

## Eficácia de barreira de eucaliptos na contenção do efeito de borda em fragmento de floresta subtropical no estado de São Paulo, Brasil

The effectiveness of *Eucalyptus* barrier in containing the edge effect on a subtropical forest fragment in the state of São Paulo, BrazilMarcio Irias do Nascimento<sup>1</sup>, Fábio Poggiani<sup>2</sup>, Giselda Durigan<sup>3</sup>, Antonio Francisco Iemma<sup>4</sup> e Demóstenes Ferreira da Silva Filho<sup>5</sup>

---

**Resumo**

Os efeitos de borda, decorrentes do isolamento e das alterações microclimáticas subsequentes, são uma das mais importantes ameaças à conservação de fragmentos florestais. Nesta pesquisa foi avaliada a eficácia da manutenção de uma barreira formada por três linhas de eucaliptos ao longo da borda de um fragmento de floresta subtropical estacional semidecidual, circundado por eucaliptocultura. Procurou-se desta forma amenizar as modificações microclimáticas (luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar) e os impactos mecânicos ocasionados pela colheita da madeira dos eucaliptos, sobre a vegetação nativa na zona de contato entre o fragmento e a plantação florestal. A barreira de eucalipto mostrou-se eficaz ao amenizar o microclima, proporcionando redução global de 35% na luminosidade incidente sobre o solo na borda do fragmento e redução média de 1°C na temperatura do ar; além de elevar em 3,4% a umidade relativa. A barreira foi eficaz também na prevenção dos impactos mecânicos sobre a vegetação nativa, evitando danos às árvores adultas e preservando o estrato regenerante junto à borda do fragmento florestal. Onde a barreira não foi mantida, o estrato regenerante foi reduzido a menos de 20% da densidade e 50% da riqueza das espécies. A barreira de eucaliptos pode, portanto, ser recomendada como um meio eficaz de minimizar os impactos mecânicos das operações silviculturais e, sobretudo, amenizar as condições microclimáticas ao longo da borda de fragmentos florestais, com destaque para a redução da luminosidade incidente no sub-bosque.

**Palavras-Chave:** Atenuação de efeito de borda, Barreira arbórea, *Eucalyptus*, Microclima**Abstract**

Edge effects resulting from isolation and subsequent microclimatic changes are one of the most important threats to the forest fragments conservation. The efficiency of maintaining a barrier formed by three rows of *Eucalyptus* along the edge of a subtropical seasonal semi deciduous forest fragment, surrounded by *Eucalyptus* monoculture, was evaluated as a way of softening the microclimatic changes (light intensity, temperature and relative humidity) and the impacts of eucalypt mechanized harvesting on the native vegetation along the contact zone between the forest fragment and the plantation. The *Eucalyptus* barrier was effective in softening the microclimate. Light intensity was 35% lower in the presence of the barrier. The barrier also provided a reduction of 1°C in air temperature and increased in 3.4% in relative humidity throughout the year. The barrier was also effective in preventing the impact on native vegetation, avoiding damage to adult trees and preserving the regenerating forest stratum near the border, which was reduced to less than 20% in density and 50% in richness, with no such barrier. The barrier of *Eucalyptus* may, therefore, be recommended as an effective method to minimize the impacts of mechanized forest harvesting operations and mitigate the microclimatic conditions along the edge of forest fragments.

**Keywords:** Edge effect control, *Eucalyptus grandis*, Microclimate

---

<sup>1</sup>Mestre pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada Recursos Florestais pelo Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - Caixa Postal 09 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: [fpoggian@esalq.usp.br](mailto:fpoggian@esalq.usp.br)

<sup>3</sup>Pesquisadora Doutora da Floresta Estadual de Assis do Instituto Florestal do Estado de São Paulo - Caixa Postal 104 - Assis, SP - 19802-970 - E-mail: [giselda@femanet.com.br](mailto:giselda@femanet.com.br)

<sup>4</sup>Professor Titular Aposentado da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - AFSTAT - Consultoria Estatística - Rua Dr. Paulo Pinto, 1058 - São Dimas - Piracicaba, SP - 13416-222 - [iemma@afstat.com.br](mailto:iemma@afstat.com.br)

<sup>5</sup>Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - Caixa Postal 09 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: [dfsilva@esalq.usp.br](mailto:dfsilva@esalq.usp.br)

## INTRODUÇÃO

A conversão de grandes áreas de florestas nativas para outros usos da terra leva à criação de fragmentos isolados, imersos em uma matriz de ambientes não florestais ou “matriz inter-habitat” (FORMAN e GODRON, 1986; SAUNDERS *et al.*, 1991; FRANKLIN, 1993).

A fragmentação e a perda de habitat podem provocar alterações estruturais e florísticas em comunidades florestais tropicais (LAURANCE, 2001), sobretudo em decorrência das alterações físicas e ecológicas provenientes do isolamento, em especial na área de transição entre o fragmento e o novo sistema de cultivo instalado no entorno (LOVEJOY *et al.*, 1986; BIERREGAARD *et al.*, 1992). Esses efeitos são decorrentes de gradientes diferenciados de mudanças físicas e bióticas nas faixas marginais dos fragmentos florestais e, portanto, são mais intensos junto à borda (LOVEJOY *et al.*, 1986; MURCIA, 1995).

A influência das áreas de borda dos fragmentos sobre o microclima e o equilíbrio do ecossistema natural é o tópico de maior interesse, nas últimas décadas, em estudos de padrões e processos da paisagem, associados com a criação de bordas e fragmentação (HARPER *et al.*, 2005). A capacidade de se prever a extensão e magnitude do efeito de borda é um pré-requisito para o desenvolvimento de estratégias de conservação que visam reduzir os efeitos negativos da fragmentação (MURCIA, 1995; SAUNDERS *et al.*, 1991).

A criação de bordas florestais expostas a locais abertos induz modificações em cadeia nas condições microclimáticas (KAPOS, 1989; WILLIAMS-LINERA, 1990; CAMARGO e KAPO, 1995), iniciando pelo aumento da penetração da luz solar (MURCIA, 1995) e maior incidência de ventos (LAURANCE, 1997; LAURANCE *et al.*, 1998a; NASCIMENTO e LAURANCE, 2002; GASCON *et al.*, 2000; WILLIAMS-LINERA, 1990; CAMARGO e KAPO, 1995). O aumento da incidência de luz e a intensificação dos ventos ocasionam geralmente a elevação da temperatura (NICHOL, 1994) e aumento da evapotranspiração (MATLACK, 1993), proporcionando, assim, diminuição da umidade relativa do ar e do solo (KAPOS, 1989) e, conseqüentemente, a ocorrência de estresse por deficiência hídrica (ESSEEN e RENHORN, 1998).

As principais conseqüências das modificações microclimáticas sobre as comunidades florestais compreendem o aumento nas taxas de mortalidade e danos a espécies arbóreas, resultando

em abertura mais frequente de clareiras junto às bordas (WILLIAMS-LINERA, 1990; FERREIRA e LAURANCE, 1997; LAURANCE *et al.*, 1998a), mudanças na abundância relativa e composição de espécies vegetais que podem ocorrer, em grande parte, devido ao aumento no recrutamento e densidade de espécies arbóreas pioneiras (WILLIAMS-LINERA, 1990; LAURANCE *et al.*, 1998b; SIZER e TANNER, 1999), aumento na densidade de cipós adaptados a locais perturbados (LAURANCE *et al.*, 2001), diminuição na densidade de plântulas de espécies tardias (BENÍTEZ-MALVIDO, 1998) e até extinção local de espécies vegetais (LAURANCE *et al.*, 2002). Outros grupos de espécies podem ser afetados, tais como espécies suscetíveis à baixa umidade (FERREIRA e LAURANCE, 1997), ao fogo (COCHRANE e LAURANCE, 2002) ou à competição com espécies ruderais e trepadeiras (D'ANGELO *et al.*, 2004). A redução da umidade ainda pode contribuir para o aumento dos incêndios, que são frequentes em bordas de fragmentos florestais (COCHRANE e LAURANCE, 2002).

Apesar dos efeitos de borda serem relativamente bem conhecidos, ainda não foram desenvolvidas técnicas de manejo capazes de evitar ou reverter as modificações nos ecossistemas ao longo das bordas de florestas expostas pela fragmentação.

Barreiras arbóreas (*windbreaks* ou *shelterbelts*) foram inicialmente utilizadas na Escócia no século XVIII, passando a ser utilizadas em todo o mundo a partir do século XIX, sobretudo para redução da velocidade do vento (CARD, 1897; BATES, 1911; GUYOT, 1963). Estudos sobre seus efeitos de proteção demonstram que essas barreiras trazem outros benefícios, incluindo: redução da temperatura e da amplitude térmica, aumento da umidade relativa do ar, redução das perdas por evapotranspiração e aumento da eficiência fotossintética da cultura protegida, entre outros (STAPPLE e LEHANE, 1955; SIDDOWAY, 1970; SKIDMORE, 1976). No Brasil, Poggiani (1996) e Poggiani e Oliveira (1998), visando o monitoramento e a mitigação dos impactos ambientais gerados pela implantação de vastos maciços florestais homogêneos, sugeriram a implantação de “cortinas arbóreas” ao redor dos fragmentos remanescentes de vegetação nativa.

Estudos realizados com a finalidade de descrever a barreira protetora ideal mencionam alguns atributos, destacando-se que: a barreira deve ser formada por espécies de copa não muito densa, pois assim a proteção se estende

por área mais ampla e não ocorre turbilhona-mento; a espécie deve ser perenifólia e de cres-cimento monopodial, para que a barreira seja permanente, homogênea e sem aberturas; a es-pécie não pode oferecer o risco de se tornar in-vasora, deve ter alta longevidade e não quebrar facilmente com o vento (ANDERSON, 1935; ORMAN, 1976). A altura das árvores é, invari-avelmente, mencionada como um atributo dese-jável (GOMES, 1972), pois a extensão da área protegida é proporcional à altura da barreira. As espécies de eucalipto cultivadas no Brasil preenchem esses requisitos e, portanto, são po-encialmente recomendáveis para a formação de barreiras de proteção. Além disso, merece destaque a observação de que não existem, no Brasil, registros de invasão de ecossistemas flo-restais por espécies de eucalipto.

A monocultura de eucalipto ocupa hoje ex-tensas áreas em todo o país, sendo atividade de alta relevância para a economia brasileira e, mediante os requisitos da certificação florestal, é cada vez maior a proporção de áreas com flores-tas nativas imersas nas plantações de eucalipto. Esta nova paisagem é ainda pouco compreendi-da em seus aspectos ecológicos.

Foi objetivo deste estudo avaliar a efica-cia da manutenção de uma barreira de eu-caliptos como medida de manejo, visando amenizar as modificações microclimáticas e evitar danos mecânicos à vegetação nativa durante a colheita da madeira, junto à borda de um fragmento florestal em matriz ocupa-da por eucaliptocultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A Fazenda Santa Inês, localizada no municí-pio de Capão Bonito, estado de São Paulo, (co-ordenadas geográficas 23° 51'78"S e 48° 21'44" W) é ocupada em grande parte por monocultura de eucalipto, entremeada por vários fragmentos florestais remanescentes, um dos quais, com área de 93,54 ha e perímetro de 13.305 m, foi objeto deste estudo. O experimento foi instala-do em um trecho de borda do fragmento, com 600 metros de extensão, em que as caracte-rísticas ambientais, tais como: posição topográfica, face de exposição e altura do dossel (ao redor de 15 m) apresentavam certa homogeneidade. A borda em que foi efetuado o estudo situa-se a nordeste do fragmento, com maior incidência de luz solar no período da manhã.

A vegetação natural da região é classificada como floresta estacional semidecidual, com base em Veloso *et al.* (1991). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, subtropi-cal de região serrana, úmido e sem estiagem. A precipitação média anual na região é de 1200 mm e a temperatura média anual de 18,5°C (BRASSIOLO, 1988), com evapotranspiração potencial de 863 mm e excedente de 373 mm. O solo da Fazenda Santa Inês é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, típico, Álico a moderado, textura muito argilosa, relevo plano a suave-mente ondulado (RIZZO, 2001).

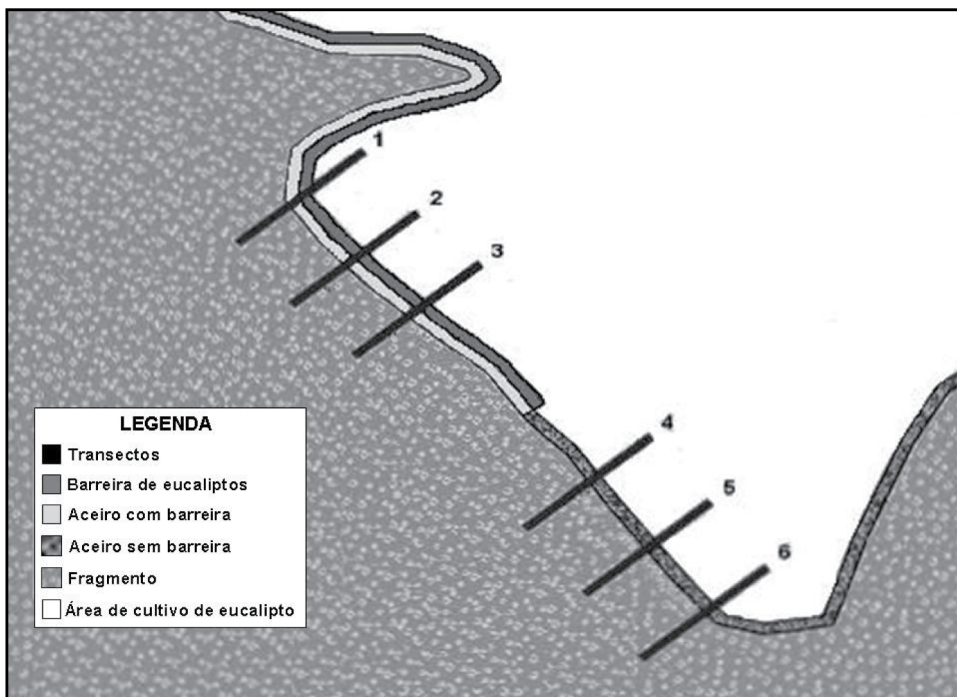
### Tratamentos

Este experimento foi instalado por ocasião da exploração de um talhão de eucaliptos que cir-cundava o fragmento, constituído por híbridos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake com idade de sete anos, altu-ra ao redor de 30 m e espaçamento de plantio de 2 m entre árvores e 3 m entre linhas.

Em setembro de 2006, por ocasião da co-lheita florestal, foram constituídos dois trata-mentos. No primeiro, foram cortados todos os eucaliptos do plantio comercial até a borda do fragmento, ao longo de um trecho de 300 m. No segundo tratamento foram mantidas três linhas de eucaliptos ao longo da borda do fragmen-to em outros 300 m, constituindo a "barreira de proteção" (Figuras 1 e 2). Foram coletados dados microclimáticos ao longo da borda do fragmento nas áreas "com" e "sem" a barreira de eucaliptos, abrangendo uma faixa de 60 me-tros de largura, sendo 30 metros para dentro e 30 metros para fora do fragmento, em relação à borda. As variações microclimáticas dentro de cada um dos tratamentos foram acompanhadas em pontos distribuídos em três transectos (ré-licas), alocados perpendicularmente à borda do fragmento. Foi conservada uma distância de 200 m entre os tratamentos, conforme eviden-ciado nas Figuras 1 e 2, visando minimizar pos-síveis interferências.

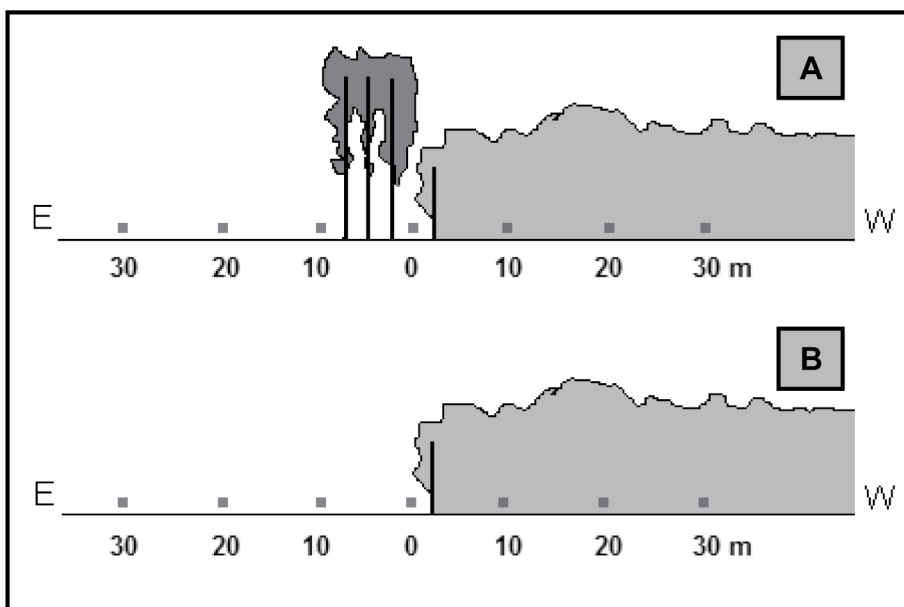
### Variáveis microclimáticas

Para avaliar o efeito da barreira protetora so-bre o microclima, foram analisadas as seguin-tes variáveis tomadas ao nível do solo, nos perí-odos da manhã (8 - 9 h), ao meio-dia (12 - 13 h) e à tarde (16 - 17 h). As medidas foram efetua-das sempre em dias claros e sem a interferência de nuvens. A luminosidade foi tomada com o equipamento Quantum Meters Photosynthetic



**Figura 1.** Localização dos seis transectos ao longo da borda do fragmento florestal, situado na Fazenda Santa Inês, Capão, Bonito, SP.

**Figure 1.** Location of the six survey transects (6) along the forest edge, at Santa Inês Farm, Capão Bonito, State of São Paulo, Brazil.



**Figura 2.** Localização esquemática dos pontos de amostragem em relação à distância da borda do fragmento: (A) Pontos nos transectos do tratamento com barreira de eucaliptos; (B) Pontos nos transectos do tratamento sem barreira de eucaliptos.

**Figure 2.** Schematic location of the survey points according to the distance from the forest edge: (A) Points in transects of the treatment with eucalyptus barrier; (B) Point in transects of the treatment without eucalyptus barrier.

Pothon Flux1 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), aos três, seis, nove e onze meses após a aplicação dos tratamentos; a temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas com o equipamento Hygrotherm modelo Termo-higrômetro digital, tomadas mensalmente, desde o 1º até o 11º mês a partir do início do experimento.

### Impactos sobre a vegetação nativa

Para avaliação do impacto da colheita florestal sobre o fragmento, efetuou-se o levantamento da vegetação em via de regeneração nas áreas sob as copas da barreira de eucaliptos, incluído também a área correspondente ao antigo aceiro (desativado há quatro anos), que margeava a

borda do fragmento (Figura 2). Da mesma forma efetuou-se o levantamento da vegetação em regeneração na faixa correspondente, localizada na área do tratamento sem a barreira de eucaliptos. Nessas duas áreas, em cada tratamento, foram demarcadas quatro parcelas de 5 m x 3 m, distribuídas de forma casualizada. Nestas parcelas foram identificadas e contabilizadas todas as plantas com altura a partir de 50 cm e circunferência à altura do peito (CAP) inferior a 10 cm.

Além disso, efetuou-se o censo de todas as árvores nativas adultas com CAP acima de 10 cm, situadas na área mais externa da borda do fragmento, que sofreram injúrias ou foram derrubadas durante as operações de exploração da plantação florestal ao longo dos 600 m de extensão da área experimental, considerando-se os tratamentos com e sem a barreira de eucaliptos.

### Análise dos dados

Para as análises microclimáticas foram consideradas três variáveis: Luminosidade ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e Umidade Relativa (%). Foram considerados significativos os parâmetros ou funções lineares de seus níveis, para os quais resultaram p-valores tais que  $p \leq 0,05$ .

Os procedimentos da inferência estatística foram sempre precedidos por testes de verificação das pressuposições do modelo, sendo utilizado o teste de Dixon-Grubbs-Neuman para dados discrepantes ou *outliers*, o teste de Kolmogorov-Smirnov para normalidade e o teste de Cochran, para homogeneidade de variâncias. Dentre as variáveis em estudo, apenas a temperatura contemplou as pressuposições do modelo e não demandou transformação. A luminosidade e a umidade relativa foram submetidas, respectivamente, à transformação logarítmica e à transformação raiz quadrada. As transformações das variáveis microclimáticas utilizadas nas análises são apresentadas na Tabela 1.

As variáveis resultantes foram analisadas com as técnicas da análise de variância paramétrica. As comparações múltiplas entre médias foram efe-

tuadas através do critério de Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*). Assim, nas tabelas do texto, letras diferentes indicam médias diferentes.

Os cálculos foram realizados através dos sistemas estatísticos SAS (*Statistical Analysis System* – Versão 6.11) e UNISTAT (*Statistical Package for Windows*-Versão 5.0).

Visando simplificar a interpretação, os resultados estão descritos no texto e nas tabelas com as variáveis originais. Para caracterização da regeneração da vegetação nativa na borda do fragmento utilizou-se apenas a densidade observada nas parcelas amostradas. Os danos mecânicos às árvores da borda do fragmento, resultantes das operações de colheita mecanizada, foram analisados através da comparação entre os valores obtidos no censo efetuado em cada tratamento.

## RESULTADOS

### Impactos sobre a vegetação nativa em regeneração

Foram amostradas 43 espécies vegetais em regeneração, identificadas pelo menos em nível de gênero, 36 ocorrendo na faixa de borda protegida pela barreira de eucaliptos e 18 na faixa desprotegida (Tabela 2), sendo 10 espécies comuns aos dois tratamentos.

Mais da metade das espécies observadas é arbórea, indicando que a vegetação florestal tende a se expandir na faixa de proteção. A faixa de borda desprotegida (sem barreira de eucaliptos) apresentou densidade inferior de plantas em regeneração, estimada em 5.167 plantas por hectare, em relação à faixa protegida, com 26.333 plantas por hectare. Entre os diversos fatores ambientais, este resultado pode ser atribuído principalmente à morte das espécies em regeneração ocasionada pela passagem das máquinas utilizadas nas operações de colheita florestal na faixa de borda do tratamento, onde a barreira de proteção não foi mantida. Observou-se a presença predominante de espécies arbóreas e arbustivas da fase inicial da sucessão secundária, características de floresta

**Tabela 1.** Transformações de variáveis microclimáticas utilizadas nas análises.

**Table 1.** Transformations of the microclimate variables used in the analyses.

Variável	Dados	Normalidade:	Homogeneidade de Variâncias:
		Kolmogorov-Smirnov	Cochran
Luminosidade	Originais	$p < 0,01$	$p < 0,01$
	Logaritmos	$p = 0,09$	$p = 0,24$
Temperatura	Originais	$p = 0,12$	$p = 0,55$
	-	-	-
Umidade	Originais	$p < 0,01$	$p = 0,03$
	Raiz Quadrada	$p = 0,17$	$p = 0,12$

**Tabela 2.** Plantas em regeneração nas parcelas de amostragem\* junto à borda do fragmento florestal nos tratamentos com e sem a barreira de eucaliptos.

**Table 2.** Plant regenerating in the survey plots, close to the edge of the forest fragment protected or not by the barrier of eucalyptus.

Família	Gênero / Espécie	Densidade	
		Com barreira	Sem barreira
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	1	1
	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	12	-
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. ex A. DC.	1	-
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	1	-
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	-	1
	<i>Symphopappus cuneatus</i> (DC.) Sch. Bip. ex Baker	1	-
Boraginaceae	<i>Cordia sylvestris</i> Jacq.	1	-
	<i>Tournefortia maculata</i> Fresenius	1	-
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Baill.	6	8
	<i>Sapium glandulatum</i> Pax	-	1
Fabaceae-Faboideae	<i>Machaerium paraguariense</i> Hassler	1	-
Fabaceae-Mimosoideae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	3	1
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	9	-
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	5	1
Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	1	-
	<i>Ocotea acuminata</i> Baker	1	-
Indeterminadas	Lianas (indeterminadas)	44	-
Malvaceae	<i>Abutilon</i> sp	5	-
	<i>Miconia cf affinis</i> DC.	1	-
Melastomataceae	<i>Miconia cf inconspicua</i> Miq.	-	1
	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	9	-
Myrsinaceae	<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	4	1
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i> sp	-	1
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i> L.	7	1
	<i>Piper amalago</i> L.	2	-
Poaceae	<i>Chusquea</i> sp	1	-
	<i>Chusquea</i> sp	2	-
Polygalaceae	<i>Polygala</i> sp	3	-
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urban	13	3
Rubiaceae	<i>Guettarda</i> sp	1	-
	<i>Palicourea macrobotrys</i> (Ruiz & Pav.) DC.	2	-
Ruscaceae	<i>Cordyline spectabilis</i> Kunth & Bouché	1	-
Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	-	1
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1	-
	<i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk.	-	1
	<i>Cestrum amictum</i> Schltdl.	1	1
	<i>Solanum americanum</i> Mill.	-	1
	<i>Solanum argenteum</i> Dunal	-	1
Solanaceae	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	4	1
	<i>Solanum variabile</i> Mart.	3	-
	<i>Solanum concinnum</i> Sendtn.	4	-
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i> Pohl	1	-
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris</i> sp	4	5
Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i> L.	1	-
<b>Total</b>		<b>158</b>	<b>31</b>
<b>Total ha<sup>-1</sup></b>		<b>26333</b>	<b>5167</b>

\*Área total de 60 m<sup>2</sup>

semidecídua e sua transição para o cerrado, que pode ser atribuída principalmente à dispersão de propágulos provenientes da borda do fragmento. As lianas, que constituem 28% das plantas observadas dentro da área de regeneração amostrada ao longo da borda do fragmento com

proteção, evidenciam sua capacidade de rápida ocupação deste habitat, onde a biodiversidade é francamente favorecida. O censo de injúrias, efetuado em toda a extensão da borda do fragmento, evidenciou que a manutenção da barreira de eucaliptos reduziu a incidência de danos mecâ-

nicos às árvores adultas. Apenas uma única árvore adulta foi danificada durante a colheita do eucalipto na faixa de 300 m da borda protegida, enquanto 17 árvores sofreram injúrias na faixa da borda sem proteção.

### Efeito da barreira de eucalipto sobre a luminosidade

A barreira de eucalipto mostrou-se eficaz reduzindo em aproximadamente 35% a luminosidade no conjunto de todos os pontos amostrados ao longo de 11 meses, desde o início do experimento, conforme pode ser observado na comparação geral da Tabela 3. O maior efeito foi observado na borda do fragmento, onde o valor médio da luminosidade no tratamento com a barreira de eucaliptos foi aproximadamente três vezes inferior ao registrado no tratamento sem a barreira de proteção.

Em ambos os tratamentos, a luminosidade média fora do fragmento foi significativamente superior à luminosidade média observada dentro. Porém, no interior do fragmento, não houve diferença entre tratamentos e nem entre os pontos de amostragem, sugerindo que a barreira de eucaliptos reduz a luminosidade de maneira significativa apenas na área próxima à borda do fragmento.

A maior discrepância dos valores de luminosidade, entre os tratamentos e nos diferentes períodos do dia, foi observada na borda do fragmento (ponto 0), por ocasião da primeira avaliação após a instalação do experimento (Figura 3).

É justamente neste ponto que se espera a maior eficácia da proteção pela barreira de eucaliptos sobre o fragmento, uma vez que é nesta interface que os efeitos de borda são mais intensos.

Observa-se ainda na Figura 3, que a luminosidade no conjunto de todos os pontos amostrados no interior do fragmento, independentemente do período do dia, permanece baixa e com pequenas variações. No ponto 0 (Figura 2), o efeito da barreira de eucaliptos foi maior durante o período da manhã, visto que a luminosidade neste tratamento chegou a ser aproximadamente 10 vezes menor em comparação à luminosidade observada no tratamento sem a barreira de eucaliptos. Neste mesmo ponto, a luminosidade tornou-se mais acentuada por volta do meio-dia, quando o sol fica em posição perpendicular ao dossel do fragmento. Entretanto, nesse período observou-se uma menor diferença entre a luminosidade incidente no sub-bosque dos dois tratamentos.

Constatou-se também que a média de luminosidade em todos os pontos diminuiu ao longo do tempo, até onze meses após a instalação do experimento, em ambos os tratamentos (Figura 4). Este fato pode ser explicado pelo crescimento da rebrota dos eucaliptos, que sofreram corte raso quando da instalação do experimento e que, após onze meses, em virtude do seu rápido crescimento, já apresentavam altura média em torno de 7 metros e grande expansão do volume das copas.

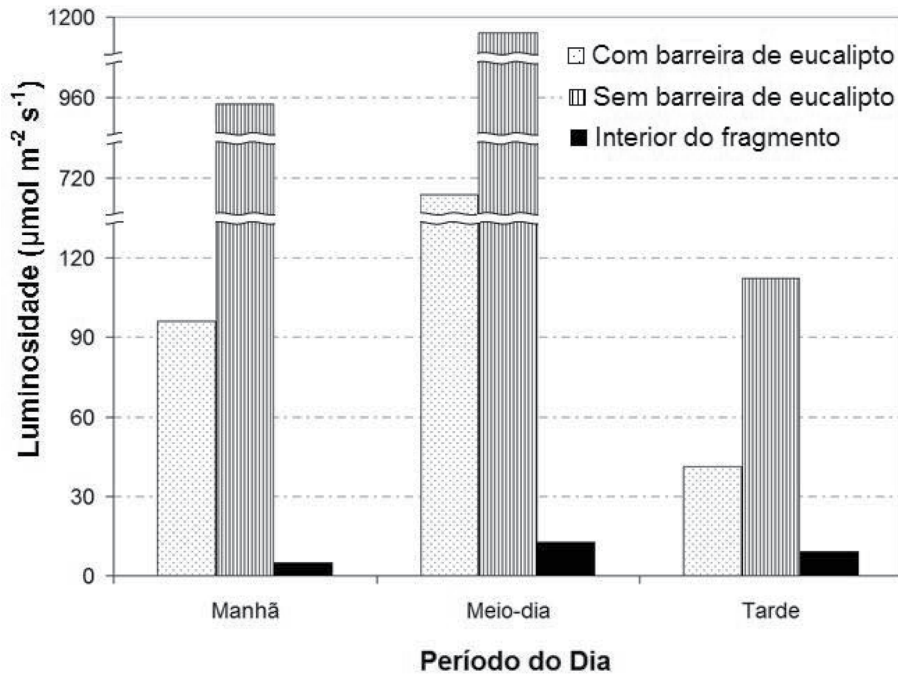
**Tabela 3.** Luminosidade ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em diferentes distâncias da borda do fragmento, com ou sem proteção da barreira de eucalipto (valores médios de todos os períodos de medição).

**Table 3.** Light intensity ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) at different distances from the forest edge, protected or not by *Eucalyptus* barrier (average values of all evaluation periods).

Tratamento	Pontos	N	Média	Intervalo de confiança (95%)		Comparação geral
				Limite inferior	Limite superior	
Com barreira de eucalipto	30 m fora	45	704,71 c	521,41	888,01	cd
	20 m fora	45	607,38 c	439,08	775,68	c
	10 m fora	45	567,33 c	395,93	738,74	c
	Borda	45	247,22 b	143,92	350,51	b
	10 m dentro	45	36,94 a	17,68	56,21	a
	20 m dentro	45	13,45 a	9,23	17,66	a
	30 m dentro	45	12,09 a	7,46	16,73	a
	<b>Média</b>	<b>315</b>	<b>312,73</b>	<b>258,42</b>	<b>367,04</b>	<b>A</b>
Sem barreira de eucalipto	30 m fora	45	915,74 c	734,34	1097,14	e
	20 m fora	45	878,02 c	696,54	1059,51	e
	10 m fora	45	866,76 c	679,37	1054,14	e
	Borda	45	730,24 b	558,91	901,58	d
	10 m dentro	45	35,85 a	12,08	59,63	a
	20 m dentro	45	13,62 a	9,34	17,90	a
	30 m dentro	45	14,29 a	8,64	19,95	a
	<b>Média</b>	<b>315</b>	<b>493,51</b>	<b>425,71</b>	<b>561,29</b>	<b>B</b>

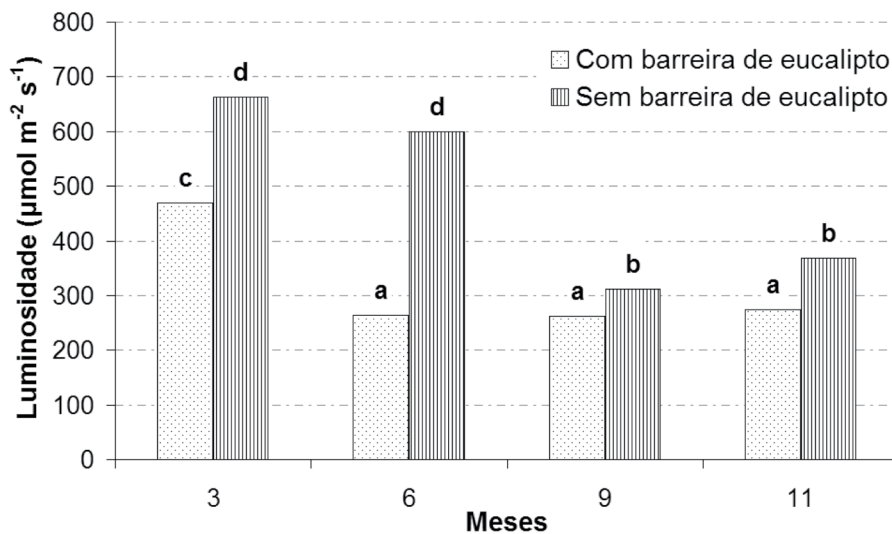
Valores seguidos da mesma letra dentro de cada tratamento (Média) ou entre os tratamentos (Comparação geral) não diferem entre si pelo Teste de Tukey HSD ( $P > 0,05$ ). Letras maiúsculas foram utilizadas na comparação entre os dois tratamentos, com base nos valores médios de todos os pontos.





**Figura 3.** Luminosidade, em diferentes períodos do dia, no interior e junto à borda do fragmento florestal (ponto zero), protegida ou não por barreira de eucaliptos (dados obtidos em dezembro de 2006 na primeira medição, após a aplicação dos tratamentos).

**Figure 3.** Light intensity at different periods of the day, within the forest fragment and close to the forest border (point zero), protected or not by barrier of eucalyptus (data obtained in December - 2006, in the first measurement after treatment).



**Figura 4.** Luminosidade (média de todos os pontos amostrados), ao longo do tempo decorrido desde a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey HSD ( $P > 0,05$ ).

**Figure 4.** Light intensity (mean of all the plots) in different times after treatment application, close to the forest edge protected or not by the eucalyptus barrier. Means followed by the same letter do not differ by Tukey test HSD ( $P > 0.05$ ).

Assim, pode-se observar no gráfico que a eficácia da barreira de eucaliptos decresce ao longo do tempo, quando o fragmento está envolto por monocultivo de eucalipto.

#### Efeito da barreira de eucaliptos sobre a temperatura do ar

Observou-se que os valores médios de temperatura do ar, durante todo o período de avalia-

ção, apresentaram uma pequena variação entre os pontos de amostragem dentro de cada tratamento, principalmente considerando os pontos mais internos do fragmento em relação à parte externa, ou seja, dentro do talhão de eucaliptos (Tabela 4). Considerando-se todos os pontos de amostragem, em ambos os tratamentos, observou-se que a temperatura média no tratamento sem barreira de eucaliptos foi superior em 1 °C,



o que indica a eficácia da barreira na amenização da temperatura, fato este que pode atenuar o efeito de borda. Observou-se, entretanto, que nos pontos mais afastados da barreira (aos 30 metros), dentro do talhão de eucaliptos, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

#### Efeito da barreira de eucaliptos sobre a umidade relativa do ar

Analisando-se as diferenças de umidade relativa do ar entre os pontos de amostragem em cada tratamento, verifica-se que em ambos existem diferenças significativas apenas entre os

pontos mais internos do fragmento e os mais externos do talhão de eucaliptos em relação à borda do fragmento (Tabela 5). Este resultado pode estar relacionado às condições microclimáticas existentes nos diferentes locais, sendo que no interior do fragmento, a 30 metros de distância da borda, existe naturalmente uma condição de intenso sombreamento, que propicia uma maior umidade relativa do ar no sub-bosque. Por outro lado, no talhão de eucalipto adjacente ao fragmento, o rápido crescimento das árvores associado à expansão de suas copas, acarretou em poucos meses um intenso sombre-

**Tabela 4.** Temperatura do ar (°C), em diferentes distâncias da borda do fragmento, com ou sem proteção da barreira de eucalipto (valores médios de todos os períodos de medição).

**Table 4.** Air temperature (°C) at different distances from the forest edge, protected or not by the *Eucalyptus* barrier (mean values of all evaluation periods).

Tratamento	Pontos	N	Média	Intervalo de confiança (95%)		Comparação geral
				Limite inferior	Limite superior	
Com barreira de eucalipto	30 m fora	45	24,3 ab	22,0	26,6	ab
	20 m fora	45	24,5 ab	22,2	26,8	ab
	10 m fora	45	24,6 ab	22,3	26,9	ab
	Borda	45	24,5 ab	22,3	26,8	ab
	10 m dentro	45	24,4 ab	22,2	26,6	ab
	20 m dentro	45	24,0 a	22,0	26,1	a
	30 m dentro	45	23,7 a	21,7	25,7	a
	<b>Média</b>	<b>315</b>	<b>24,3</b>	<b>23,5</b>	<b>25,1</b>	<b>A</b>
Sem barreira de eucalipto	30 m fora	45	25,1 b	23,2	27,1	b
	20 m fora	45	25,4 c	23,3	27,4	c
	10 m fora	45	25,7 c	23,6	27,8	c
	Borda	45	25,8 c	23,7	27,9	c
	10 m dentro	45	25,5 c	23,5	27,5	c
	20 m dentro	45	25,2 bc	23,2	27,1	bc
	30 m dentro	45	24,7 b	22,9	26,6	b
	<b>Média</b>	<b>315</b>	<b>25,3</b>	<b>24,6</b>	<b>26,1</b>	<b>B</b>

Valores seguidos da mesma letra dentro de cada tratamento (Média) ou entre os tratamentos (Comparação geral) não diferem entre si pelo Teste de Tukey HSD ( $P > 0,05$ ). Letras maiúsculas foram utilizadas na comparação entre os dois tratamentos, com base nos valores médios de todos os pontos.

**Tabela 5.** Umidade relativa do ar (%), em diferentes distâncias da borda do fragmento, com ou sem proteção da barreira de eucaliptos (valores médios de todos os períodos de medição).

**Table 5.** Relative air humidity (%), at different distances from the forest edge, protected or not by the *Eucalyptus* barrier (mean values of all evaluation periods).

Tratamento	Pontos	N	Média	Intervalo de confiança (95%)		Comparação geral
				Limite inferior	Limite superior	
Com barreira de eucalipto	30 m fora	45	61,9 b	57,5	66,3	bc
	20 m fora	45	60,8 a	56,3	65,4	b
	10 m fora	45	60,9 a	56,4	65,4	b
	Borda	45	61,0 a	56,6	65,4	b
	10 m dentro	45	61,8 b	57,5	66,1	bc
	20 m dentro	45	62,3 bc	58,1	66,5	bc
	30 m dentro	45	63,9 c	59,8	68,0	c
	<b>Média</b>	<b>315</b>	<b>61,8</b>	<b>57,5</b>	<b>66,2</b>	<b>B</b>
Sem barreira de eucalipto	30 m fora	45	61,1 b	57,2	65,0	b
	20 m fora	45	59,3 ab	55,3	63,3	ab
	10 m fora	45	58,6 a	54,4	62,8	a
	Borda	45	58,4 a	54,1	62,7	a
	10 m dentro	45	59,2 ab	55,1	63,4	a
	20 m dentro	45	59,9 ab	55,9	63,9	ab
	30 m dentro	45	61,3 b	57,4	65,3	b
	<b>Média</b>	<b>315</b>	<b>59,7</b>	<b>55,6</b>	<b>63,8</b>	<b>A</b>

Valores seguidos da mesma letra dentro de cada tratamento (Média) ou entre os tratamentos (Comparação geral) não diferem entre si pelo Teste de Tukey HSD ( $P > 0,05$ ). Letras maiúsculas foram utilizadas na comparação entre os dois tratamentos, com base nos valores médios de todos os pontos.

amento do solo e a atenuação do vento, propiciando uma maior umidade do ar. Entretanto, a menor umidade relativa do ar, observada na área próxima à borda do fragmento (local do antigo aceiro), pode ser atribuída à maior energia luminosa incidente, visto que a vegetação em via de regeneração no local ainda não estava proporcionando um sombreamento suficiente para amenizar as condições microclimáticas.

Observa-se ainda na Tabela 5, que o tratamento com barreira de eucaliptos proporcionou um efeito positivo sobre a umidade relativa do ar até 10 m de distância da borda, tanto para dentro como para fora do fragmento, comparado ao tratamento sem barreira. Considerando-se o conjunto de todos os pontos de amostragem por tratamento, ao longo do período de observação, nota-se que a umidade relativa do ar foi significativamente diferente, sendo 3,4% superior na área com a manutenção da barreira de eucaliptos.

## DISCUSSÃO

A densidade comparativamente elevada de plantas em regeneração ao longo da faixa de borda protegida demonstra que a barreira constituída pela fileira de eucaliptos, se mantida e manejada adequadamente, facilita o estabelecimento de espécies nativas arbóreas sob suas copas, beneficiando a biodiversidade. Além disso, a barreira de eucalipto evita o impacto das operações de exploração florestal sobre a borda da floresta e sobre a comunidade em regeneração. Tanto os ganhos na regeneração, quanto a redução das perdas por injúrias de árvores na borda do fragmento podem ser considerados benefícios diretos aos olhos da silvicultura, que busca o manejo florestal sustentável.

Além dos benefícios diretos, a barreira de eucalipto proporciona benefícios indiretos à floresta contida no fragmento, atenuando as variações microclimáticas que ocorrem com a exposição da borda, as quais são desencadeadoras das modificações negativas no ecossistema (KAPOS, 1989; WILLIAMS-LINERA, 1990; CAMARGO e KAPOS, 1995).

A temperatura do ar junto à borda da floresta reduz-se com a proteção proporcionada pela barreira de eucaliptos, além da umidade relativa do ar se manter mais elevada em relação à borda sem proteção, contribuindo, assim, para atenuar o aumento da evapotranspiração e o estresse hídrico para as plantas (MATLACK, 1993; KAPOS, 1989; ESSEEN e RENHORN, 1998).

Portanto, o efeito protetor da barreira de eucalipto, sendo eficaz na redução da radiação luminosa, atenua consideravelmente este fator, que é considerado o primeiro a desencadear modificações na estrutura e na composição da comunidade vegetal do sub-bosque em bordas florestais expostas (MURCIA, 1995).

Adicionalmente, a redução da temperatura em 1°C e o aumento da umidade relativa em 3,4% podem acarretar efeitos favoráveis em relação à eficiência fotossintética da vegetação na borda do fragmento sob proteção da barreira de eucaliptos, se comparada à borda não protegida. Estes benefícios podem estar associados também à redução da velocidade do vento, não avaliada neste estudo.

Entretanto, nos casos onde a matriz da paisagem é constituída por espécies arbóreas de rápido crescimento, como na situação estudada (plantio de eucaliptos), a contenção do efeito de borda acaba sendo pouco duradoura. Desta forma, os benefícios sobre o microclima decorrentes da manutenção da barreira de eucaliptos tornam-se menos evidentes ao longo do tempo, perdurando por cerca de um ano. Mesmo assim, quando mantida permanentemente e devidamente manejada, a barreira sempre terá um papel de proteção do fragmento, especialmente durante as atividades periódicas de colheita mecanizada da madeira nas áreas de reflorestamento adjacentes ao fragmento. Todavia, o benefício da barreira protetora poderá ser ainda mais acentuado e permanente em se tratando de fragmentos imersos em outros tipos de matrizes, como por exemplo, pastagens ou culturas agrícolas.

Portanto, diante dos efeitos benéficos demonstrados, a implantação ou manutenção de faixas contínuas de eucaliptos ao redor de fragmentos de vegetação nativa podem ser recomendadas como práticas ambientalmente desejáveis.

## CONCLUSÕES

Barreiras constituídas por linhas de eucaliptos mantidas ao redor de fragmentos de vegetação nativa remanescentes, imersos em matriz de plantios florestais, podem ser eficazes para amenizar o efeito de borda, além de evitar danos causados à vegetação nativa por ocasião da colheita da madeira.

As variações de luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar na borda do fragmento são atenuadas pela presença da barreira de eucaliptos.

A regeneração de espécies nativas na borda do fragmento é favorecida pela presença da barreira de eucaliptos.

Portanto, a implantação ou manutenção de barreiras de eucaliptos ao redor dos fragmentos florestais pode ser recomendada como uma medida válida à mitigação do efeito de borda.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Votorantin Celulose e Papel - VCP, que disponibilizou para este estudo a área localizada na Fazenda Santa Inês no município de Capão Bonito - SP; ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida a Dra. G. Durigan; à Dra. Maria José de Brito Zakia, Consultora de Relacionamento Sócio-Ambiental e Cultural da Votorantin Celulose e Papel (VCP) pelo apoio dado ao desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, P.O. Planting the standard windbreak. **Special Bulletin. University of Minnesota Agricultural Extension Division**, Barley, n.168, p.1-8, 1935.
- BATES, C.G. **Windbreaks: their influence and value**. Washington: USDA, 1911. 100p. (Forest Service Bulletin, n.86)
- BENITEZ-MALVIDO, J. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. **Conservation Biology**, Barking, v.12, p.380-389, 1998.
- BIERREGAARD, R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOV, V.; SANTOS, A.A.; HUTCHINGS, R.W. The biological dynamics of tropical rain forest fragments. **Bioscience**, Washington, v.42, p.859-866, 1992.
- BRASSIOLO, M.M. **Avaliação da regeneração natural de *Pinus elliottii* var. *elliottii* na floresta nacional de Capão Bonito, SP**. 1988. 127p. (Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- CAMARGO, J.L.C.; KAPOV, V. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, p.205-221, 1995.
- CARD, F.W. Windbreaks. **Bulletin of the US Agricultural Experimental Station of Nebraska**, Lincoln, v.48, p.68-96, 1897.
- COCHRANE, M.A.; LAURANCE, W.F. Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.18, p.311-325, 2002.
- D'ANGELO, S.; ANDRADE, A.; LAURANCE S.G.; LAURANCE, W.F.; MESQUITA, R. Inferred causes of tree mortality in fragmented and intact Amazonian forests. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, p.243-246, 2004.
- ESSEEN, P.; RENHORN, K. Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forests. **Conservation Biology**, Barking, v.12, n.6, p.1307-1317, 1998.
- FERREIRA, L.V.; LAURANCE, W.F. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected tree in central Amazonia. **Conservation Biology**, Barking, v.20, p.243-246, 1997.
- FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley, 1986. 639p.
- FRANKLIN, J.F. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? **Ecological Applications**, Washington, v.3, p.202-205, 1993.
- GASCON, C.; WILLIAMSON, G.B.; FONSECA, G.A.B. Receding edges and vanishing reserves. **Science**, Washington, v.288, p.1356-1358, 2000.
- GOMES, A.L. **Cortinas de proteção contra os ventos**. Nova Lisboa: IIAA, 1972. 15p. (Série Técnica, 29).
- GUYOT, G. Les brise-vent: modification des microclimats et amelioration de la production agricole. **Annales Agronomiques**, Paris, v.14, n.4, p.429-488, 1963.
- HARPER, K.A.; MACDONALD, E.; BURTON, P.J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K.D.; SAUNDERS, S.C.; EUSKIRCHEN, E.S.; ROBERTS, D.; JAITEH, M.S.; ESSEEN, P. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, Barking, v.19, n.3, p.768-782, 2005.
- KAPOV, V. Effects of isolation on the water status of tropical patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.5, p.173-185, 1989.

- LAURANCE, W.F. Fragmentation and plant communities: synthesis and implications for landscape management. In: BIERREGAARD JR., R.O.; GASCON, C.; LOVEJOY, T.E.; MESQUITA, R.C.G. (Eds). **Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest**. New Haven: Yale University Press, 2001. p.158-168.
- LAURANCE, W.F. Hyper-disturbed parks: edge effects and the ecology of isolated rain forest reserves in tropical Australia. In: LAURANCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented landscape**. Chicago: University of Chicago Press, 1997. p.71-83.
- LAURANCE, W.F.; FERREIRA, L.V.; RANKIN-DEMERONA, J.M.; LAURANCE, S.G. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. **Ecology**, Washington, v.79, p.2032-2040, 1998a.
- LAURANCE, W.F.; FERREIRA, L.V.; RANKIN-DEMERONA, J.M.; LAURANCE, S.G. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. **Conservation Biology**, Barking, v.12, p.460-464, 1998b.
- LAURANCE, W.F.; LOVEJOY, T.; VASCONCELOS, H.L.; BRUNA, E.M.; DIDHAM, R.K.; STOUFFER, P.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R.; LAURANCE, S.; SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments, a 22-year investigation. **Conservation Biology**, Barking, v.16, n.3, p.605-618, 2002.
- LAURANCE, W.F.; PEREZ-SALICRUP, D.; DELAMONICA, P.; FEARNSIDE, P.M.; D'ANGELO, S.; JEROZOLINSKI, A.; POHL, L.; LOVEJOY, T.E. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. **Ecology**, Washington, v.82, p.105-116, 2001.
- LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD, R.O.; RYLANDS, A.B.; MALCOLM, J.R.; QUINTELA, C.E.; HARPER, L.H.; BROWN, K.S.; POWELL, A.H.; POWELL, G.V.N.; SCHUBART, H.O.R.; HAYS, M.B. Edge and other effects of isolation on Amazon Forest fragments. In: SOULÉ, M.E. (Ed.) **Conservation biology: the science of scarcity and diversity**. Sunderland: Sinauer Associates, 1986.
- MATLACK, G.R. Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States. **Biological Conservation**, Kidlington, v.66, n.3, p.185-194, 1993.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v.10, p.58-62, 1995.
- NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.168, p.311-321, 2002.
- NICHOL, J.E. GIS based approach to microclimate monitoring Singapore's rise housing estates. **Photogrammetry Engineering & Remote Sensing**, Falls Church, v.60, p.1225-1232, 1994.
- ORMAN, R. Design is the key to effective windbreaks. **Forest and Timber**, Sidney, v.12, n.3, p.6-8, 1976.
- POGGIANI, F. Monitoramento ambiental de plantações florestais e áreas adjacentes. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.10, n.29, p.22-35, 1996.
- POGGIANI, F; OLIVEIRA, R.E. Indicadores para conservação dos núcleos de vida silvestre. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.12, n.31, p.45-52, 1998.
- RIZZO, L.T.B. **Levantamento pedológico semidetalhado distrito Capão Bonito Boa Esperança, Santa Inês, Santa Helena, Santa Fé: relatório não publicado**. Capão Bonito, VCP, 2001. 18p.
- SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, Barking, v.5, p.18-32, 1991.
- SIDDOWAY, F.H. Barriers for wind erosion control and water conservation. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.37, n.1, p.53-55, 1970.
- SIZER, N.; TANNER, E.V.J. Response of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazonia. **Biological Conservation**, Kidlington, v.91, p.135-142, 1999.

SKIDMORE, E.L. Barrier-induced microclimate and its influence on growth and yield of winter wheat. In: TINUS, R.W. (Ed.) **Shelterbelts on the Great Plains: proceedings of the symposium**. Denver: Great Plains Agricultural Council, 1976. p.57-63.

STAPPLE, W.J.; LEHANE, J.J. The influence of field shelterbelts on wind velocity, evaporation, soil moisture and crop yield. **Canadian Journal of Agricultural Sciences**, Ottawa, v.35, p.440-453, 1955.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.

WILLIAMS-LINERA, G. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. **Journal of Ecology**, Oxford, v.78, n.2, p.356-373, 1990.

Recebido em 02/03/2009

Aceito para publicação em 23/03/2010

