

MARCOS GABRIEL FIGUEIREDO MENDES

**Microclima e expressão do efeito de borda em uma
paisagem fragmentada na Floresta Atlântica
Nordestina**

**Recife
2008**

MARCOS GABRIEL FIGUEIREDO MENDES

Microclima e expressão do efeito de borda em uma paisagem fragmentada na Floresta Atlântica Nordestina

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tabarelli

**Recife
2008**

MARCOS GABRIEL FIGUEIREDO MENDES

**“Microclima e expressão do efeito de borda em uma paisagem fragmentada na
Floresta Atlântica Nordestina”**

BANCA EXAMINADORA:

Titulares

**Dr.º. Marcelo Tabarelli
(UFPE)**

**Dr.ª. Ariadna V. F. Lopes
(UFPE)**

**Dr.º. André Maurício Melo Santos
(UFPE – CAV)**

Suplentes

**Dr.ª. Jarcilene Almeida-Cortez
(UFPE)**

**Dr.ª. Carmen S. Zickel
(UFRPE)**

**Recife/PE
2008**

*Dedico os frutos deste trabalho:
“às gerações futuras, na esperança de que ele tenha algum valor para
a mitigação dos processos degradantes que tomam nosso planeta. E
que mesmo modestamente, ele ajude a proporcionar o bem estar e
melhores condições de vida a todos os organismos existentes”*

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos...

... primeiro à Deus por me proporcionar saúde e oportunidades em minha vida, motivos pelos quais me tornam capaz de alcançar meus objetivos;

...À minha família, Marcos (pai), Lêda (Mãe), Carol e Lúbyla (irmãs), pelo apoio, companherismo e confiança depositada dentro de um lar saudável;

...À Kelaine de Miranda Demétrio (minha macaca), pela companhia durante todo o percurso de minha formação profissional e parte fundamental da minha formação como ser humano, oferecendo-me incentivo, confiança, um pouco mais de organização e um amor fiel e verdadeiro;

...Ao meu orientador Dr^o. Marcelo Tabarelli, por fornecer todo o suporte intelectual e logístico necessário para o desenvolvimento desta pesquisa;

...À todos os integrantes do LERBIO (Laboratório de Ecologia e Restauração da Biodiversidade) por proporcionar um ambiente de trabalho saudável e produtivo;

...Aos amigos Severino Rodrigo (Biu) e professor André Maurício, pelas idas a campo, pela idealização, discussões e amadurecimento desta pesquisa, pela camaradagem e incentivo;

...Aos amigos Daniele Gomes (danidark), Wanessa Rejane (vanereal), Antônio (patriota), pela participação em campo e por fazer as excursões mais divertidas e produtivas do que jamais seriam. À Edgar, José Domingos (zezin), Mateus Dantas, Ursola e Carolina Liberal pelo apoio e estímulo;

...A Usina Serra Grande (USGA), ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Conservação Internacional do Brasil (CI) e ao PROMATA pelo suporte para a realização desse trabalho.

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1 - Distribuição dos remanescentes na paisagem de estudo Usina Serra Grande localizada no estado de Alagoas, Nordeste do Brasil. Em destaque os 13 remanescentes selecionados para o estudo e Coimbra, com seus respectivos pontos de coleta.

FIGURA 2 - Correlação linear entre a altitude (LOG ALT) e inclinação do terreno (Log INCL) ($r=0,2352$; $r^2=0,0553$; $F=5,0387$; d.f.=1,86; $P=0,0273$) na paisagem estudada em Serra Grande.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Resultado do Modelo Linear Geral Misto (GLMM), com o posicionamento do fragmento como efeito aleatório, apresentando as métricas de paisagem (MP) e métricas de fragmentos (MF).

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
SUMÁRIO	8
1 APRESENTAÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 DEPRECIAÇÃO BIOLÓGICA NA FLORESTA ATLÂNTICA.....	12
2.2 A FRAGMENTAÇÃO E A “INFLUÊNCIA DA BORDA”: IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS.....	14
2.2.1 Efeito de borda.....	14
2.2.2 Alteração Microclimática.....	17
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
4 MANUSCRITO	29
<i>(Microclima e expressão do efeito de borda em uma paisagem fragmentada na Floresta Atlântica Nordestina)</i>	
5 CONCLUSÕES	52
6 RESUMO GERAL	53
7 GENERAL ABSTRACT	54
8 ANEXOS	55

1. APRESENTAÇÃO

Vivenciamos um período em que a diversidade global tem sofrido contínuas modificações principalmente devido às influências humanas no clima, nos ciclos bioquímicos, na movimentação de organismos e no uso da terra (CHAPIN III *et al.*, 2000). A contínua e deliberada extração de recursos naturais favorece os processos degradantes e o aumento nas taxas de extinção, que atualmente atingem valores exorbitantes (CHAPIN III *et al.*, 2000), preocupantemente mais expressivos nos neotrópicos (MYERS *et al.*, 2000).

Muito da diversidade deve-se aos centros de especiação encontrados nas regiões tropicais. Alguns ecossistemas podem ser reconhecidos como grandes detentores da riqueza dessa região, a exemplo da Mata Atlântica, que mesmo com enorme importância biológica em escala global e ainda detentora de grande diversidade biológica e endemismo, tem sido cenário da exploração desmedida a pelo menos cinco séculos (DEAN, 1997), o que a posiciona hoje como um hotspot mundial e área prioritária para conservação (MYERS *et al.*, 2000).

Atualmente, a maior ameaça a este ecossistema é a fragmentação e a perda de habitat comprovada pelos 7,5% de área remanescente atual da sua distribuição original (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2003). Atrelado à perda de habitat vão-se os serviços ecológicos prestados por este ecossistema, comprometendo a composição do solo, regulação climática, controle de pestes e manutenção dos ciclos de nutrientes (MURCIA, 1995), o que interfere não só na sustentabilidade da vida humana (PRIMACK; RODRIGUES, 2001; BEGON, 2006), mas principalmente dos demais organismos que compõem e dependem do perfeito funcionamento desse sistema.

Em uma escala menor, vê-se que a persistência destes organismos que compõem a estrutura florestal no ambiente depende de processos como dispersão, germinação, recrutamento de novos indivíduos (BENÍTEZ-MALVIDO; MARTINEZ-RAMOS, 2003; NASCIMENTO *et al.*, 2006) e sobrevivência (FAHRIG; MERRIAM, 1994). De maneira geral, estes processos estão atrelados fundamentalmente à qualidade de habitat (FAHRIG, 2003; URBINA-CARDONA, *et al.*, 2006), expressa, entre outros fatores, pelo microclima local (FOX *et al.*, 1997). Sendo assim, a criação de limites aos segmentos de floresta impõe modificações microclimáticas críticas ao habitat (SAUNDERS *et al.*, 1991; MURCIA, 1995; LAURANCE *et al.*, 2002; LI *et al.*, 2007)

influenciando a sua estrutura e composição (DIDHAM; LAWTON, 1999; HARPER, 2005).

Diversos estudos focalizam seus esforços no entendimento da dinâmica microclimática de sistemas florestais (KAPOS, 1989; CHEN *et al.*, 1995; MORECROFT *et al.*, 1998; MOURELLE *et al.*, 2001). Tem-se provado que as variáveis: temperatura, umidade, velocidade dos ventos e exposição à radiação solar são apenas algumas das que regem a dinâmica dos eventos biológicos diretos e indiretos no gradiente borda-núcleo (LAURANCE *et al.*, 2002; HARPER, 2005). Em ambientes fragmentados, o efeito de borda está relacionado, não só a variáveis pontuais mais em uma escala maior, com a distribuição e formatação espacial dos fragmentos (SAUNDERS *et al.*, 1991; FAHRIG, 2003; OHMAN; LÄMAS, 2005).

Há muito tempo vem se estudando os efeitos da fragmentação sob os remanescentes de florestas. Alguns destes sistemas apresentam conclusões similares que apontam a matriz e sua proximidade (efeito de borda) como as responsáveis pelas maiores alterações bióticas e abióticas encontradas nos remanescentes (v. LAURANCE *et al.*, 2002). A maior parte dessas modificações é atribuída ao contraste com a matriz e a quanto esta influência consegue penetrar nos fragmentos (PIESSENS *et al.*, 2006; LI *et al.*, 2007).

Apesar da relação linear do efeito de borda com o distanciamento da borda ser bem aceito de maneira geral, algumas paisagens podem apontar outros fatores que modulam esta expressividade do efeito de borda. Alguns trabalhos mostram a influência de fatores topográficos e espaciais na definição da característica dos remanescentes de floresta em escalas de paisagem (HILL; CURRAN, 2005; MEERVELD; MCDONNELL, 2006; PIESSENS *et al.*, 2006; BENNIE *et al.*, 2006, 2008; COUSINS; AGGEMYR, 2008). Desta forma, a linearidade dos efeitos relacionados ao distanciamento da borda do fragmento (v. LAURANCE *et al.*, 2002) passa a ser contestável em ambientes que estão submetidos a uma maior heterogeneidade de fatores. As características de cada paisagem podem conferir a elas valores próprios, definidos pela organização espacial dos fragmentos, histórico de uso da paisagem, influência antrópica difusa na área dos fragmentos, tudo de maneira sinérgica (TABARELLI *et al.*, 2004).

A incorporação desses fatores preditores no estudo da paisagem nos aponta o grande número de características da paisagem que influenciam com maior ou menor importância as condições ambientais. Por isso, reconhecer a influência da matriz

inóspita e a organização espacial e topográfica dos fragmentos é de fundamental importância para saber como se proceder no que diz respeito à utilização consciente dos recursos naturais e restauração de áreas degradadas.

Sendo assim, o presente trabalho se propõe a compreender como se comporta a expressividade do efeito de borda microclimático em posições diferentes de remanescentes que compõem uma paisagem severamente fragmentada de Floresta Atlântica, submetida a um contínuo e prolongado histórico de uso, levando-se em conta as características espaciais e topográficas próprias dos fragmentos em uma escala de paisagem.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Depreciação biológica na Floresta Atlântica

Tem sido muito difícil encontrar o equilíbrio entre a proteção da diversidade biológica e o consumo de recursos naturais (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Em toda a história da humanidade não se viu processo maior de extração de recursos naturais do que pelo qual passamos atualmente, e as conseqüências têm se mostrado cada vez mais alarmantes. As taxas de perda de espécies atingem valores que são de 100 a 1000 vezes maiores do que seriam as taxas de extinção natural (TOWNSEND *et al.*, 2006), principalmente em regiões que detêm grande número de espécies e diversidade como os trópicos, nos quais a taxa anual de perda de floresta alcança os impressionantes 150.000 km² (ANDRESEN, 2003).

A floresta Atlântica, um dos 25 hotspots mundiais (MYERS *et al.*, 2000), tem contribuído como um dos carros-chefe na perda de valores biológicos que se iniciou logo após a colonização do continente Sul Americano e que se estendeu e intensificou até os dias de hoje (DEAN, 1997). A distribuição original deste ecossistema, bastante diferente do que vemos hoje, cobria aproximadamente 1.360.000km² de toda a costa brasileira que vai do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul e seguia dentro do continente até o Paraguai e Argentina (SILVA; CASTELETI, 2003).

O cenário atual da floresta Atlântica brasileira é resultado de eventos degradantes seqüenciados que vão desde derrubada de floresta para extração do pau-brasil (*Chaesalpinia echinata*), criação extensiva de gado (COIMBRA-FILHO; CÂMARA, 1996; DEAN, 1997), atividades de reflexo demográfico como a criação de rodovias, barragens e centros urbanos, até a substituição de florestas por outros métodos de utilização do solo como a cultura canavieira, bastante expressiva nos últimos 30 anos (LIMA, 1998). Atualmente, este ecossistema encontra-se bastante reduzido, possuindo apenas 7,5% da cobertura vegetal de sua distribuição original (SILVA; CASTELETI, 2003).

O quadro torna-se ainda mais grave em sua porção Nordeste, onde restam pouco mais de 2,5% da cobertura vegetal original (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2003). Segundo Coimbra-Filho e Câmara (1996), a porção da Floresta Atlântica Nordeste original ocupava áreas hoje classificadas como semi-árido brasileiro, evidências que aumetam a área do Domínio da Mata Atlântica para 1.480.400km² ou 17% do território brasileiro (CAPOBIANCO, 2001).

No entanto, devido ao seu grande valor de diversidade e endemismo restritos a bem menos de 10% de sua área original, a floresta Atlântica brasileira está posicionada como uma das áreas mundiais com prioridades para conservação (MITTERMEIER *et al.*, 2005). Ainda assim, a floresta Atlântica brasileira abriga uma endemidade de aproximadamente 8.000 espécies de plantas, 73 de mamíferos, 181 de aves, 60 de répteis, 253 de anfíbios e 133 de peixes de água doce (MYERS *et al.*, 2000). Estas espécies se distribuem em três grandes Centros de Endemismo: Rio de Janeiro-São Paulo, Bahia-Espírito Santo e Pernambuco. Dentre estes setores, o último apresenta um papel emergencial na prioridade de conservação (TABARELLI; RODA, 2005).

O Centro de Endemismo Pernambuco (CEP), que se inicia no Rio Grande do Norte e segue até a margem do Rio São Francisco em Alagoas, abrange toda a floresta costeira de terras baixa e se divide em cinco tipos florestais distintos: floresta ombrófila aberta, floresta ombrófila densa, floresta estacional semi-decidual, áreas de tensão ecológica e formações pioneiras (IBGE, 1985). Este setor é responsável por c.a. de 8% de toda a flora de plantas vasculares existente na Floresta Atlântica (PORTO *et al.*, 2005). Nos últimos oito anos, mais espécies entre anfíbios, répteis, aves e plantas vêm sendo descritas (v. CRUZ *et al.*, 1999; FERRAREZI; FREIRE, 2001; LEME; SIQUEIRA-FILHO, 2001; SIQUEIRA-FILHO; LEME, 2000, 2002; SILVA *et al.*, 2002; PEIXOTO *et al.*, 2003), somando-se ao total de espécies da região.

Se por um lado ainda pode ser observado tamanho valor biológico no Centro de Endemismo Pernambuco, por outro, o CEP continua submetido a uma imensa força degradante. Uma prova disso é que o estado de Alagoas perdeu mais de 90% de sua cobertura vegetal desde a expansão da fronteira agrícola (MENEZES *et al.*, 2004) e em Pernambuco resta menos de 1,5% da área do estado coberto por remanescentes florestais (BRAGA, 1993). Segundo Tabarelli *et al.* (2005), entre 1989 e 2000, 5% dos remanescentes florestais desapareceram e 11,4% ficaram, em média, 35,7% menores. Este fato implica em fragmentos cada vez mais desconexos e de tamanho inexpressível, que resultam na manutenção defeituosa dos sistemas biológicos, colocando as espécies que participam dele em situação de extremo risco de extinção. Se somarmos a isso o fato de muitas dessas espécies serem endêmicas deste setor, fica ainda mais visível a implicação da depreciação biológica do Centro de Endemismo Pernambuco no cenário da diversidade biológica global (TABARELLI; RODA, 2005).

Em resumo, a floresta Atlântica vem sendo constantemente degradada e perdendo valores biológicos. O que sobra, acaba por se restringir em pequenas faixas de habitat

remanescente. Alguns setores com alto nível de diversidade e riqueza de espécies ainda persistem, e muito há de se descobrir. Contudo, é necessário o compromisso de frear as atividades degradantes neste ecossistema e iniciar a restauração do ambiente natural que permita novamente, se não sua completa sustentabilidade, pelo menos uma estabilidade ambiental por intermédio de manejo.

2.2 A Fragmentação e a “influência da borda”: implicações ecológicas

É consenso que a principal ameaça à diversidade biológica, não só na floresta Atlântica, mas também em escala global é a fragmentação e a resultante eliminação de habitats (QUAMMEN, 1997), principalmente nas regiões tropicais, centros de grande valor de endemidade e riqueza de espécies. O termo fragmentação é definido como a substituição de grandes áreas de habitats nativos por uma matriz diferenciada que transforma o habitat original em manchas de habitats menores e distanciados (MURCIA 1995).

Além da perda imediata de organismos e da reorganização espacial da paisagem, outros problemas como: perda genética das populações (YOUNG *et al.*, 1996; SHI *et al.*, 2000), quebra de processos ecológicos (JOHNSON *et al.*, 2004; GIRÃO *et al.*, 2007; YATES *et al.*, 2007), favorecimento de ocorrência de patógenos (BENITEZ-MALVIDO *et al.*, 1999), alteração e deformidade microclimática (MURCIA, 1995; BENNIE *et al.*, 2008) e alteração de riqueza e diversidade de espécies (OOSTERHOORN; KAPPELLE, 2000; APARÍCIO *et al.*, 2008; HERNÁNDEZ-STEFANONI; DUPUY, 2008) também são efeitos deletérios resultantes do processo de fragmentação.

2.2.1 Efeito de borda

A redução da quantidade total de habitats refletido no aumento do número e do isolamento das manchas e na diminuição do tamanho delas são as primeiras implicações quantitativas do padrão de fragmentação (FAHRIG, 2003). Estas expressões, que devem ser estudadas em escala de paisagem e de maneira agrupada, para que se entendam seus efeitos, culminam na perda de habitat e conseqüentemente na modificação de características abióticas e processos biológicos dos remanescentes (SAUNDERS *et al.*, 1991; HARPER, 2005). Estas modificações na dinâmica biótica e abiótica dos fragmentos são as informações base para se medir os efeitos da “influência da borda” que respondem diretamente ao nível de contraste encontrado entre a mudança

abrupta de uma matriz não florestada para um segmento de floresta (GASCON *et al.*, 1999; COOK *et al.*, 2002; NASCIMENTO *et al.*, 2006). Laurance (1991) aponta as principais alterações devido ao efeito de borda que podem ser percebidos até 500m dentro do fragmento florestal. Porém as mudanças mais sensíveis são percebidas pelo menos até os 35m iniciais (RODRIGUES, 1998).

Os efeitos abióticos da fragmentação podem ser notados na alteração do fluxo de radiação luminosa (MOURELLE *et al.*, 2001) e na ciclagem de água (KAPOS, 1989), nas mudanças das correntes de vento, alteração de temperatura e umidade do ar (SAUNDERS *et al.*, 1999; NEWMARK, 2001; MOTZER, 2005) e na composição de nutrientes do solo nos fragmentos (YIMER *et al.*, 2006). Dependendo da variável analisada, estes efeitos podem variar sua penetração e magnitude não só de acordo com o posicionamento e tipo de borda (SAUNDERS *et al.*, 1999), mas principalmente em virtude das características ambientais externas ao fragmento (COOK *et al.*, 2002; HARPER, 2005).

Já os efeitos biológicos estão relacionados tanto com a composição e abundâncias de espécies submetidas às pressões da fragmentação (efeitos biológicos diretos) quanto com a interação entre as espécies (efeito biológico indireto) (MURCIA, 1995). Como exemplos, podemos citar Sole *et al.* (2004), que mostraram através de modelos de metapopulação, como a organização das comunidades pode ser sensível aos processos de fragmentação, apresentando interferências nas dinâmicas de recrutamento das espécies. E também, Yates *et al.* (2007), que mostraram a influência da fragmentação no sistema planta-polinizador, refletindo as implicações populacionais da autopolinização das espécies em fragmentos inacessíveis aos seus polinizadores.

Tanto os efeitos biológicos diretos e indiretos quanto os efeitos abióticos se distribuem em respostas primárias e secundárias à criação da borda (HARPER, 2005). Na primeira etapa, há uma modificação nos processos como produtividade, evapotranspiração, ciclagem de nutrientes, decomposição e dispersão; e na resposta estrutural do fragmento como a diminuição da cobertura do dossel e da densidade de árvores (DENSLOW *et al.*, 1998). Essas alterações modificam fisicamente o ambiente. A partir daí, os organismos passam a sentir tais pressões e reagem a estes eventos de maneira específica. A paisagem passa a apresentar um hiperdinamismo relacionado à aceleração ou aumento da intensidade dos processos e dinâmicas da paisagem (LAURANCE, 2002).

Neste segundo momento, a paisagem hiperdinâmica apresenta reflexo sobre o recrutamento de plântulas, crescimento, mortalidade e reprodução de algumas espécies, que interferem na estrutura trófica do sistema e aceleram as taxas de extinção e colonização (LAURANCE, 2002). Daí segue uma mudança estrutural percebida na densidade do estrato de jovens e do sub-bosque, que influencia mais a frente, a composição de espécies (HARPER, 2005). Os valores de densidade e riqueza se alteram devido a esta substituição de espécies.

Segundo McKinney e Lokwood (1999), algumas dessas espécies se beneficiarão com estas alterações, enquanto outras estarão ffindas a restringir cada vez mais sua área de ocupação. Espécies pioneiras com grande capacidade de dispersão e menor requerimento de habitat serão as “vitoriosas” neste ambiente. Em contra partida, um número muito maior de espécies terá dificuldades em permanecer no ambiente completamente alterado. Campanello *et al.*, (2007) mostram que áreas dominadas por espécies de bambus são propícias à diminuição da germinação e recrutamento de espécies que compõem o dossel, isto porque este grupo funcional é excelente competidor em ambientes alterados, reduzindo a disponibilidade de luz e nutrientes para as espécies arbóreas, desacelerando os processos de regeneração local (TABRELLI; MANTOVANI, 2000).

Além da proximidade com a borda, algumas características dos fragmentos também podem ser modulados pelas condições topográficas da paisagem (CHEN *et al.*, 1995; MURCIA, 1995; SRI-NGERNYUANG *et al.* 2003; MEERVELD; MCDONNELL, 2006; BENNIE *et al.*, 2008). O comportamento diferenciado de variáveis abióticas em florestas montanas e de terras baixas exerce uma influência específica no microclima florestal (MOTZER, 2005). Bennie *et al.* (2006) mostraram que a orientação da borda e a inclinação do terreno influenciam a composição de espécies devido à alteração dos níveis de nutrientes no solo. Hylander (2005), também prova uma influência da orientação da borda na magnitude do efeito de borda, estudando o crescimento de briófitas.

A combinação desses fatores modula o efeito de borda, e sabe-se que quanto maior a penetração deste efeito, menor a diferenciação entre habitat de borda e núcleo (FOX *et al.*, 1997; OOSTERHOORN; KAPPELLE, 2000). Este fenômeno leva a uma diminuição da heterogeneidade do habitat (CARLSON; GROOT, 1997) e conseqüente homogeneização dos organismos que nele vivem (MCKINNEY; LOCKWOOD, 1999). Estas predições afirmam a reorganização de uma comunidade futura composta de

espécies tolerantes à matriz e generalistas, oportunistas adaptadas à distúrbios e com pequeno requerimento de área (HERNANDEZ-STEFANONI; DUPUY, 2008). Ou seja, a matriz como um ambiente inóspito só beneficiará um grupo infinitamente reduzido de organismos, os quais conseguem se adaptar e retirar algum proveito deste novo ambiente, aumentando sua área de ocorrência (MCKINNEY; LOCKWOOD, 1999).

A existência de manchas de habitats adequados no interior dos fragmentos está fortemente relacionada com a configuração espacial em que os fragmentos foram deixados após o processo de fragmentação. Muitas das implicações atribuídas à fragmentação de habitat devem-se a organização espacial dos fragmentos. Por fim, além das características físicas da paisagem, o tempo de criação das bordas (SAUNDERS *et al.*, 1991), a contínua extração de madeira (BROADBENT *et al.*, 2008), o crescimento populacional no entorno dos fragmentos (ELLIS *et al.*, 2006) e a caça predatória acentuam os resultados deletérios da fragmentação (TABARELLI *et al.*, 2004).

2.2.2 Alteração microclimática

A matriz raramente pode ser considerada imutável. Os fragmentos florestais estão sob constante influência da paisagem e esta exposição a distúrbios externos pode tornar o ambiente instável e “hiperdinâmico” (LAURANCE, 2002). Ou seja, as frequências ou magnitude de alguns eventos da paisagem passam a ser mais expressivas. Pode-se atribuir ao grau de contrastes entre matrizes e fragmentos florestais, a extensão do efeito microclimático na borda desses fragmentos (GEHLHMAUSEN *et al.*, 2000), e estas expressões microclimáticas, ou seja, da camada atmosférica mais próxima ao solo (RUDOLF, 1961), tem grande influência sobre processos e respostas biológicas dos remanescentes florestais (HARPER, 2005).

Em 2002, Laurance *et al.* resumiram a distância de penetração de algumas das principais alterações nos processos físicos e ecológicos relacionados à proximidade da borda. Dentre os processos de reflexo abiótico direto estão: o aumento dos distúrbios por vento, baixa da umidade relativa, redução da umidade do solo, aumento da temperatura do ar e do déficit da pressão de vapor (DPV), e aumento da radiação fotossinteticamente ativa (PAR). A combinação dessas características pode implicar em uma reestruturação de um habitat desfavorável a um determinado grupo de espécies e favorável a outro (MCKINNEY; LOCKWOOD, 1999), com implicações na composição de espécies (FOX *et al.*, 1997) e estrutura da floresta (MOURELLE *et al.*, 2001).

Por exemplo, o aumento do *momentum* do vento é responsável pela derrubada de grandes árvores e aumento da densidade de troncos caídos no substrato (FERREIRA; LAURANCE, 1997; YANG *et al.*, 2006) que também resultam na abertura de grandes clareiras. Laurance *et al.* (2000) comprovam que árvores de maior porte são as mais vulneráveis ao vento, principalmente nas proximidades da borda, devido a rigidez de seus troncos, a dessecação e por funcionarem como suporte para crescimento de lianas parasitas.

Nas clareiras criadas ou nas proximidades da borda a incidência da radiação é uma das principais modificações ambientais (MOURELLE *et al.*, 2001) e modificadores do microclima (JENNINGS *et al.*, 1999), sendo ela a responsável por alterações na taxa de evaporação e mudanças na temperatura local (KAPOS, 1989). Hubbell *et al.* (1999), estudando clareiras mostraram que os distúrbios por luz influenciam o estabelecimento de sementes e a densidade de plântulas, funcionando como um limitador no recrutamento de indivíduos de árvores, com efeito refletido na diversidade em florestas tropicais.

Além do aumento da dessecação e temperatura devido à exposição local em clareiras e bordas, o posicionamento do fragmento também interfere na composição de nutrientes do solo. Yimer *et al.*, (2006) mostraram que a posição topográfica tem grande influência principalmente nos valores de pH e fósforo disponível. A umidade do solo, quando também é modificada por distúrbios locais, influencia a manutenção dos ciclos de água (RUDOLF, 1961) e que numa escala maior apresenta implicações para o planejamento de reservas ambientais e para o balanço hídrico em escala local e regional (KAPOS, 1989).

Diferenças podem ser percebidas entre ecossistemas diferentes em relação à magnitude e influência do efeito de borda (HARPER, 2005). Em uma escala menor também podem ser percebidas tais diferenças. Nem todos os limites dos fragmentos com a matriz são iguais, nem tampouco as influências da borda sobre o fragmento. Essa modificação também pode ser percebida no tipo de influência que cada matriz exerce sobre paisagens fragmentadas (ANDERSON *et al.*, 2007) e na capacidade dos organismos se adaptarem a matriz (GASCON *et al.*, 1999). Didham e Lawton (1999) mostram que bordas consideradas abertas possuem um efeito de borda até cinco vezes maior que bordas fechadas. Da mesma forma, em manchas de fragmentos com formato irregular que proporcionem múltiplos efeitos de borda, a magnitude desses efeitos pode

ser ainda mais acentuada (LI *et al.*, 2007), tornando o ambiente original ainda mais descaracterizado com o passar do tempo.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.; ROWCLIFFE, J.M.; COWLISHAW, G. Does the matrix matter? A forest primate in a complex agricultural landscape. **Biological Conservation**, v. 135, p. 212-222. 2002.
- ANDRESEN, E. Effect of Fragmentation on Dung Beetle Communities and Functional Consequences for Plant Regeneration. **México. Ecography**, v. 26, p. 87-97. 2003.
- APARÍCIO, A.; ALBALADEJO, R.G.; OLALLA-TÁRRAGA, M.A.; CARRILLO, L.F.; RODRIGUEZ, M.A. Dispersal potentials determine responses of wood plant species richness to environmental factors in fragmented Mediterranean landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 2894-2906. 2008.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology from individuals to ecosystem**. Blackwell Publishing. 4ªed., 2006. p. 653-657.
- BENÍTEZ-MALVIDO, J.; GARCÍA-GUZMÁN, G.; KOSSMANN-FERRAZ, I.D.; Leaf-fungal incidence and herbivory on tree seedlings in tropical rain forest fragments: na experimental study. **Biological Conservation**, v. 91, p. 143-150. 1999.
- BENÍTEZ-MALVIDO, J.; MARTINEZ-RAMOS, M. Impacts of forest fragmentation on understory plants species richness in Amazonia. **Conservation Biology**, v. 17, p. 389-400. 2003.
- BENNIE, J.; HILL, M.O.; BAXTER, R.; HUNTLEY, B. Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 355-368. 2006.
- BENNIE, J.; HUNTLEY, B.; WILTSHIRE, A.; HILL, M.O. BAXTER, R. Slope, aspect and climate: spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. **Ecological Modelling**, v. 216, p. 47-59. 2008.
- BRAGA, R.; COSTA JÚNIOR, A.; UCHOA, T. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Nordeste**. In: 5º Congresso Nordestino de Ecologia, Natal, 1993.
- BROADBENT, E.N.; ASNER, G.P.; KELLER, M. KNAPP, D.E., OLIVEIRA, P.J.C., Silva, J.N. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, In press. 2008.

- CAMPANELLO, P.I.; GATTI, M.G.; ARES, A.; MONTTI, L.; GOLDSTEIN, G. Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 252, p. 108-117. 2007.
- CAPOBIANCO, J.P.R. **Dossiê Mata Atlântica 2001**. Projeto Participativo da Mata Atlântica. Ipsis, 2001. 407p.
- CARLSON, D.W.; GROOT, A. Microclimate of clear-cut, forest interior, and small openings in trembling aspen forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 87, p. 313-329, 1997.
- CHAPIN III, F.S.; ZAVALETA, E.S.; EVINER, V.T.; NAYLOR, R.L.; VITOUSEK, P.M.; REYNOLDS, H.L.; HOOPER, D.U.; LAVOREL, S.; SALA, O.E.; HOBBIE, S.E.; MACK, M.C.; DIAZ, S. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, v. 405, p. 234-242, 2000.
- CHEN, J.; FRANKLIN, J.F.; SPIES, T.A. Growing-season microclimatic gradients from clear cut edges into old-growth Douglas-fir forests. **Ecological Applications**, v. 5, p. 74-86. 1995.
- COIMBRA-FILHO, A.C.; CÂMARA, I.G. **Os Limites Originais do Bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: FBCN. 1996.
- COOK, W.M.; LANE, K.T.; FOSTER, B.L.; HOLT, R.D. Island theory, matrix effects and species richness patterns in habitat fragments. *Ecology Letters*, v. 5, p. 619-623. 2002.
- COUSINS, S.A.O.; AGGEMYR, E. The influence of field shape, área and surrounding landscape on plant species richness in grazed ex-fields. **Biological Conservation**, v. 141, p. 126-135. 2008.
- CRUZ, C.A.G.; CARAMASCHI, U.; FREIRE, E.M.X. Occurrence of the genus *Chiasmocleis* (Anura: Microhylidae) in the State of Alagoas, north-eastern Brazil, with a description of a new species. **Journal of Zoology**, v. 249, p. 123-126. 1999.
- DEAN, W. **Ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo. Companhia das Letras, 1997. 484p.
- DENSLOW, J.S.; ELLISON, A.M.; SANFORD, R.E. Treefall gap size effects on above- and below-ground processes in a tropical wet forest. **Journal of Ecology**, v. 86, p. 597-609. 1998.

- DIDHAM, R.K.; LAWTON, J.H. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. **Biotropica**, v. 31, p. 17-30. 1999.
- ELLIS, E.C.; WANG, H.; XIAO, H.S.; PENG, K.; LIU, X.P.; LI, S.C.; OUYANG, H.; CHENG, X.; YANG, L.Z. Measuring long-term ecological changes in densely populated landscapes using current and historical high resolution imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 100, p. 457-473. 2006.
- FAHRIG, L.; MERRIAM, G. Conservation of fragmented populations. **Conservation Biology**, v. 8, p. 50-59. 1994.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annu. Rev. Eco. Evol. Syst** 34, 487-515. 2003.
- FERRAREZZI, H.; FREIRE, E.M.X. New species of Bothrops Wagler, 1824 from the Atlantic Forest of northeast Brazil (Serpentes, Viperidae, Crotalinae). **Boletim do Museu Nacional**, v. 440, p. 1-10. 2001.
- FERREIRA, L.V.; LAURANCE, W.F. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in Central Amazonia. **Conservation Biology**, v. 11, p. 797-801. 1997.
- FOX, B.J.; TAYLOR, J.E.; FOX, M.D.; WILLIAMS, C. Vegetation changes across edges of rainforest remnants. **Biological Conservation**, v. 82, p. 1-13. 1997.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. Atlantic forest hotspots status: an overview. In: **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook.** (ed. GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G.). CABS e Island Press, Washington, 2003. p. 3-11.
- GASCON, C.; LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD, R.O.; MALCOLM, F.R.; STOUFFER, P.C.; VASCONCELOS, H.L.; LAURANCE, W.F.; ZIMMERMAN, B.; TOCHER, M.; BORGES, S. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological Conservation**, v. 91, p. 223-229. 1999.
- GEHLHAUSEN, S.M.; SCHWARTZ, M.W.; AUGSPURGER, C.K. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. **Plant Ecology**, v. 147, p. 21-35. 2000.

- GIRÃO, L.C.; LOPES, A.V.; TABARELLI, M.; BRUNA, E.M. Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic forest landscape. **PLoS One**, v. 2: p. 908. 2007.
- HARPER, K.A.; MACDONALD, S.E.; BORTON, P.J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K.D.; SAUNDERS, S.C.; EUSKIRCHEN, E.; S. ROBERTS, D.; JAITHE, M.S.; ESSEEN, P. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, v. 19, p. 768-782. 2005.
- HERNANDEZ-STEANONI, J.; DUPUY, J.M. Effects of landscape patterns on species density and abundance of trees in a tropical subdeciduous forest of the Yucatan Peninsula. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 3797-3805. 2008.
- HILL, J.L.; CURRAN, P.J. Fragment shape and tree species composition in tropical forests: a landscape level investigation. **African Journal of Ecology**, v. 43, p. 35-43. 2005.
- HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B.; O'BRIEN, S.T.; HARMS, K.E.; CONDIT, R.; WECHSLER, B.; WRIGHT, S.J.; LOO DE LAO, S. Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. **Science**, v. 283, p. 554-557. 1999.
- HYLANDER, K. Aspect modifies the magnitude of edge effects on bryophyte growth in boreal forests. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, p. 518-525. 2005.
- IBGE. **Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste**. IBGE, Rio de Janeiro. 1985.
- JENNINGS, S.B.; BROWN, N.D.; SHEIL, D. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. **Forestry**, v. 72, p. 59-73. 1999.
- JOHNSON, S.D.; NEAL, P.R.; PETER, C.I.; EDWARDS, T.J. Fruiting failure and limited recruitment in remnant populations of the hawkmoth-pollinated tree *Oxianthus pyriformis* subsp. *pyriformis* (Rubiaceae). **Biological Conservation**, v. 120, p. 31-39. 2004.
- KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, p. 173-185. 1989.

- LAURANCE, W.F. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation**, v. 57, p. 205-219. 1991.
- LAURANCE, W.F.; DELAMÔNICA, P.; LAURANCE, S.G.; VASCONCELOS, H.L.; LOVEJOY, T.E. Rain forest fragmentation kill big trees. **Nature**, v. 404, p. 836. 2000.
- LAURANCE, W.F.; LOVEJOY, T.E.; VASCONCELOS, H.L.; BRUNA, E.M.; DIDHAM, R.K.; STOUFFER, P.C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R.O.; LAURANCE, S.G.; SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, p. 605-618. 2002.
- LAURANCE, W. F. Hyperdinamism in fragmented habitats. **Journal of Vegetation Science**, v. 13, p. 595-602. 2002.
- LEME, E.M.C.; SIQUEIRA-FILHO, J.A. Studies in Bromeliaceae of Northeastern Brazil – I. **Selbyana**, v. 2, p. 146-154. 2001.
- LI, Q.; CHEN, J.; SONG, B.; LACROIX, J.J.; BRESEE, M.K.; RADMACHER, J.A. Areas influenced by multiple edges and their implications in fragmented landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 242, p. 99-107. 2007.
- LIMA, M.L.F.C. **Reserva da Biosfera da Mata Atlântica em Pernambuco** – situação atual, ações e perspectivas. Caderno nº12. Conselho nacional da reserva da biosfera da Mata Atlântica. Instituto Florestal – São Paulo. BR. 1998.
- MCKINNEY, M.L.; LOCKWOOD, J.L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. **Tree**, v. 14, p. 450-453. 1999.
- MEERVELD, H.J.T.; MCDONNELL, J.J. On the interrelation between topography, soil depth, soil moisture, transpirations rates and species distribution at the hillslope scale. **Advances in Water Resources**, v. 29, p. 293-310. 2006.
- MENEZES, A.F.; CAVALCANTE A.T.; AUTO, P.C.C. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Estado de Alagoas**. Caderno nº29. Conselho nacional da reserva da biosfera da Mata Atlântica. Poligraf. São Paulo. BR. 2004.
- MITTERMEIER, R.A.; DA FONSECA, G.A.B.; RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. A brief history of biodiversity conservation in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, p. 601-607. 2005.

- MORECROFT, M.D.; TAYLOR, M.E.; OLIVER, H.R. Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 90, p. 141-156. 1998.
- MOTZER, T. Micrometeorological aspects of a tropical mountain forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 135, p. 230-240. 2005.
- MOURELLE, C.; KELLMAN, M.; KWON, L. Light occlusion at forest edges: an analysis of tree architectural characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 154, p. 179-192. 2001.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree**, v. 10, p. 58-62. 1995.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858. 2000.
- NASCIMENTO, H.M.; ANDRADE, A.C.S.; CAMARGO, J.L.C.; LAURANCE, W.F.; LAURANCE, S.G.; RIBEIRO, J.E.L. Effects of surrounding matrix on tree recruitment in Amazonian Forest fragments. **Conservation Biology**, v. 20, p. 853-860. 2006.
- NEWMARK, W.D. Tanzania forest edge microclimatic gradients: dynamic patterns. **Biotropia**, v. 33, p. 2-11. 2001.
- OHMAN, K.; LAMAS, T. Reducing forest fragmentation in long-term forest planning by using the shape index. **Forest Ecology and Management**, v. 212, p. 346-357. 2005.
- OOSTERHOORN, M.; KAPPELLE, M. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. **Forest Ecology and Management**, v. 126, p. 291-307. 2000.
- PEIXOTO, O.L.; CARAMASCHI, U.; FREIRE, E.M.X. Two new species of Phyllodytes (Anura: Hylidae) from the state of Alagoas, northeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 59, p. 235-246. 2003.

- PIESSENS, K.; HONNAY, O.; DEVLAEEMINK, R.; HERMY, M. Biotic and abiotic edge effect in highly fragmented heathlands adjacent to cropland and forest. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 114, p. 335-342. 2006.
- PÔRTO, K.; CORTEZ, J.A.; TABARELLI, M. **Diversidade biológica no Centro de Endemismo Pernambuco**: sítios prioritários para a conservação. Coleção Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2005.
- PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Planta. Londrina, 2001. 327p
- QUAMMEN, D. **The Song of the Dodo**- Island Biogeography in an Age of Extinction. Touchstone, New York. 1997.
- RODRIGUES, E. **Edge effects on the regeneration of forest fragments in North Paraná**. Tese de Ph.D. Harvard University. 1998.
- RUDOLF, G. **Manual de microclimatologia**: o clima da camada de ar junto ao solo. 4ª ed. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556p.
- SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservatio Biology**, v. 1, p. 18-32. 1991.
- SAUNDERS, S.C.; CHEN, J.; DRUMMER, T.D.; CROW, T.R. Modeling temperature gradients across edge over time in a managed landscape. **Forest Ecology and Management**, v. 117, p. 17-31. 1999.
- SIH, A.; JONSSON, B.G.; LUIKART, G. Habitat loss: ecological, evolutionary and genetic consequences. **Tree**, v. 15, p. 132-134. 2000.
- SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of Atlântica Forest of Northeast Brazil. **Nature**, v. 404, p. 72-74. 2000.
- SILVA, J.M.C.; COELHO, G.; GONZAGA, L.P. Discovered on the brink of extinction: a new species of Pygmy-Owl (Strigidae: Glaucidium) from Atlantic forest of northeast Brazil. **Ararajuba**, v. 10, p. 123-130. 2002.
- SILVA, J.M.C.; CASTELETI, C.H.M. Status of the Biodiversity of the Atlantic Forest of Brasil. In: **The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats**

- and Outlook.** (ed. GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G.). CABS e Island Press. Washington. 2003.
- SIQUEIRA-FILHO, J.A.; LEME, E.M.C. Suplemento: Neoregelia subgênero longipetalopsis pp. 229-237. In: **Nidularium: Bromélias da Mata Atlântica** (ed. LEME, E. M. C.). Sextante, Rio de Janeiro. 2000.
- SIQUEIRA-FILHO, J.A.; LEME, E.M.C. An addition to the genus Canistrum: a new combination for an old species from Pernambuco and a new species from Alagoas, Brazil. **Journal of the Bromeliad Society**, v. 52, p. 105-121. 2002.
- SOLE, R.V.; ALONSO, D.; SALDAÑA, J. Abitat fragmentation and biodiversity collapse in neutral communities. **Ecological Complexity**, v. 1, p. 65-75. 2004.
- SRI-NGERNYUANG, K.; KANZAKI, M.; MIZUNO, T.; NOGUCHI, H.; TEEJUNTUK, S.; SUNGPALEE, C.; HARA, M.; YAMAKURA, T.; SAHUNALU, P.; DHANMANONDA, P.; BUNYAVEJCHEWIN, S. Habitat differentiation of Lauraceae species in a tropical lower montane forest in northern Thailand. **Ecological Research**, v. 18, p. 1-14. 2003.
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Gap-phase regeneration in a tropical montane forest: the effects of gap structure and bamboo species. **Plant Ecology**, v. 148, p. 149-155. 2000.
- TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C.; GASCON, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 1419-1425. 2004.
- TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; COSTA, C.M.R. Espécies ameaçadas e planejamento da conservação. In: **Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. (ed. GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G.). Fundação SOS Mata Atlântica, Conservação Internacional, Belo Horizonte. 2005.
- TABARELLI, M.; RODA, S.A. Uma oportunidade para o Centro de Endemismo Pernambuco. **Natureza e Conservação**, v. 3, p. 22-28. 2005.
- TOWSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. **Fundamentos em ecologia**. Artmed. 2ªed. Porto Alegre, 2006. 592p.

- URBINA-CARDONA, J.N.; OLIVARES-PÉREZ, M.O.; REYNOSO, V.H. Herpetofauna diversity and micronvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Vera Cruz, Mexico. **Biological Conservation**, v. 132, p. 61-75. 2006.
- YANG, B.; SHAW, R.H.; U, K. T. P. Wind loading on trees across a forest edge: a large eddy simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 141, p. 133-146. 2006.
- YATES, C.J.; ELLIOTT, C.; BYRNE, M.; COATES, D.J.; FAIRMAN, R. Seed production, germinability and seed growth for a bird-pollinated shrub in fragments of kwongan in south-west Australia. **Biological Conservation**, v. 136, p. 306-314. 2007.
- YIMER, F.; LEDIN, S.; ABDELKADIR, A. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. **Forest Ecology and Management**, v. 232, p. 90-99. 2006.
- YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, T. Rthe population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Tree**, v. 11, p. 413-418. 1996.

4. MANUSCRITO

*Microclima e expressão do efeito de borda em uma paisagem
fragmentada na Floresta Atlântica Nordestina*

(manuscrito a ser enviado ao periódico Forest Ecology and Management)

Microclima e expressão do efeito de borda em uma paisagem fragmentada na Floresta Atlântica Nordestina

Marcos Gabriel Figueiredo Mendes¹; Severino Rodrigo Ribeiro Pinto ; Marcelo Tabarelli²

¹ Programa de Pós- Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

² Professor Adjunto do Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

E-mails: bio_gabriel@yahoo.com.br; mtrelli@ufpe.br

Toda a correspondência deve ser endereçada para:

Marcelo Tabarelli

Departamento de Botânica

Centro de Ciências Biológicas

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária

Recife-PE.

Brasil

50.670-901

e-mail: mtrelli@ufpe.com

fone/fax: 055 81 21268348

Microclimate and edge effect expression on a fragmented landscape in the Northeast Atlantic Forest

Marcos Gabriel Figueiredo Mendes¹; Severino Rodrigo Ribeiro Pinto; Marcelo Tabarelli²

¹ Programa de Pós- Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

² Professor Adjunto do Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

Abstract – The maintenance of abiotic conditions on forest fragments is one of the mainly factors for species persistence, though few is known about the microclimate behavior on long-term disturbed landscapes. This work tries to clarify some microclimatic patterns on tropical forest fragments at a landscape scale, having edge aspects, patch spatial distribution and topography as explanatory variables. The study was carried out on a highly fragmented landscape on Brazilian Atlantic forest. Thirteen remnants were selected and in each one atmospheric temperature, air moisture, vapor pressure deficit (VPD) and diffused transmitted light (DTL) were measured at random distances from the edge, on every four aspects. The General Linear Mixed Model (GLMM) had presented the topography as the strongest influence on local microclimate. The altitude has effect on temperature, air moisture and VPD. In his turn, the slope has effect on temperature, VPD and DTL. The edge distance, aspects and patch spatial distribution didn't present sensitive effects on microclimate. The linearity of edge effect and the edge-core dichotomy, extant in others studies about landscapes with newer historical land use, fade out in facing of the specific characteristic of each fragment (random effect), very pronounced, awarding microclimatic particularities that call for specific interventions on the forestry restoration.

Key words: Landscape scale, Microclimatic changes, Northeast Atlantic Forest and topography.

Microclima e expressão do efeito de borda em uma paisagem fragmentada na Floresta Atlântica Nordestina

Marcos Gabriel Figueiredo Mendes¹; Severino Rodrigo Ribeiro Pinto; Marcelo Tabarelli²

¹ Programa de Pós- Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

² Professor Adjunto do Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

Resumo – A manutenção das condições abióticas de fragmentos de floresta é fator fundamental para persistência das espécies, porém pouco se sabe sobre o comportamento microclimático em paisagens submeidas a um prolongado período de perturbação. Este estudo tenta elucidar alguns padrões do comportamento microclimático em fragmentos de floresta tropical numa escala de paisagem, tendo como fatores preditores as diferentes orientações geográficas das bordas, distribuição espacial dos fragmentos e topografia. O estudo foi conduzido em uma paisagem severamente fragmentada da floresta Atlântica brasileira. Foram selecionados 13 fragmentos nos quais foram tomadas medidas de temperatura atmosférica, umidade relativa do ar, déficit da pressão de vapor e luz transmitida difusa em distâncias aleatórias em cada uma das quatro de suas orientações geográficas. Constatou-se através do Modelo Linear Geral Misto (GLMM) gerado que as variáveis topográficas exercem uma grande influência sobre o microclima local. A altitude apresenta influência significativa na temperatura, umidade relativa e no déficit da pressão de vapor; por sua vez a inclinação do terreno influencia significativamente a temperatura, o déficit da pressão de vapor e a luz transmitida difusa. Já a distância da borda, a orientação geográfica das bordas e a distribuição espacial dos fragmentos na paisagem não apresentam influência suficientemente sensível. A linearidade do efeito de borda e a adicotomia borda-núcleo, encontradas em outras paisagens com histórico de uso mais recente desaparece em frente às características inerentes de cada fragmento (efeito aleatório dos fragmentos), bastante pronunciadas conferindo aos fragmentos particularidade microclimática que apontam intervenções específicas nas atividades de restauração florestal.

Palavras-chave: Alteração Microclimática, Floresta Atlântica Nordestina, Escala de paisagem, Topografia.

Introdução

Condições abióticas como variação microclimática (Gehlaussen *et al.*, 2000) e características do solo (Yimer *et al.*, 2006; Laughlin e Abella, 2007) podem funcionar como filtros para a ocorrência de um determinado grupo de espécies no habitat, uma vez que estas diferem na sua tolerância e utilização dos recursos (Gascon *et al.*, 1999; Hubbell *et al.*, 1999). Se por um lado o solo funciona como um estoque de nutrientes e água para os organismos, por outro, as condições microclimáticas são uma das principais regentes dos eventos biológicos dentro de sistemas florestais. As variações microclimáticas podem, portanto, ser decisivas na composição de espécies em uma determinada área (Rae *et al.*, 2006; Campanello *et al.*, 2007; Laughlin e Abella, 2007; Farwig *et al.*, 2008) e de fundamental importância para o planejamento e manejo de sistemas florestais fragmentados.

A reorganização espacial da paisagem após o processo de fragmentação exerce sensível influência sobre as condições microclimáticas nos remanescentes florestais (Murcia, 1995), que por sua vez influenciam a dinâmica dos processos biológicos na paisagem (Saunders *et al.*, 1991; Fahrig, 2003; Harper *et al.*, 2005). Por exemplo, processos como dispersão (Fahrig e Merriam, 1994), recrutamento de novos indivíduos (Hubbell *et al.*, 1999; Sizer e Tanner, 1999; Benítez-Malvido e Martínez-Ramos, 2003; Benítez-Malvido e Lemus-Albor, 2005; Nascimento *et al.*, 2006) e mortalidade de árvores (Ferreira e Laurance, 1997; Mesquita *et al.*, 1999; Laurance *et al.*, 2000) são modificados a partir da criação de bordas florestais e aumento do isolamento dos remanescentes. Estes eventos interferem na distribuição das espécies, principalmente nas regiões de maior influência da matriz não florestada recém criada, que quanto mais contrastante, mais mudanças confere ao habitat original remanescente (Gehlhausen *et al.*, 2000; Oosterhoorn e Kappelle, 2000; Piessens *et al.*, 2006).

Com a criação da borda, ocorre inicialmente uma reestruturação física do fragmento devido à remodelagem do microclima proveniente da proximidade com um ambiente completamente diferente – a matriz (Harper *et al.*, 2005). Os padrões de temperatura e umidade são alterados em resposta à maior exposição à radiação solar e a ação dos ventos. Posteriormente, com o envelhecimento das bordas florestais, ocorre o chamado selamento destas, devido ao crescimento da subsequente sere sucessional regenerante (Oliveira *et al.*, 2004; Harper *et al.*, 2005; Minuz-Castro *et al.*, 2006), que ocupa as áreas de maior influência da matriz, com espécies pioneiras de grande capacidade de crescimento e com maiores condições de suportar estresse físico

(McKinney e Lockwood, 1999; Laurance, 2002). O selamento das bordas florestais traz consigo o amortecimento das pressões físicas externas em direção ao núcleo do fragmento (Harper *et al.*, 2005).

Alguns trabalhos apontam também variáveis topográficas como a altitude, a orientação geográfica e a inclinação do terreno como determinantes da magnitude do efeito de borda (v. Hylander, 2005) e na composição vegetacional (Sry-Ngernyuan *et al.*, 2003; Bennie *et al.*, 2006). Em adição, o tempo de criação da borda (Harper *et al.*, 2005), o tipo de matriz nas proximidades do fragmento (Mesquita *et al.*, 1999; Nascimento *et al.*, 2006) e as várias utilizações feitas deles (Tabarelli *et al.*, 2004) também podem interferir nas dinâmicas resultantes da fragmentação. Assim, apesar de a proximidade da borda vir apresentando em diversos trabalhos uma correlação linear com as principais alterações físicas no fragmento (v. Laurance *et al.* 2002), esta não é o único fator a explicar os resultados do efeito de borda sobre as manchas. Então, é de se esperar que o distanciamento da borda possa perder seu valor preditivo quando analisado em conjunto com outros fatores topográficos em ambientes na qual a organização espacial é bastante heterogênea.

Paisagens com histórico de fragmentação intenso e muito antigo ainda são pouco estudadas, e os efeitos da organização espacial e topográfica dos fragmentos ainda são pouco conhecidos. Se em paisagens onde as influências da matriz são amortecidas de maneira desigual devido a características espaciais diferentes nas bordas das manchas, espera-se então que a magnitude do efeito de borda também seja diferenciada e não linearmente relacionada apenas à proximidade da matriz. Neste estudo, é feita uma análise sobre uma paisagem de floresta tropical severamente fragmentada levando-se em consideração variações espaciais e topográficas dos remanescentes a fim de se testar a hipótese de que bordas florestais com diferentes características espaciais e topográficas dentro dos remanescentes apresentam expressividade diferenciada do efeito de borda microclimático.

Materiais e métodos

Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido entre novembro de 2006 e abril de 2008 em uma paisagem de Floresta Atlântica localizada no estado de Alagoas, entre as coordenadas 8°30'S e 35°50'O (Fig. 1). A paisagem, que possui aproximadamente 9000ha de remanescentes de floresta, está localizada em uma propriedade privada pertencente a

Usina Serra Grande (USGA). Os 109 fragmentos existentes na área encontram-se imerso em uma matriz predominantemente de cultura canavieira. A paisagem apresenta altitudes que variam de 300-500m (sobre o nível do mar). A precipitação média anual é próxima de 2000mm com estação seca pronunciada de novembro à janeiro. O solo apresenta duas classes similares, distrófico e com alto conteúdo de argila: latosolo vermelho-amarelo e podzolo vermelho-amarelo, de acordo com o sistema brasileiro de classificação do solo (IBGE, 1985). A vegetação apresenta duas fisionomias: floresta ombrófila e floresta estacional semi-decidual (Veloso *et al.*, 1991).

Nesta paisagem, a eliminação de centenas de hectares de floresta madura foi incentivada pelo crescimento do cultivo da cana-de-açúcar, atividade presente desde o período de colonização e intensificada a partir do século 19. Parte da floresta foi deixada intacta, protegida contra extração de madeira e queimadas, de modo que assegurassem a manutenção hídrica local em prol da lavoura canavieira. Desta forma, a permanência dos fragmentos no ambiente foi assegurada e os processos ecológicos resultantes da fragmentação intensa podem ser percebidos. Com o passar dos anos, esta paisagem vem se tornando um importante campo de estudo das alterações à longo prazo provenientes da fragmentação florestal. Mesmo que Coimbra (o maior fragmento florestal acima do rio São Francisco) não seja efetivamente uma floresta contínua, suas características estáveis de floresta de interior (*sensu* Harper *et al.*, 2005) permitem seu funcionamento como controle do experimento para se reconhecer alguns dos efeitos de borda persistentes de longa duração.

Desenho experimental

Um mosaico de 160 fotografias aéreas da paisagem (1:8000) tomadas em 2003 foi georreferenciado com base em medições de coordenadas geográficas tomadas em loco por Sistema de Posicionamento Global (GPS) (Garmin GPSmap 60Cx). Com estes dados pôde-se elaborar um mapa digital dos fragmentos florestais da paisagem com precisão de 4m com auxílio dos softwares ERDAS Imagine 8.6 e ArcView 3.3. A partir deste mosaico foram selecionados 13 remanescentes florestais para a condução do experimento. Em cada fragmento selecionado foram aleatorizados quatro pontos de coleta, um em cada face de exposição do fragmento (bordas na direção norte, sul, leste e oeste) com o auxílio da ferramenta *Generate Randon Points* (extensão Animal Moviment - ArcView 3.3). Os pontos foram aleatorizados à uma distância máxima de 150m da borda mais próxima, e se distanciavam entre si pelo menos 100m, para evitar

uma possível autocorrelação espacial. Em Coimbra, o maior fragmento (fragmento controle), foram definidos 40 pontos de coleta (10 em cada face de exposição). Ainda foram tomadas medidas da altitude local com auxílio de GPS e da inclinação do terreno. As áreas dos fragmentos e a percentagem total de vegetação numa área externa de 1km de raio (buffer externo), a partir do centro de cada fragmento foi medida através da extensão Geoprocessing Wizard (ArcView 3.3).

Coleta dos Dados

Em cada ponto foi tomada uma única leitura de temperatura atmosférica (T) e umidade relativa do ar (UR) á uma altura de 1,5m do solo entre 12 e 13 horas, durante a estação seca, momento em que essas variáveis atingem seu pico diurno. As medidas foram feitas com o uso de um termo-higrômetro digital manual (Minipa MTH-1380 com resolução para temperatura e umidade de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ e precisão de $\pm 2,5\%$ para umidade relativa e $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ para temperatura). Também foi calculado o Déficit da Pressão de Vapor (DPV) no interior dos fragmentos. Para cada medida dessas três variáveis houve uma medida de referência na matriz no mesmo horário, buscando relativizar os valores a fim de se evitar que as diferenças entre os dias de coleta incorressem em erro. A relativização feita seguiu a seguinte formula: $y=(x/z)*100$, onde “x” é o valor absoluto da leitura no fragmento e “z” o valor absoluto da leitura na matriz (Gehlhausen *et al.*, 2000).

Para se mensurar a exposição do ponto à radiação solar incidente, foram realizadas fotografias hemisféricas com uma lente Fish-eye FC-E8 acoplada a uma câmera fotográfica Nikon Coolpix 990, a 80cm do solo. As fotografias foram realizadas durante situações de penumbra (no crepúsculo, durante o nascer do sol ou em condições de intensa nebulosidade) para se evitar a incidência direta de luz através do dossel. As fotografias hemisféricas foram analisadas com o Gap Light Analyzer v.2.0 (GLA) e mensurada a quantidade de luz transmitida difusa (LTD). Cada fotografia foi analisada duas vezes para se evitar a subjetividade na distinção entre folhagem e abertura no dossel.

Variáveis e Análise estatística

Foram definidas duas categorias de variáveis. Aquelas relativas a características da paisagem (métricas de paisagem ou MP) como: buffer externo ao fragmento, área do fragmento e orientação geografia; e aquelas relativas a características próprias dos

pontos nas manchas (métricas de fragmento ou MF), como distância da borda mais próxima, altitude e inclinação do terreno. Todos os valores das variáveis estudadas foram transformados em busca da normalização pelo cálculo ou do logaritmo para valores contínuos, ou pelo arcosseno da raiz quadrada para valores em percentual. Os valores de área foram raiz-transformados.

Foi criado um Modelo Linear Geral Misto (GLMM) no JMP 6.0 (Statistical Discovery SAS) a fim de se buscar qualquer relação linear entre o conjunto de variáveis dependentes e as métricas espaciais. No modelo criado, foi introduzida uma variável como efeito aleatório, chamada de “variável fragmento”. Esta representa cada fragmento da análise (N=13) e nos permite separar os efeitos da variação de cada fragmento dos efeitos encontrados para cada variável preditora. Neste caso, quando valores para o efeito aleatório ultrapassam 30% da variância residual do modelo, assumimos esta como uma influência muito grande das variações intrínsecas de cada fragmento no modelo geral.

Para analisar a influência da orientação geográfica das bordas sobre temperatura atmosférica, umidade relativa do ar e luz transmitida difusa, separadamente, foi realizada uma Análise de Covariância (ANCOVA - Software Statistica 6.0) incorporando como fator a orientação geográfica das bordas e como co-variáveis, as características topográficas: altitude e inclinação do terreno. Também foi feita uma correlação bivariada entre altitude e inclinação do terreno para se evidenciar o posicionamento geral dos fragmentos em relação a aspectos topográficos da paisagem.

Resultados

O modelo linear geral misto gerado (GLMM) indica que as métricas de paisagem (MP) analisadas não possuem ou possuem muito fraca influência sobre os fragmentos analisados a ponto de não serem detectadas relações significativas com as variáveis microclimáticas (Tabela 1). Com base no mesmo modelo para as métricas de fragmento (MF), a altitude do ponto influencia a temperatura atmosférica e a DPV negativamente e a umidade relativa do ar positivamente. Já a inclinação do terreno exerce influência significativa sobre a temperatura atmosférica, sobre o DPV e sobre a luz transmitida difusa através do dossel, ambos relacionados negativamente.

Apesar da significância desses resultados, a influência do posicionamento do fragmento na variância desses valores dentro do modelo (efeito aleatório incorporado ao modelo) é notória, principalmente sobre a temperatura atmosférica (28,77% da

variância), déficit da pressão de vapor (28,01%) e luz transmitida difusa (25,5%), o que aponta uma caracterização própria – idiossincrática – de condições ambientais inerente a cada um dos fragmentos da paisagem.

Com base na ANCOVA tendo a orientação geográfica como o fator e a altitude como co-variável, a temperatura atmosférica, a umidade relativa e luz transmitida não apresentaram respostas significativas em função dessas variáveis. Da mesma forma, com a inclinação como co-variável, o modelo também não apresenta significância. Por fim, existiu uma correlação negativa ($r=0,2352$; $r^2=0,0553$; $F=5,0387$; d.f.=1,86; $P=0,0273$) entre altitude e inclinação do terreno nos pontos de coleta distribuídos nos fragmentos (Fig. 2)

Discussão

Neste trabalho, as métricas de paisagem estudadas não explicam a variação microclimática dos fragmentos. Os 88 pontos distribuídos em 13 fragmentos da paisagem mostram que a área do fragmento, a percentagem de vegetação no buffer externo de 1km e a orientação geográfica, por si só, exercem uma influência pouco sensível sobre as manchas de habitat em comparação a forte influência das variáveis topográficas na caracterização microclimática dos remanescentes. A inclinação e altitude local são apresentadas como principais fatores da modulação do microclima, conferindo aos fragmentos características microambientais próprias e que independem da distância a que os pontos estão localizados da borda. Este fenômeno vai de encontro com a dicotomia borda-núcleo já encontrada em alguns trabalhos, mas que não se aplica a esta paisagens com intenso e prolongado histórico de fragmentação.

Topografia vs. Habitat

As combinações de altitude e inclinação do terreno resultam em diferentes padrões aerodinâmicos (turbulência do vento) e de incidência de luz (Motzer, 2005) que influenciam principalmente a umidade e a quantidade de radiação local. Essa formatação da paisagem lidera além de alterações físicas, também dinâmicas biológicas no interior dos fragmentos. A umidade, por exemplo, é influenciada pela altitude e a sua correlação observada com a temperatura atmosférica e o DPV, pode determinar *micrositios* de ocorrência de alguns organismos com necessidades específicas de condições ambientais (Sry-Ngernyuan *et al.*, 2003; Bennie *et al.*, 2006; Urbina-Cardona *et al.*, 2006). De forma semelhante, a radiação influenciada pela inclinação do

terreno, também exerce controle significativo dos processos de germinação e fotossíntese (Sizer e Tanner, 1999).

Em 2003, Sry-Ngernyuang *et al.* identificaram a altitude e inclinação do terreno como fatores preditores da ocorrência de 11 espécies de Lauráceas em uma floresta tropical montana. A associação destas espécies aos aspectos topográficos da área estudada foi assumida como resposta delas à disponibilidade hídrica e tipo de solo em condições topográficas diferentes. Mais tarde, Bennie *et al.* (2006), encontraram alterações na composição florística devido ao efeito da topografia no solo e no microclima, expresso pela diminuição da fertilidade e umidade do solo com o aumento da inclinação e exposição à radiação solar.

Em nossa paisagem, a correlação negativa entre altitude e inclinação do terreno nos confirma o posicionamento geral dos remanescentes de florestas em encostas e topos de morro, o que nos aponta a existência de fatores topográficos relevantes como determinantes das características dos fragmentos. Por isso, tratar paisagens que apresente variações topográficas, como se fossem áreas completamente planas pode ser problemático (Chen *et al.*, 2007), mesmo que essas variações topográficas não sejam tão perceptíveis.

Apesar de a orientação geográfica das bordas dos remanescentes neste estudo não apresentarem influência significativa sobre as variáveis microclimáticas, refutando nossa hipótese e discordando com alguns trabalhos antecedentes (v. Kapos, 1989; Chen *et al.*, 1993, 1995; Honnay *et al.*, 2002; Hylander, 2005; Bennie *et al.*, 2006; Chen, 2007), pode-se perceber que as orientações geográficas em combinação com a topografia local, interferem nos valores médios das variáveis microclimáticas e nas intensidades do efeito de borda em diferentes orientações de bordas de um mesmo fragmento. Em uma altitude média, as bordas com orientação geográfica norte retiveram em média até 10% a mais de umidade do que bordas com orientação leste. Da mesma forma, em uma inclinação média, a luz transmitida difusa apresentou valor 27% maior em bordas com orientação norte do que nas com orientação geográfica oeste. Apesar da não significância estatística apresentada nas análises, este efeito pode ter implicações biológicas únicas para a os organismos que compõem a paisagem.

Em paisagens onde a topografia é variável e os fragmentos apresentam alternâncias no posicionamento, ora em encosta, ora em topos de morro, as condições microclimáticas funcionam diferentemente dos sistemas florestais onde ha uma maior homogeneidade topográfica (Motzer, 2005; Bennie *et al.*, 2008). Nessa situação podem

ser percebidas mudanças na umidade do solo (Kapos, 1989) e na composição física e química do solo em bordas com maior exposição à radiação (Bennie *et al.*, 2006). Sendo assim, os 27% a mais de radiação na exposição norte tem papel decisivo na alteração de alguns processos físicos (Matlack, 1993) e ecológicos (Hylander, 2005) da paisagem estudada.

Esse efeito somado as diferenças entre as pressões de matrizes pode interferir ainda mais no comportamento microclimática em escala local (Gehlhausen *et al.*, 2000). Com essas possíveis alterações na amplitude da área de influência da borda, o habitat para determinados organismos pode se apresentar reduzido em determinadas situações de borda. Devido às características microclimáticas alteradas, espécies podem ser incapazes de penetrar em bordas e outras favorecidas. Isto pode ter efeito sensível na composição de espécies do fragmento (Honnay *et al.*, 2002; Campanello *et al.*, 2007) e na densidade de indivíduos, principalmente as intolerantes a sombra, já que bordas florestais são reconhecidamente um refúgio para elas (Gehlhausen *et al.*, 2000; Hernandez-Steannoni e Dupuy, 2008).

Histórico de Fragmentação e Distanciamento da Borda

É importante ressaltar que os resultados deste estudo realizado em um sistema florestal com longo histórico de perturbação é contrário a relação linear do efeito de borda com o distanciamento da matriz. A distância da borda tem tido papel fundamental em muitos estudos que explicam o comportamento do efeito de borda em sistemas florestais (v. Laurance *et al.*, 2002). Estudos realizados, principalmente em florestas de terras baixa, mostram que as principais alterações das dinâmicas das paisagens fragmentadas respondem principalmente ao distanciamento da borda (Kapos, 1989; Bierregaard *et al.*, 1992; Laurance *et al.*, 1998a; Laurance *et al.*, 1998b; Didham e Lawton, 1999; Sizer e Tanner, 1999; Urbinda-Cardona *et al.*, 2006).

Contudo, essa linearidade é estudada fundamentalmente em paisagens com cenários de fragmentação ainda recentes nas quais as dinâmicas ainda são bastante aceleradas. Nesse período, as alterações estão ainda em desenvolvimento e mostram um ponto intermediário na dinâmica e acomodação estrutural dos fragmentos (Harper *et al.*, 2005). Já no cenário estudado neste trabalho a paisagem mostra um momento à frente nos processos de fragmentação. O longo tempo pelo qual os remanescentes foram submetidos às influências externas resulta hoje numa situação onde as condições criadas

em cada fragmento correspondem muito mais a fatores próprios da mancha do que a um padrão geral existente na paisagem.

O fator aleatório incorporado ao modelo nos prova a existência de uma variação muito grande do comportamento das condições ambientais em cada fragmento analisado. Em paisagens onde o tempo de fragmentação e o nível de perturbação em todas as suas óticas (econômico e social) alcançaram grandes proporções, o que permite aos fragmentos amortecerem as influências externas vindas da matriz, não são mais fatores relacionados ao distanciamento da borda, nem ao tamanho do fragmento – invariavelmente muito reduzido – e nem tampouco a quantidade de vegetação ao seu redor – praticamente inexistente. A tentativa de suportar as influências da matriz passa a ser assegurada pela razoável chance dos fragmentos, numa reestruturação forçada durante longo tempo, de selar suas bordas e pela diminuição das perturbações impostas a ele enquanto existir na paisagem.

Implicações para Conservação

As alterações das dinâmicas de floresta que ocorrem em paisagens submetidas à fragmentação tem sido objeto de estudo de diversos trabalhos. Nota-se o aumento, ano após anos, dos estudos relacionados a alterações em longo prazo nas características bióticas e abióticas dessas paisagens (Laurance *et al.*, 2004; Ellis *et al.*, 2006; Goldsmith *et al.*, 2006; Wilkin *et al.*, 2007), devido ao aumento da preocupação com as alterações permanentes que a fragmentação e a perda de habitat podem acarretar em sistemas florestais. Devido a grande influência que a penetração e a magnitude do efeito de borda exercem sobre determinados organismos em pequenos remanescentes florestais (Didham e Lawton, 1999), torna-se fundamental entender o comportamento microclimático em grandes escalas espaciais e temporais para que sejam tomadas medidas determinantes no manejo dessas áreas (Chen *et al.*, 1995).

O histórico de uso e tempo de isolamento em diferentes paisagens tornam bastante diverso o comportamento das variáveis ambientais nestes sistemas (Sauders *et al.*, 1991), e faz com que outros aspectos da estrutura da paisagem devam ser levados em consideração para melhor definição de estratégias de manejo. Assim é fundamental o entendimento do comportamento ambiental específico das paisagens, uma vez que os remanescentes apresentam padrões microclimáticos dependentes de fatores específicos em cada uma delas, e não um único padrão para todo o bioma.

Conclusões

As características topográficas da paisagem podem ser reconhecidas como os principais fatores determinantes da modulação do microclima nos remanescentes florestais. A deformidade nos padrões microclimáticos não atende a dicotomia borda-núcleo observada em diversos trabalhos realizados em paisagens fragmentadas, e o efeito de borda passa a apresentar uma correspondência com cada tipo de fragmento. Os fatores topográficos em combinação com o prolongado histórico de uso e contínua manipulação da paisagem comandam as alterações microclimáticas nos remanescentes, que não sofrem influência das métricas de paisagem estudadas. Remanescentes de floresta tropical em paisagens severamente fragmentadas e com prolongado histórico de uso mostram características microclimáticas próprias e alteradas, que implicam em planos de manejos específicos para cada área de interesse.

Agradecimentos

Aos financiadores deste trabalho: Conservação Internacional do Brasil (CI), Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e PROMATA.

Referências Bibliográficas

- Benítez-Malvido, J., Martínez-Ramos, M. 2003. Impacts of forest fragmentation on understory plants species richness in Amazonia. *Conservation Biology* 17, 389-400.
- Benítez-Malvido, J., Lemus-Albor, A. 2005. The seedling community of tropical rain forest edges and its interaction with herbivores and pathogens. *Biotropica* 37, 301-313.
- Bennie, J., Hill, M.O., Baxter, R., Huntley, B. 2006. Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands. *Journal of Ecology* 94, 355-368.
- Bennie, J., Huntley, B., Wiltshire, A., Hill, M.O., Baxter, R. 2008. Slope, aspect and climate: spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological Modelling* 216, 47-59.

- Bierregaard, R.O., Lovejoy, T.E., Kapos, V., Santos, A.A., Hutchings, R.W. 1992. The Biological dynamics of tropical Rain Forest fragments. *BioScience* 42, 859-866.
- Campanello, P.I., Gatti, M.G., Ares, A., Montti, L., Goldstein, G. 2007. Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic forest. *Forest Ecology and Management* 252, 108-117.
- Chen, J., Franklin, J.F., Spies, T.A. 1993. An empirical model for predicting diurnal air-temperature gradients from edge into old-growth Douglas-fir forest. *Ecological Modelling* 67, 179-198.
- Chen, J., Franklin, J.F., Spies, T.A. 1995. Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecological Applications* 5, 74-86.
- Chen, X.F., Chen, J.M., An, S.Q., Ju, W.M. 2007. Effects of topography on simulated net primary productivity at landscape scale. *Journal of Environmental Management* 85, 585-596.
- Didham, R.K., Lawton, J.H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica* 31, 17-30.
- Ellis, E.C., Wang, H., Xiao, H.S., Peng, K., Liu, X.P., Li, S.C., Ouyang, H., Cheng, X., Yang, L.Z. 2006. Measuring long-term ecological changes in densely populated landscapes using current and historical high resolution imagery. *Remote Sensing and Environment* 100, 457-473.
- Fahrig, L., Merriam, G. 1994. Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology* 8, 50-59.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Eco. Evol. Syst.* 34, 487-515.

- Farwig, N., Sajita, N., Schaab, G., Böhning-Gaese, K. 2008. Human impact diminishes seedling species richness in Kakamega forest, Kenya. *Basic and Applied Ecology* 9, 383-391.
- Ferreira, L.V., Laurance, W.F. 1997. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in Central Amazonia. *Conservation Biology* 11, 797-801.
- Gascon, C., Lovejoy, T.E., Bierregaard, R.O., Malcolm, F.R., Stouffer, P.C., Vasconcelos, H.L., Laurance, W.F., Zimmerman, B., Tocher, M., Borges, S. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* 91, 223-229.
- Gehlhausen, S.M., Schwartz, M.W., Augspurger, C.K. 2000. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. *Plant Ecology* 147, 21-35.
- Goldsmith, G.R., Comita, L.S., Morefield, L.L., Condit, R., Hubbell, S.P. 2006. Long-term research impacts on seedling community structure and composition in a permanent forest plot. *Forest Ecology and Management* 234, 34-39.
- Harper, K.A., Macdonald, S.E., Borton, P.J., Chen, J., Brosnoff, K.D., Saunders, S.C., Euskirchen, E.S., Roberts, D., Jaithe, M.S., Esseen, P. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19, 768-782.
- Hernandez-Steanoni, J., Dupuy, J.M. 2008. Effects of landscape patterns on species density and abundance of trees in a tropical subdeciduous forest of the Yucatan Peninsula. *Forest Ecology and Management* 255, 3797-3805.
- Honnay, O., Verheyen, K., Hermy, M. 2002. Permeability of ancient forest edges for weedy plant species invasion. *Forest Ecology and Management* 161, 109-122.

- Hubbell, S.P., Foster, R.B., O'Brien, S.T., Harms, K.E., Condit, R., Wechsler, B., Wright, S.J., Loo de Lao, S. 1999, Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science* 283, 554-557.
- Hylander, K. 2005. Aspect modifies the magnitude of edge effects on bryophyte growth in boreal forests. *Journal of Applied Ecology* 42, 518-525.
- IBGE. 1985. Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste. IBGE, Rio de Janeiro.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5, 173-185.
- Laughlin, D.C., Abella, S.R. 2007. Abiotic and biotic factors explain independent gradients of plant community composition in ponderosa pine forests. *Ecological Modelling* 205, 231-240.
- Laurance, W.F., Ferreira, L.V., Merona, R.J.M.R., Laurance, S.G. 1998a. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* 79, 2032-2040.
- Laurance, W.F., Ferreira, L.V., Merona, R.J.M.R., Laurance, S.G., Lovejoy, T.E. 1998b. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology* 12, 460-464.
- Laurance, W.F., Delamônica, P., Laurance, S.G., Vasconcelos, H.L., Lovejoy, T.E. 2000. Rain forest fragmentation kills big trees. *Nature* 404, 836.
- Laurance, W.F. 2002. Hyperdynamism in fragmented habitats. *Journal of Vegetation Science* 13, 595-602.
- Laurance, W.F., Lovejoy, T.E., Vasconcelos, H.L., Bruna, E.M., Didham, R.K., Stouffer, P.C., Gascon, C., Bierregaard, R.O., Laurance, S.G., Sampaio, E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16, 605-618.

- Laurance, W.F., Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G., Condit, R., D'angelo, S., Andrade, A. 2004. Inferred longevity of Amazonian Rain Forest trees based on a long-term demography study. *Forest Ecology and Management* 190, 131-143.
- Matlack, G.R. 1993. Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States. *Biological Conservation* 66, 185-194.
- McKinney, M.L., Lockwood, J.L. 1999. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Tree* 14, 450-453.
- Mesquita, R.C.G., Delamônica, P., Laurance, W.F. 1999. Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. *Biological Conservation* 91, 129-134.
- Motzer, T. 2005. Micrometeorological aspects of a tropical mountain forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 135, 230-240.
- Muniz-Castro, M.A., Williams-Linera, G., Benayas, J.M.R. 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 22, 431-440.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree* 10, 58-62.
- Nascimento, H.M., Andrade, A.C.S., Camargo, J.L.C., Laurance, W.F., Laurance, S.G., Ribeiro, J.E.L. 2006. Effects of surrounding matrix on tree recruitment in Amazonian Forest fragments. *Conservation Biology* 20, 853-860.
- Oliveira, M.A., Grillo, A.S., Tabarelli, M. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* 38, 389-394.
- Oosterhoorn, M., Kappelle, M. 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management* 126, 291-307.

- Piessens, K., Honnay, O., Devlaeminck, R., Hemy, M. 2006. Biotic and abiotic edge effect in highly fragmented heathlands adjacent to cropland and forest. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114, 335-342.
- Rae, D.A., Armbruster, W.S., Edwards, M.E., Svengard-Barre, M. 2006. Influence of microclimate and species interactions on the composition of plant and invertebrate communities in alpine northern Norway. *Acta Oecologica* 29, 266-282.
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J., Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 1, 18-32.
- Sizer, N., Tanner, E.V.J. 1999. Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazônia. *Biological Conservation* 91, 135-142.
- Sri-Ngernyuan, K., Kanzaki, M., Mizuno, T., Noguchi, H., Teejuntuk, S., Sungpalee, C., Hara, M., Yamakura, T., Sahunalu, P., Dhanmanonda, P., Bunyavejchewin, S. 2003. Habitat differentiation of Lauraceae species in a tropical lower montane forest in northern Thailand. *Ecological Research* 18, 1-14.
- Tabarelli, M., Silva, J.M.C., Gascon, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13, 1419-1425.
- Urbina-Cardona, J.N., Olivares-Pérez, M.O., Reynoso, V.H. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Vera Cruz, Mexico. *Biological Conservation* 132, 61-75.
- Veloso, H.P., Rangel-Filho, A.L.R., Lima, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- Wilkin, T.A., Garant, D., Gosler, A.G., Sheldon, B.C. 2007. Edge effect in the Great Tit: Analyses of long-term data with GIS techniques. *Conservation Biology* 21, 1207-1217.

Yimer, F., Ledin, S., Abdelkadir, A. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 232, 90-99.

TABELAS

Tabela 1. Resultado do Modelo Linear Geral Misto (GLMM), com o posicionamento do fragmento como efeito aleatório, apresentando as métricas de paisagem (MP) e métricas de fragmentos (MF).

	<i>GL</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Valor (F)</i>	<i>Valor (P)</i>
<i>Temperatura atmosférica</i>				
Área do Fragmento (MP)	1	5,03	0,6963	0,4418
% Buffer externo (MP)	1	10,49	0,3009	0,5948
Orientação da Borda (MP)	3	67,09	1,9279	0,1334
Distância da Borda (MF)	1	71,97	2,3497	0,1297
Altitude do Ponto (MF)	1	69,04	4,7371	0,0329*
Inclinação do Ponto (MF)	1	69,85	5,4055	0,0230*
<i>Umidade Relativa</i>				
Área do Fragmento (MP)	1	3,43	1,1644	0,3506
% Buffer externo (MP)	1	10,50	0,2856	0,6042
Orientação da Borda (MP)	3	67,10	1,1835	0,3227
Distância da Borda (MF)	1	73,50	1,6350	0,2050
Altitude do Ponto (MF)	1	59,32	4,1948	0,0450*
Inclinação do Ponto (MF)	1	71,02	1,8798	0,1747
<i>Déficit da Pressão de Vapor</i>				
Área do Fragmento (MP)	1	4,98	0,6054	0,4719
% Buffer externo (MP)	1	10,57	1,7791	0,2103
Orientação da Borda (MP)	3	67,15	0,9324	0,4300
Distância da Borda (MF)	1	72,09	0,0544	0,8163
Altitude do Ponto (MF)	1	68,63	12,2546	0,0008*
Inclinação do Ponto (MF)	1	69,95	4,2272	0,0435*
<i>Luz Transmitida Difusa</i>				
Área do Fragmento (MP)	1	4,52	2,0245	0,2200
% Buffer externo (MP)	1	10,27	4,2040	0,0667
Orientação da Borda (MP)	3	66,91	1,8404	0,1482
Distância da Borda (MF)	1	72,30	0,0004	0,9836
Altitude do Ponto (MF)	1	66,73	2,2999	0,1341
Inclinação do Ponto (MF)	1	70,01	9,0012	0,0037*

*Valores significativos com $P < 0,05$.

FIGURAS



Figura 1. Distribuição dos remanescentes na paisagem de estudo Usina Serra Grande localizada no estado de Alagoas, Nordeste do Brasil. Em destaque os 13 remanescentes selecionados para o estudo e Coimbra, com seus respectivos pontos de coleta.

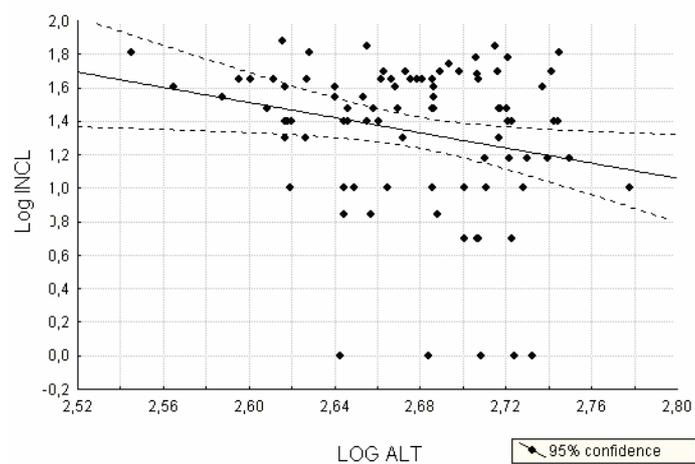


Figura 2. Correlação linear entre a altitude (LOG ALT) e inclinação do terreno (Log INCL) ($r=0,2352$; $r^2=0,0553$; $F=5,0387$; d.f.=1,86; $P=0,0273$) na paisagem estudada em Serra Grande.

5. CONCLUSÕES

A hipótese testada de que, bordas florestais com diferentes características topográficas apresentam diferenças na expressão microclimática, pôde ser corroborada neste trabalho. A altitude e inclinação de pontos nas bordas de remanescentes florestais, geralmente localizados em topos de morro e encostas, tem grande importância na definição das características microclimáticas local. Este efeito supera a distância da borda como preditora de amortecimento microclimático e demais métricas de paisagem. Além disso, o efeito de borda apresenta uma correspondência com cada tipo de fragmento e o histórico de utilização dele. Já a orientação geográfica das bordas florestais, apresentam uma discreta, mas importante contribuição na modulação microclimática, com respeitáveis implicações biológicas para a paisagem. Os achados neste estudo referem-se a paisagens submetidas a um intenso e prolongado processo de fragmentação.

Remanescentes de floresta tropical em paisagens com este tipo de cenário apresentam características microclimáticas próprias e alteradas, que implicam em planos de manejos específicos para cada área de interesse. Outros estudos devem ser feitos a fim de se encorpar a base teórica para o desenvolvimento de métodos mais adequados de restauração e conservação em paisagens intensamente fragmentadas. Estes métodos devem ser incorporados às especificidades das espécies pelo ambiente físico, para se promover a recuperação destas áreas degradadas, com espécies que se adequem ao ambiente e consigam persistir na paisagem.

6. RESUMO GERAL

A manutenção das condições abióticas de fragmentos de floresta é fator fundamental para persistência das espécies, porém pouco se sabe sobre o comportamento das variáveis microclimáticas em paisagens submeidas a um prolongado período de perturbação. Este estudo tenta elucidar alguns padrões do comportamento microclimático em fragmentos de floresta tropical em escala de paisagem, tendo como fatores preditores as métricas de paisagem: orientações geográficas das bordas dos remanescentes, tamanho dos fragmentos e percentagem de vegetação num *buffer* externo de 1km; e como métricas de fragmentos: a distância da borda, altitude e inclinação do terreno no ponto. O estudo foi conduzido em uma paisagem severamente fragmentada da floresta Atlântica brasileira, em uma propriedade privada pertencente à Usina Serra Grande, no estado de Alagoas. Foram selecionados 13 fragmentos nos quais foram tomadas medidas de temperatura atmosférica, umidade relativa do ar, déficit da pressão de vapor (DPV) e luz transmitida difusa em distâncias aleatórias em cada uma das quatro de suas orientações geográficas (Norte, Sul, Leste e Oeste). Os pontos de coleta se localizavam a uma distância máxima da borda de 150m, e separados por uma distância mínima de 100m, com o intuito de se evitar pseudo-réplica espacial. Constatou-se através do Modelo Linear Geral Misto (GLMM) que as métricas de paisagem e o distanciamento da borda não exercem influência sobre o microclima local. Em contrapartida, as variáveis topográficas, exercem uma grande influência sobre o microclima dos fragmentos de floresta, uma vez que os fragmentos da paisagem encontram-se, de maneira geral, distribuídos em topos de morro e encostas. Assim, a altitude apresenta influência significativa na temperatura, umidade relativa e no DPV; por sua vez a inclinação influencia significativamente a temperatura, o DPV e a luz transmitida difusa. A relação linear do efeito de borda encontrado em diversas outras paisagens com histórico de uso mais recente desaparece em frente às características inerentes de cada fragmento (efeito aleatório) da paisagem. Estes resultados apontam a necessidade de planos de manejo específicos, devido a idiosincrasias existentes em paisagens severamente fragmentadas, com histórico de uso bastante prolongado e com características topográficas distintas.

7. GENERAL ABSTRACT

The maintenance of abiotic conditions on forest fragments is one of the mainly factors for species persistence, though few is known about the microclimate behavior on long-term disturbed landscapes. This work tries to clarify some microclimatic patterns on tropical forest fragments at a landscape scale, having landscape metrics (geographic aspects, patch area and percent of vegetation on a 1km-extern buffer) and patch metrics (edge distance, altitude and slope) as explanatory variables. The study was carried out on a highly fragmented landscape on Brazilian Atlantic forest, at a private property belonging Usina Serra Grande, on Alagoas state. Thirteen remnants were selected and in each one atmospheric temperature, air moisture, vapor pressure deficit (VPD) and diffused transmitted light (DTL) were measured at random distances from the edge, on every four aspects (north, south, east and west). The sapling points were located at least 150m from the edge, and 100m apart, due to avoid a spatial pseudo-replica. The General Linear Mixed Model (GLMM) had presented that landscape metrics and edge distance dosen't present effects on local microclimate. On other hand, altitude and slope present very strong effects on microclimate of forest fragments, due the fragments were distributed, essentially, on hills' higher positions and slopes. For this, the altitude presents significative effects on temperature, air moisture and on VPD. In his turn, the slope has effect on temperature, VPD and DTL. The linearity of edge effect and the edge-core dichotomy, extant in others studies about landscapes with newer historical land use, fade out in facing of the specific characteristic of each fragment (random effect) on our landscape. These results show needs for specife management due to idiosyncrasies at highly fragmented landscapes, with long-term historical use and distincts topographic characteristics.

8. ANEXO

FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT

An International Journal

Guide for Authors

Forest Ecology and Management publishes scientific articles that link forest ecology with forest management, and that apply biological, ecological and social knowledge to the management and conservation of man-made and natural forests. The scope of the journal includes all forest ecosystems of the world. A refereeing process ensures the quality and international interest of the manuscripts accepted for publication. The journal aims to encourage communication between scientists in disparate fields who share a common interest in ecology and forest management, and to bridge the gap between research workers and forest managers in the field to the benefit of both. Authors should demonstrate a clear link with forest ecology and management. For example, papers dealing with remote sensing are acceptable if this link is demonstrated, but not acceptable if the main thrust is technological and methodological. Similarly, papers dealing with molecular biology and genetics may be more appropriate in specialized journals, depending on their emphasis. The journal does not accept articles dealing with agro-forestry. The journal does not recognize 'short communications' as a separate category.

Online Submission of manuscripts

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the Publisher.

Upon acceptance of an article, authors will be asked to transfer copyright (for more information on copyright see <http://www.elsevier.com/authorsrights>). This transfer will ensure the widest possible dissemination of information. A letter will be

sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript. A form facilitating transfer of copyright will be provided.

If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: contact Elsevier's Rights Department, Oxford, UK; phone: (+44) 1865 843830, fax: (+44) 1865 853333, e-mail: permissions@elsevier.com. Requests may also be completed on-line via the Elsevier homepage (<http://elsevier.com/locate/permissions>).

Submission to this journal proceeds totally on-line. Use the following guidelines to prepare your article. Via the link http://ees.elsevier.com/eeshelp/EES_Author_Tutorial.html

you will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files. Once the uploading is done, our system automatically generates an electronic (PDF) proof, which is then used for reviewing. It is crucial that all graphical elements be uploaded in separate files, so that the PDF is suitable for reviewing. Authors can upload their article as a LaTeX or Microsoft (MS) Word document. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revisions, will be by e-mail.

Electronic format requirements for accepted articles

We accept most wordprocessing formats, but Word and LaTeX is preferred. Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety. Save your files using the default extension of the program used.

Wordprocessor documents

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed 'graphically designed' equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Quickguide at

www.elsevier.com/locate/guidepublication). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on *Preparation of electronic illustrations* on the Quickguide at www.elsevier.com/locate/guidepublication

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spellchecker' function of your wordprocessor.

Types of contribution

1. *Regular papers*. Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.
2. *Review articles*. Review articles are welcome but should be topical and not just an overview of the literature. Before submission please contact one of the Chief Editors.
3. *Book Reviews*. Book Reviews will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old. The Editors will solicit book reviews. Unsolicited reviews will not usually be accepted, but suggestions for appropriate books for review may be sent to the Editorial Office of *Forest Ecology and Management*.

For consultation or suggestions please contact:

P. Attiwill
School of Botany
The Australian Centre
University of Melbourne
16 Wonga Road
Ringwood, Victoria 3134
Australia
Tel: +61 3 9870 3034
Fax: +61 3 9870 3034
E-mail: attiwill@unimelb.edu.au

T.S. Fredericksen
Ferrum College, Life Science Division
80 Wiley Drive
Ferrum, VA 24088, USA
E-mail: tfredericksen@ferrum.edu

D.Binkley
Colorado State University
Colorado Forest Restoration Institute
Fort Collins, CO 80523
USA
E-mail: Dan.Binkley@Colostate.edu

H. Hasenauer
Institute of Forest Growth Research
University of Natural Resources and Applied Life Sciences
Peter Jordan Str. 82
A-1190 Wien
Austria
E-mail: hasenau@edv1.boku.ac.at

J-P. Laclau
CIRAD/USP,ESALQ-LCF
Caixa Postal 9 Cep
13418-900 Piracicaba SP
Brazil
E-mail: laclau@cirad.fr

Preparation of manuscripts

1. Manuscripts should be written in English. Authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscripts checked by an English-speaking colleague prior to submission.

English language help service: Upon request, Elsevier will direct Authors to an agent

who can check and improve the English of their paper (*before submission*). Please contact www.elsevier.com/locate/elsevierpublishing for further information.

2. Manuscripts should be prepared with numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. **Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc. should be numbered.**

However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive use of italics to emphasize part of the text.

3. Manuscripts in general should be organized in the following order:

- Title (should be clear, descriptive and not too long)
- Name(s) of author(s)
- Complete postal address(es) of affiliations
- Full telephone, Fax. no. and E-mail of the corresponding author
- Present address(es) of author(s) if applicable
- Complete correspondence address to which the proofs should be sent
- Abstract
- Key words (indexing terms), normally 3-6 items
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgements and any additional information concerning research grants, etc.
- References
- Tables
- Figure captions

4. In typing the manuscript, titles and subtitles should not be run within the text. They should be typed on a separate line, without indentation. Use lower-case font.

5. Elsevier reserves the privilege of returning to the author for revision accepted manuscripts and illustrations which are not in the proper form given in this guide.

Abstracts

The abstract should be clear, descriptive and not longer than 400 words.

Formulae

1. Subscripts and superscripts should be clear.
2. Take special care to show clearly the difference between zero (0) and the letter (O), and between one (1) and the letter l.
3. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used.
4. For simple fractions use the solidus (/) instead of a horizontal line.
5. Equations should be numbered serially at the righthand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.
6. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of e are often more conveniently denoted by exp.
7. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are *P \leq 0.05, **P \leq 0.01 and ***P \leq 0.001.

Units and abbreviations

In principle SI units should be used except where they conflict with current practise or are confusing. Other equivalent units may be given in parentheses.

Units and their abbreviations should be those approved by ISO (International Standard 1000:92

SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units).

Abbreviate units of measure only when used with numerals.

Nomenclature

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.
2. All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.
- 3 All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names

when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

4. For chemical nomenclature, the conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry and the official recommendations of the IUPAC IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be followed.

Tables

1. Authors should take notice of the limitations set by the size and layout of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions of a table.

2. If many data are to be presented, an attempt should be made to divide them over two or more tables.

3. Drawn tables, from which prints need to be made, should not be folded.

4. Tables should be numbered according to their sequence in the text. The text should include references to all tables.

5. Each table should be typewritten on a separate page of the manuscript. Tables should never be included in the text.

6. Each table should have a brief and self-explanatory title.

7. Column headings should be brief, but sufficiently explanatory. Standard abbreviations of units of measurement should be added between parentheses.

8. Vertical lines should not be used to separate columns. Leave some extra space between the columns instead.

9. Any explanation essential to the understanding of the table should be given as a footnote at the bottom of the table.

Preparation of electronic illustrations

Submitting your artwork in an electronic format helps us to produce your work to the best possible standards, ensuring accuracy, clarity and a high level of detail.

General points:

- Always supply high-quality printouts of your artwork, in case conversion of the electronic artwork is problematic.
- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.

- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Helvetica, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files, and supply a separate listing of the files and the software used.
- Provide all illustrations as separate files and as hardcopy printouts on separate sheets.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (Note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below.):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: Colour or greyscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (colour or greyscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

Please do not:

- Supply embedded graphics in your wordprocessor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PIC, WPG) the resolution is too low;

- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Colour illustrations

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS, or MS Office files) and with the correct resolution. Polaroid colour prints are *not* suitable. If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. For colour reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for colour print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting colour figures to 'grey scale' (for the printed version should you not opt for colour in print) please submit in addition usable black and white files corresponding to all the colour illustrations.

Supplementary files

Preparation of supplementary data. Elsevier now accepts electronic supplementary material (e-components) to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the Author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data is provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please go to <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Files can be stored on 3 inch diskette, ZIP-disk or CD (either MS-DOS or Macintosh). This journal offers electronic

submission services and supplementary data files can be uploaded via 
www.elsevier.com/authors.

References

1. All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text the manuscript. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.
2. In the text refer to the author's name (without initial) and year of publication. If quoting a specific passage insert a short reference to the appropriate page(s). Examples: "Since Smith (1992, p. 12) has observed that..." "Recent empirical research confirms this (Jones,1994a, pp. 16-18)".
3. If reference is made in the text to a publication written by more than two authors the name of the first author should be used followed by "et al." This indication, however, should never be used in the list of references. In this list names of first author and coauthors should be mentioned.
4. References cited together in the text should be arranged chronologically. The list of references should be arranged alphabetically on author's names, and chronologically per author. If an author's name in the list is also mentioned with coauthors the following order should be used: publications of the single author, arranged according to publication dates, publications of the same author with one coauthor, publications of the author with more than one coauthor. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 1974a, 1974b, etc.
5. Use the following system for arranging your references:
 - a For periodicals
Winter, M., Gaskell, P. 1998. The Agenda 2000 debate and CAP reform in Great Britain. Is the environment being sidelined? *Land Use Policy* 15, 217-231.
 - b For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical:
Rasmussen, L., Wright, R.F., Large-scale ecosystem experiments: ecological research and European environmental policy, 1998. In: Rasmussen, L., Wright, R.F., (Eds.), *The Whole Ecosystem Experiments of the NITREX and EXMAN Projects. Forest Ecology and Management*, 101, 353-363.
 - c For books:
Gough, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials*. Elsevier,

Amsterdam.

d For multiauthor books

Hunter, I., Bird, P., 1997. Experience with Participatory Forest Management (Pfm) in the Tropics. In: Solberg, B., Miina, S. (Eds.), Conflict Management and Public Participation in Land Management. European Forest Institute, Joensuu, pp. 177-186.

6. Because of the interdisciplinary audience of the journal, titles of periodicals should be given in full.

7. In the case of publications in any language other than English, the original title should be retained. However, the titles of publications in nonRoman alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

8. Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

9. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Articles in Special Issues: Please ensure that the words 'this issue' are added (in the list and text) to any references to other articles in this Special Issue.

Footnotes

1. Footnotes should only be used if absolutely essential. In most cases it should be possible to incorporate the information in normal text.

2. If used, they should be numbered in the text, indicated by superscript numbers, and kept as short as possible.

Copyright

1. An author, when quoting from someone else's work or when considering reproducing an illustration or table from a book or journal article, should make sure that he is not infringing a copyright.

2. Although in general an author may quote from other published works, he should obtain permission from the holder of the copyright if he wishes to make substantial extracts or to reproduce tables, plates, or other illustrations. If the copyright holder is not the author of the quoted or reproduced material, it is recommended that the permission

of the author should also be sought.

3. Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.
4. A suitable acknowledgment of any borrowed material must always be made.

Proofs

When your manuscript is received by the Publisher it is considered to be in its final form. Proofs are not be regarded as 'drafts'.

One set of proofs in PDF format will be sent to the corresponding author, to be checked for typesetting/ editing. No changes in, or additions to, the accepted (and subsequently edited) manuscript will be allowed at this stage. Proofreading is solely your responsibility.

The Publisher reserves the right to proceed with publication if corrections are not communicated. Return corrections within 3 working days of receipt of the proofs. Should there be no corrections, please confirm this.

Elsevier will do everything possible to get your article corrected and published as quickly and accurately as possible. In order to do this we need your help. When you receive the (PDF) proof of your article for correction, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication. Subsequent corrections will not be possible, so please ensure your first sending is complete. Note that this does not mean you have any less time to make your corrections, just that only one set of corrections will be accepted.

Offprints

1. Twenty-five offprints will be supplied free of charge.
2. One hundred free offprints will be supplied to the first author of a review article.
3. Additional offprints can be ordered on an offprint order form, which is included with the proofs.
3. UNESCO coupons are acceptable in payment of extra offprints.

***Forest Ecology and Management* has no page charges!**

Information about *Forest Ecology and Management* is available on the World Wide Web at the following address: <http://www.elsevier.com/locate/foreco>.