgânica (RONCON, 2011).

sistema escorre superficialmente e sub-superficialmente até chegar aos riachos e outra parte percola atingindo o lençol freático; a água percolada pode aflorar na forma de *nascente* de água, dependendo da formação geológica da área.

A água evaporada da superfície do solo em conjunto com a transpirada pela cobertura vegetal contribui para a formação das nuvens, deslocada pela energia do vento, que resfria o ambiente e contribui com a manutenção dos ciclos hidrológicos.

A respiração total indica a quantidade de dióxido de carbono liberado para a atmosfera durante o processo de respiração vegetal arrastado pela ação do vento; este processo contribui para a manutenção do ciclo do carbono.

Durante o desenvolvimento da vegetação, o solo fica sombreado e coberto pela deposição de serrapilheira, o micro-clima e a aeração emergente destes fatores favorecem o processo de metanotrofia que contribui na redução do gás metano na mitigação das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera.

Os sistemas se auto-organizam criando laços de retro-alimentação (linhas tracejadas em preto nos diagramas) e estruturas para aproveitar a energia disponível e realizar trabalho sistêmico, onde todos os produtos resultantes dos processos se convergem e formam um estoque de estruturas, organizações e processos ecossistêmicos que constituem a retro-alimentação de funções do ecossistema para o próprio sistema e região. Estas funções possibilitam a dinâmica dos processos de controle biológico, polinização, migração, recrutamento e a seleção de novas espécies.

Esta dinâmica da diversificação do sistema prove um conjunto cada vez maior de funções do ecossistema, impedindo o processo de erosão dos estoques internos. Grande parte da energia liberada nos processos é de baixa intensidade (calor) e não pode ser reaproveitada e sai do sistema como energia degradada.

Durante o estudo da dinâmica do processo de sucessão ecológica da vegetação secundária das Florestas Tropicais pode-se identificar os quatro estágios de regeneração natural (Figura 3).

Valoração e suas implicações

O resultado da Avaliação Emergética é apresentado na Tabela 1. Esta tabela apresenta a importância econômica (R\$) das Entradas, Saídas, Estoques internos, Fluxos Internos e da Biodiversidade, que foram interpretados como Bens Ambientais, Funções e Serviços Ambientais prestados pela floresta.

A manutenção de Áreas de Preservação possibilita a interação entre a cidade e o produtor rural que presta serviços ambientais passíveis de comercialização, pois estes Serviços beneficiam não só o produtor, mas também os ecossistemas vizinhos (cidades e ecossistema), indicados na Figura 1 e 2 pela forma geométrica "losango".

O valor *total de serviços externos* (R\$/ha.ano) se refere à somatória das entradas e saídas do sistema (Tabela 1). A somatória dos valores varia de R\$ 4.715,00, para o fragmento de 7 anos, a R\$ 2.313,70 para o fragmento de 200 anos; esta variação em função do tempo de sucessão ecológica secundária reflete a dinâmica do ecossistema natural e evidencia o cunho ecológico desta valoração.

Este resultado demonstra a inversão da prestação de serviços, pois à medida que os fragmentos diminuem a prestação de serviços externos, eles aumentam a prestação dos serviços internos (fluxos internos), que variam de R\$ 1.236,70, para o fragmento de 7 anos, a R\$ 6.795,90 para o fragmento de 200 anos; estes fluxos cumprem o serviço de proteção, formação de solo, controle da erosão, formação e manutenção de todos os bens da floresta (estoques internos).

Os estoques de carbono presentes na biomassa vegetal e na biomassa de microrganismos são bens ambientais que a propriedade possui, responsáveis

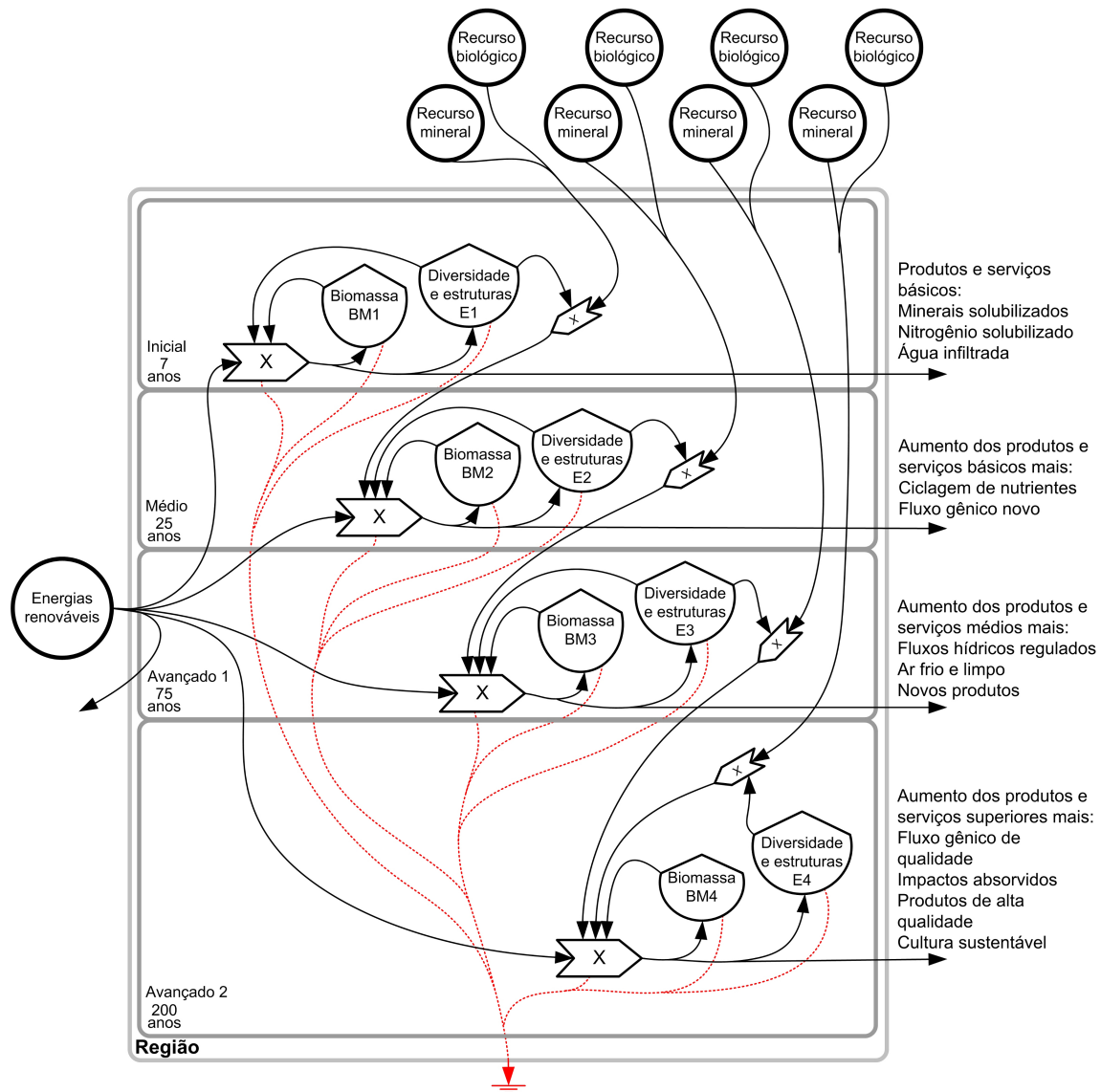


Figura 3: Diagrama que ilustra a dinâmica das Áreas de Preservação Permanente (APP) durante o processo de sucessão ecológica secundária e o fornecimento de bens e serviços ecossistêmicos. Símbolos e abreviações: BM1 – estoque de biomassa com 7 anos; E1 – Diversidade de espécies e estruturas com 7 anos; BM2 – estoque de biomassa com 25 anos; E2 – Diversidade de espécies e estruturas com 25 anos; BM3 – estoque de biomassa com 75 anos; E3 – Diversidade de espécies e estruturas com 75 anos; BM4 – estoque de biomassa com 200 anos; E4 – Diversidade de espécies e estruturas com 200 anos; Inicial – Fragmento em estágio de regeneração inicial com 7 anos; Médio - Fragmento em estágio de regeneração médio com 25 anos; Avançado 1 - Fragmento em estágio de regeneração avançado com 75 anos; Avançado 2 - Fragmento em estágio de regeneração avançado com 200 anos (RONCON, 2011).

Valoração ecológica aplicada a

pela manutenção da prestação de serviços. Estes valores mudam anualmente e respondem à fixação de carbono nos estoques, pelo processo de Produtividade Primária Líquida (PPL).

O aumento da biodiversidade é responsável pela prestação dos serviços anuais internos e

externos à propriedade, descritos como polinização, controle biológico, aumento da fertilidade e produtividade do sistema; o valor destes serviços varia de R\$ 142,30, para o fragmento de 7 anos, a R\$ 3.535,50, para fragmento de 200 anos.

Tabela 1: Valor das funções ecossistêmicas e dos serviços e bens ambientais de áreas de preservação permanente localizadas em pequenas propriedades rurais; os valores estão expressos em R\$/ha.ano nos itens a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, m e n; já os itens k e l estão expressos em R\$/ha (RONCON, 2011).

Entradas (EmR\$/ha.ano)	Idade da áreas (ano)				Função ecossistêmica	Serviços ambientais
	7	25	75	200		
a PPL (CO ₂ da atmosfera)	1.289,1	1.725,8	1.602,3	168,6	Crescimento e manutenção da estrutura vegetal e da microbiota do solo; Regulação da composição química da atmosfera..	Fixação de carbono; Regulação da composição química da atmosfera.
b CH ₄ (atmosfera)	0,0	0,1	0,2	1,0		
c O ₂ (para respiração)	0,1	0,1	0,1	0,0		
d O ₂ (para metanotrofia)	0,0	0,0	0,0	0,0		
total	1.289,2	1.726,1	1.602,6	169,6		
Saídas (EmR\$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Serviços ambientais
	7	25	75	200		
e escoamento (superficial)	795,5	519,4	175,4	59,6	Manutenção e regulação dos fluxos hidrológicos e energéticos nos ecossistemas.	Fornecimento de água e nutrientes para os riachos.
f escoamento (sub-superficial)	136,8	99,6	85,1	71,6		
g Água percolada	262,6	424,1	591,3	703,6	Manutenção e regulação dos fluxos hidrológicos.	Recarga de aquíferos.
h Afloramento de água	-	1,0	4,4	-	Afloramento de água para o ecossistema; Formação dos recursos hídricos superficiais.	Produção de água para abastecer a população humana.
i Ar frio	57,0	56,2	52,6	56,7	Manutenção dos fluxos hidrológicos e controle da temperatura do ecossistema.	Regulação do clima.
j Produto do solo	692,8	224,0	95,1	115,5	Manutenção das cadeias e teias tróficas externas ao sistema.	Fornecimento de alimento para a fauna e flora silvestre dos ecossistemas vizinhos.
total	1.944,7	1.324,3	1.003,8	1.007,0		
total dos serviços externos	3.233,9	3.050,4	2.606,4	1.176,6		

Estoque interno (EmR\$/ha)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Bens ambientais
	7	25	75	200		
k Carbono fixado (árvores)	13.147,4	46.043,8	150.470,9	292.728,1	Habitat para proteção, suporte e manutenção da vida silvestre.	Matéria prima; Estoque de energia; Estoque de carbono.
l Carbono fixado (microbiota)	2.919,2	15.481,6	63.057,4	360.211,0	Fixação, decomposição e ciclagem de nutrientes.	Decompositores.
Fluxos internos (EmR\$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Serviços ambientais
	7	25	75	200		
m Biomassa (serapilheira seca)	1.236,7	1.348,8	2.179,2	6.795,9	Regulação e manutenção da ciclagem de nutrientes; Produção de alimento para vida silvestre; Regulação e manutenção dos fluxos hidrológicos.	Proteção e formação de solo; Controle da erosão.
Biodiversidade (EmR\$/ha.ano)	Idade das áreas (ano)				Função ecossistêmica	Serviços ambientais
	7	25	75	200		
n Diferença entre as entradas de minerais nos sistemas	142,3	484,5	1.409,6	3.535,5	Regulação e manutenção de cadeias e teias tróficas; Resiliência do sistema.	Polinização; Controle biológico; Aumento da fertilidade e produtividade do sistema.

Os produtores que possuem APPs e ARL podem ser beneficiados ainda, pela comercialização de alguns produtos como mel e sementes, pelo desenvolvimento de atividades educacionais, de lazer e de turismo.

Ortega (2003), apoiado na Avaliação Emergética, desenvolveu um estudo sobre o cultivo de soja no Brasil, onde comparou diferentes modelos de produção e, sem considerar as externalidades, o modelo do sistema com herbicida apresenta uma renda líquida (ha/ano) de R\$ 10,69 contra R\$ 290,94 no sistema ecológico; porém, estas estimativas estão muito abaixo dos valores totais dos serviços ambientais apresentados na Tabela 1.

Implicações sobre as alterações do Código Florestal de 1965

Estes resultados demonstram que Áreas de Preservação Permanente, e por consideração as Áreas de Reserva Legal, cumprem, além das funções ecológicas e sociais descritas no atual Código Florestal de 1965, funções econômicas significativas que merecem destaque contra a atual proposta de alteração do Código Florestal.

A importância econômica dos Bens e Serviços Ambientais apresentados na Tabela 1 contribuem para a ampliação da abordagem do *Grupo de Trabalho do Código Florestal* (SILVA et al., 2011) para além das implicações negativas do âmbito ecológico, social e produtivo decorrentes das possíveis alterações do Código Florestal de 1965; ao passo que evidenciam o possível impacto econômico, para os agricultores e para a sociedade, caso haja redução de áreas florestadas.

Neste sentido, os resultados da Tabela 1

apontam a importância econômica que os agricultores e a sociedade correm o risco de perder (por ha.ano para os serviços ambientais e por ha para os bens ambientais) em decorrência da aprovação de um Código Substitutivo que acarrete na redução de áreas florestadas e/ou áreas em processo de sucessão ecológica secundária.

Alternativa ao viés econômico da relação seJ/PNB

Os valores obtidos pela valoração Emergética ainda não são reconhecidos pelo mercado e tampouco pela sociedade e seus representantes e, apesar da importância econômica destes Serviços, estes valores podem ser questionados pelo viés econômico da relação seJ/PNB. Mas de forma alternativa, os valores Emergéticos podem ser aplicados na correlação com o mercado do Crédito de Carbono que atualmente comercializa o Serviço Ambiental de *fixação de carbono*.

Na Tabela 1, o serviço de fixação de carbono representa 38,18%, 48,83%, 39,91% e 3,6% do valor total anual dos serviços prestados pelos fragmentos de 7, 25, 75 e 200 anos respectivamente; os valores totais (100%) somam R\$ 3.376,13, R\$ 3.534,86, R\$ 4.015,95 e R\$ 4.712,06.

Assim, o valor comercializado no mercado do crédito de carbono seria representado pela porcentagem do Serviço Ambiental apresentado no parágrafo acima e negociado com as Empresas que pagam por estes serviços, mediante uma proposta de correção dos valores pelas porcentagens dos Serviços Ambientais associados à fixação de carbono.

A seguir, apresentam-se as porcentagens que correspondem aos cinco Serviços Ambientais associados ao Serviço de fixação de carbono, para os fragmentos de 7, 25, 75 e 200 anos respectivamente; (1) o Serviço de *fornecimento de água e nutrientes para os riachos* representa 27,61%, 17,51%, 6,49% e 2,78%; (2) o Serviço de

recarga de aquíferos representa 7,78%, 12%, 14,72% e 14,92%; (3) o Serviço de *regulação do clima* representa 1,69%, 1,59%, 1,31% e 1,2%; (4) o Serviço de *fornecimento de alimento para a fauna e flora silvestre dos ecossistemas vizinhos* representa 20,52%, 6,34%, 2,37% e 2,45%; (5) o Serviço de *polinização, controle biológico, aumento da fertilidade e da produtividade do sistema* representa 4,21%, 13,71%, 35,10% e 75,03%.

A somatória dos cinco Serviços associados corresponde a 61,82%, 51,15%, 59,99% e 96,42% do total dos Serviços Ambientais prestados pelos fragmentos de 7, 25, 75 e 200 anos, respectivamente. Esta somatória foi utilizada para calcular um fator de correção que pode ser utilizado para valorar os Serviços associados. Neste sentido, foram calculados os fatores de correção, que seriam empregados na multiplicação do valor do Serviço de fixação de carbono (crédito de carbono): 2,619, 2,048, 2,506 e 27,778 para os fragmentos de 7, 25, 75 e 200 anos, respectivamente.

A precisão do cálculo e a aplicação destes fatores de correção poderiam ser viabilizadas pela implantação de um projeto piloto de *pagamento por créditos de carbono e serviços ambientais associados*. Tal projeto seria articulado com Empresas que negociam crédito de carbono no *mercado voluntário* e que se dispõe a pagar um *valor adicional* pelos serviços associados. Neste projeto piloto, o pagamento pelos Serviços prestados seria efetuado após a medição da fixação de carbono e dos serviços associados, obtidos pelo Modelo LEIA 0-200 Versão 19-17-13-06, na área do plantio; desta maneira, os fatores de correção poderiam ser recalculados a partir dos valores Emergéticos; assim, os fatores obtidos não teriam o viés da relação seJ/PNB e continuariam a ser valorados segundo os conceitos da Economia Ecológica.

Conclusão

O produtor é beneficiado, assim como a

sociedade, por Serviços Ambientais durante a sucessão ecológica secundária dos fragmentos florestais localizados em Áreas de Preservação Permanente.

As Áreas de Preservação Permanente são importantes para sustentabilidade de processos produtivos que usufruem, diretamente, dos diferentes Serviços Ambientais prestados por estas áreas e para a manutenção do bem estar das populações humanas.

A Avaliação Emergética consiste em um método que pode ser utilizado para uma valoração, dos Bens e Serviços Ambientais, baseada no funcionamento dos ecossistemas; pois oferece um contraponto metodológico para subsidiar uma discussão no âmbito da Economia Ecológica frente à valoração elaborada pela Economia Neoclássica.

Os valores apresentados servem para a reflexão, dos produtores, dos representantes e da sociedade civil, sobre importância destas áreas nos processos de tomada de decisão e formulação de Políticas Públicas, contra a proposta de alteração do Código Florestal, pois estas Áreas podem sim, beneficiar os agricultores e a sociedade também de forma econômica.

O desenvolvimento de um projeto piloto, de *pagamento por créditos de carbono e serviços ambientais associados*, poderia viabilizar a aplicação de uma nova forma de valoração e de um novo mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais com a aplicação de fatores de correção para se remunerar os Serviços associados à fixação de carbono.

Diante de um desafio multidisciplinar, este trabalho apresenta os resultados de um primeiro esforço neste campo de investigação; assim, aprimoramentos precisam ser feitos com o desenvolvimento de novas pesquisas neste tema.

Agradecimentos

Agradecemos ao Sr. Guaraci Diniz e ao Sr. Aluizio Franco por apoiar o estudo dos fragmentos

nas propriedades, ao Laboratório de Fertilidade, Física e Microbiologia de Solos do CCA/UFSCar e ao Laboratório de Engenharia Ecológica da FEA/UNICAMP por fornecerem a infra-estrutura e o apoio científico e a CAPES por conceder a bolsa de estudos.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. **Lei no 4.771/65, de 15 de setembro de 1965**, já alterada pela Lei no 7.803 de 18 de julho de 1989, que institui o Novo Código Florestal. In: DEPRN. Setor de Legislação (Comp.) Coletânea Básica de Legislação. São Paulo, 2002.
- COELHO, O. et al. Balanço de Energia do Brasil (Dados de 1996, 1989 e 1981). In: ORTEGA, Henrique (org.). **Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável**. 2003.
- COHEN, M. J. Dynamic Emergy Simulation of Soil Genesis and Techniques for Estimating Transformity Confidence Envelopes. Emergy Synthesis 2: Theory and applications of the emergy methodology. **Proceedings of the 2nd biennial emergy conference – Gainesville - FL**, September 2001. The Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville. 2003. p. 355-369.
- CONAMA. **RESOLUÇÃO nº 1, de 31 de janeiro de 1994**. Publicada no DOU no 24, de 3 de fevereiro de 1994, Seção 1, p.1684-1685.
- DE GROOT, R.S. **Functions of Nature**. Amsterdam, Wolters-Noordhoff, 1992. 315p.
- ODUM, H.T. **Emergy Accounting. Environmental Engineering Sciences**. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. April 2000.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. 1 ed.. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 1998.424 p.
- ODUM, H.T. **Environmental accounting, emergy and decision making**. New York: John Wiley & Sons. 1996. p. 370.
- ODUM, H.T.; ODUM, E.C. **Modeling for all scales: an introduction to system simulation**. Academic Press, San Diego, CA, United States, 2000. 458 p.
- ORTEGA, E. New emergy indices for a prosperous way down. **Sixth Biennial Emergy Research Conference**. January 14 - January 16, University of Florida, Gainesville, Florida, 2010.
- ORTEGA, E. **A soja no Brasil: modelos de produção, custos, lucros, externalidades,**

sustentabilidade e políticas públicas.

FEA/LEIA, Unicamp. 2003. Online. Disponível na Internet www.unicamp.br/fea/ortega/soja/Resumo-SojaBrasil-Ortega2003.pdf

PATTERSON, M.G. Ecological production based pricing of biosphere process. **Ecological Economics**. V.41, 2002. p. 457-478.

POST – Parliamentary Office of Science and Technology. **Ecosystem Services**. Post Note, no 281, 2007. Online. Disponível na Internet http://www.parliament.uk/documents/upload/post_pn281.pdf

PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. São Paulo: UNESP, 2008.

RONCON, T. J. Valoração Ecológica de Áreas de Preservação Permanente. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural), Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, 2011. 180 f.

SILVA, J. A. A. et al. **O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo**. ISBN 978-85-86957-16-1. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC. 2011. 124 p.

TILLEY, D.R. Emergy Basis of Forest Systems. PhD Dissertation. University of Florida, 1999. p. 310.