

Explorando as relações entre estrutura da paisagem e atributos de qualidade de fragmentos em região de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro



ISSN 1678-0892

Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 190

**Explorando as relações entre
estrutura da paisagem e
atributos de qualidade de
fragmentos em região de Mata
Atlântica no Estado do Rio de
Janeiro**

*Mariella Camardelli Uzêda
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo
Mariana de Andrade Iguatemy
Rodrigo Condé Alves
Janaina Ribeiro Costa Rouws*

Embrapa Solos
Rio de Janeiro, RJ
2011

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 - Jardim Botânico - Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Daniel Vidal Pérez*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos.*

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Normalização bibliográfica: *Ricardo Arcanjo de Lima*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Foto da capa: *Elaine Cristina Cardoso Fidalgo*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

1ª edição

1ª impressão (2011): online

Todos os direitos reservados.

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

U99e Uzêda, Mariella Camardelli.

Explorando as relações entre estrutura da paisagem e atributos de qualidade de fragmentos em região de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro / Mariella Camardelli Uzêda ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011.

31 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 190).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes> > .

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2011).

1. Ecologia da paisagem. 2. Métricas da paisagem 3. Estrutura florística. I. Fidalgo, Elaine Cristina Cardoso. II. Iguatemy, Mariana de Andrade. III. Alves, Rodrigo Condé. IV. Rouws, Janaina Ribeiro Costa. V. Título. VI. Série.

CDD (21.ed.) 634.9

© Embrapa 2011

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Resumo | 5 |
| Abstract | 7 |
| Introdução | 9 |
| Metodologia | 11 |
| Área de estudo | 11 |
| Obtenção e descrição dos atributos de qualidade dos fragmentos | 15 |
| Obtenção e descrição das variáveis estruturais da paisagem e relativas à posição dos fragmentos no relevo | 16 |
| Análise das correlações entre as variáveis estruturais, de posição na paisagem e os indicadores de qualidade dos fragmentos | 19 |
| Resultados e Discussão | 20 |
| Conclusões | 27 |
| Referências | 27 |

Explorando as relações entre estrutura da paisagem e atributos de qualidade de fragmentos em região de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro

Mariella Camardelli Uzêda¹
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo²
Mariana de Andrade Iguatemy³
Rodrigo Condé Alves⁴
Janaina Ribeiro Costa Rouws¹

Resumo

A manutenção ou criação de uma estrutura da paisagem que permita o manejo sustentável dos recursos naturais, a conservação da biodiversidade e a viabilidade socioeconômica de áreas rurais, embora necessária, carece de pesquisas que fundamentem seu planejamento. Visando subsidiar métodos de planejamento voltados a esse fim, este trabalho foi desenvolvido tendo como objetivo verificar as relações existentes entre a qualidade de fragmentos e as características estruturais da paisagem, considerando o uso da terra no seu entorno. A metodologia foi aplicada em seis fragmentos localizados na bacia hidrográfica dos rios Guapiaçu e Macacu, bacia contribuinte da baía de Guanabara, Estado do Rio de Janeiro. Foram selecionadas dez variáveis estruturais referentes à distribuição dos fragmentos na paisagem, sendo uma delas relacionada ao uso agrícola em seus limites; três referentes ao relevo; e 13 variáveis indicadoras de qualidade dos fragmentos, resultado de levantamentos florísticos e de estrutura fitossociológica. As variáveis foram divididas em dois grupos para análise da correlação entre pares: as variáveis explicativas, compostas pelas variáveis estruturais e de posição no relevo; e

¹ Pesquisador A da Embrapa Agrobiologia. E-mail: mariella@cnpab.embrapa.br; janaina@cnpab.embrapa.br

² Pesquisador A da Embrapa Solos. E-mail: efidalgo@cnpas.embrapa.br

³ Bolsista FAPERJ, doutoranda em Ciência Tecnologia e Inovação em Agropecuária UFRRJ. E-mail: m_iguatemy@hotmail.com

⁴ Bolsista IC Agrobiologia. E-mail: rconde@gmail.com

as variáveis de resposta, que são os indicadores de qualidade de fragmento. Uma análise de correlação univariada entre pares formados por esses dois grupos indicou a favorabilidade ao uso de métodos multivariados. Uma análise multivariada de ordenação canônica que permite testar a hipótese de correlação entre o conjunto de variáveis, análise de redundância (do inglês, *Redundancy Analysis*, RDA), foi aplicada. Os resultados entre pares de variáveis mostraram haver maior correlação entre as variáveis de qualidade do fragmento e as variáveis explicativas: de forma, distância e limite com área agrícola. Na análise multivariada, apesar da não significância das variáveis explicativas, detectou-se correlação significativa entre o uso agrícola nos limites dos fragmentos e as variáveis de resposta ($p = 0,0460$). Os resultados obtidos, seja na análise entre pares ou multivariada, apontam para a influência do uso da terra no entorno dos fragmentos sobre sua qualidade. Este resultado indica a importância de dar continuidade a estudos que avaliem esses efeitos para uma melhor compreensão do fenômeno.

Palavras-chave: ecologia da paisagem, métricas da paisagem, composição fitossociológica, estrutura florística, floresta tropical.

Exploring the relationship between landscape structure and attributes of quality of fragments in Atlantic Forest region, in Rio de Janeiro State, Brazil

Abstract

Although it is necessary to maintain and create a landscape structure that allow sustainable management of natural resources, conservation of biodiversity, and the socioeconomic viability of rural areas, research is needed to achieve this. To support planning methods to this end, this work was developed aiming to analyze the relationship between the quality of fragments and structural features of the landscape, considering land use around it. The methodology was applied to six forest patches in the watershed of Guapimirim and Macacu rivers, in Guanabara Bay, Rio de Janeiro State. Ten variables related to the structure and position in the landscape were selected, one of which concerning the agricultural use in their boundaries. Another three variables regarding the relief were selected, as well as 13 indicators of patch quality, resulting from surveys of species composition and floristic structure. The variables were divided in two groups for the correlation analysis in pairs, one group of explanatory variables that includes structural features of the landscape and variables concerning the relief, and response variables which are the indicators of patch quality. An univariate analysis using pairs of both groups showed that multivariate methods can be used. The *Redundancy Analysis*, RDA, was applied, a multivariate method of canonical ordination that allows testing the correlation between two groups of variables. The results using pairs of variables showed higher correlation between variables of patch quality and

explanatory variables of shape, distance and agriculture use in their boundaries. Despite of the insignificant correlation of the explanatory variables, the multivariate analysis showed a significant correlation detected between the agricultural use in the patches' boundaries and the response variables ($p = 0,0460$). The results, either in univariate or multivariate analysis show the possible influence of land use in patches' boundaries affecting their quality. They indicate the importance of continuing studies to evaluate these effects aiming to a better understanding of the phenomenon.

Key words: landscape ecology, landscape metrics, species composition, floristic structure, tropical forest.

Introdução

Nos últimos vinte anos, pesquisas têm sido realizadas buscando subsidiar o planejamento do uso da terra voltado ao estabelecimento de áreas produtivas com potencialidades múltiplas, tais como a manutenção ou criação de uma estrutura da paisagem que permita o manejo sustentável dos recursos naturais, a conservação da biodiversidade e a viabilidade socioeconômica das áreas rurais (OECD, 2001).

No caso do bioma Mata Atlântica, é fundamental o desenvolvimento de metodologias que permitam este perfil de planejamento, uma vez que possui áreas fortemente alteradas, onde os remanescentes florestais se encontram fragmentados, muitas vezes isolados uns dos outros e imersos em uma matriz onde as atividades agropecuárias são uma constante.

Em áreas fragmentadas, a criação de bordas abruptas propicia uma maior entrada de luz no interior dos fragmentos causando maior insolação, exposição ao vento e dessecamento (LAURANCE et al., 2002). Estes efeitos atuam em resposta à interação entre dois ambientes distintos (florestados e não florestados) e se acentuam com o aumento da área de contato entre eles. De acordo com diversos autores (BIERREGAARD et al. 1992; MURCIA 1995), o efeito de borda causa uma interação sinérgica, provocando alterações nos padrões e processos bióticos, gerando mudanças significativas na composição fitossociológica e na estrutura florística do fragmento.

Tabarelli et al. (2008) ressaltam que o uso da terra no entorno dos fragmentos provoca reações em cadeia que avançam além do limite da borda para dentro do fragmento. Já os usos mais intensivos da terra tendem a causar alterações mais acentuadas não só pela formação de bordas abruptas nas áreas limítrofes entre os fragmentos de mata nativa e as áreas cultivadas, mas também devido às práticas de manejo e cultivos adotados (WERNECK et al., 2001). Significa dizer que o manejo dos sistemas produtivos determina a intensidade de insumos e maquinário utilizados e as flutuações espaço-temporais da cobertura vegetal, de maneira a possuírem diferentes efeitos sobre os fragmentos de vegetação nativa localizados na sua vizinhança.

Clark et al. (1999) salientam que a composição do mosaico de diferentes usos do solo pode atuar como um filtro para a dispersão de espécies nativas, dificultando a chegada e o estabelecimento de propágulos de algumas ou facilitando a entrada de espécies exóticas nos fragmentos de mata que compõem a paisagem. Os autores destacam que chegada de propágulos de diferentes espécies e seu posterior estabelecimento direcionarão o processo sucessional e consequentes mudanças na comunidade vegetal.

As alterações na estrutura florística dos fragmentos estão relacionadas com aumento da presença de espécies pioneiras, que possuem ciclo de vida curto e investem maior energia na reprodução do que no crescimento em diâmetro e altura em detrimento das espécies de estágio sucessional mais avançado (espécies secundárias iniciais e secundárias tardias) que possuem papel funcional determinante no processo de regeneração dos fragmentos (SANCHÉZ-GÁLLEN et al., 2010). Portanto, caracterizar a comunidade da flora quanto ao estágio sucessional e quantificar a presença de indivíduos nos diferentes estágios (abundância, densidade e dominância) e o crescimento vegetativo são procedimentos frequentemente utilizados para inferir sobre a qualidade de fragmentos florestais.

Alguns estudos ressaltam a grande importância de características relacionadas a estrutura da paisagem, como relevantes para as alterações sofridas. Ganham destaque medidas relacionadas ao tamanho dos fragmentos, formato e isolamento (TURNER, 1989; SIH; LUIKART, 2000; NASCIMENTO; LAURENCE, 2006; MCGARIGAL, 2011).

Entretanto, poucos são os estudos que levam em consideração as medidas estruturais da paisagem relativas ao uso da terra no entorno dos remanescentes florestais estudados. Cosentino et al. (2011) relatam que tentativas recentes de integrar dados de estrutura da paisagem em estudos ecológicos têm falhado ao desconsiderar os diferentes usos da terra e as formas de manejo inerentes a cada um deles. Os autores consideram que estes aspectos têm papel relevante na conectividade da matriz.

Com base nestas considerações, o trabalho tem como objetivo verificar as

relações existentes entre a qualidade de fragmentos localizados na bacia Guapi-Macacu e as características estruturais da paisagem, considerando o uso da terra no seu entorno.

Metodologia

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, localizada na parte leste da baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro, é resultado da união artificial das bacias dos rios Macacu e Guapimirim ocorrida a partir da construção do canal Imunana, o qual desviou o curso natural do rio Macacu unindo-o ao Guapimirim, com objetivo de drenar as áreas alagadas de baixada. A área de drenagem da bacia abrange em torno de 1.260 km² e pertence aos municípios de Cachoeiras de Macacu (72%), Guapimirim (24%) e Itaboraí (4%).

Ela se estende das escarpas serranas, com altitudes que alcançam 2.000 metros, às planícies costeiras, próximas ao nível do mar, passando por colinas e maciços e costeiros, abrangendo uma diversidade de ambientes onde ocorrem ecossistemas diversos como florestas, campos de altitude, restingas e mangues.

O relevo escarpado de parte da bacia contribuiu para a manutenção da cobertura da vegetação natural e resultou na criação de diversas Unidades de Conservação (UCs), desde 2006, reunidas no Mosaico Mata Atlântica Central Fluminense. As UCs localizadas na bacia são: Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Parque Estadual dos Três Picos, Estação Ecológica do Paraíso, Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, APA de Petrópolis, APA da Bacia do Rio Macacu, APA Guapi-Guapiaçu e APA Rio São João.

As terras da bacia são ocupadas predominantemente por florestas em diversos estádios de sucessão, 45%, e pastagens, 43,6% (FIDALGO et al., 2008). A agricultura tem destaque nas áreas de baixada, principalmente do município de Cachoeiras de Macacu, onde foram implantados diversos assentamentos a partir de 1940, e atualmente apresentam como principais culturas o aipim, o milho e o inhame. Seguindo os dados de agosto do Levantamento

Sistemático da Produção Agrícola relativos à previsão da safra 2011, Cachoeiras de Macacu é o quarto produtor de mandioca do estado em área cultivada e produção. Atualmente o município é também o maior produtor de goiaba do estado.

Os três municípios nos quais a bacia está inserida somam um território de 1.740 km², correspondendo a quase 4% do território do estado, e uma população de 313.705 habitantes, ou 1,96% da população do estado, segundo dados do Censo 2010. Se considerarmos apenas a população dos municípios de Cachoeiras de Macacu e Guapimirim, que abrangem a maior área da bacia, a população de ambos totaliza 102.925 habitantes ou 0,64% da população do estado.

Para seleção dos fragmentos foram adotados os critérios de estrutura da vegetação nativa (dada pela estratificação, porte das árvores e formas de vida), manejo e histórico de uso. Houve um grande esforço para identificar fragmentos de estrutura similar e com dinâmicas semelhantes no seu entorno nos últimos dez anos no que se refere aos sítios representativos de uso intensivo e extensivo do solo.

Neste estudo, o uso intensivo foi representado por áreas ocupadas por cultivo de milho verde (*Zea mays*) rotacionado com o cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), portanto dependendo de frequente revolvimento do solo para o plantio das culturas e uso de insumos agroquímicos.

O cultivo do milho se dá de forma escalonada, de maneira a ocorrerem dois ciclos de noventa dias da cultura ou, em caso de pequenas áreas, a semeadura ocorre visando a colheita progressiva do produto. De ambas as formas, as áreas de cultivo de milho se mantêm ocupadas com a cultura entre novembro e junho. A inserção da cultura da mandioca se dá à medida que é retirada a cultura do milho, a partir do mês de maio, e nunca ocupa áreas significativas da propriedade dando lugar ao milho que, por possuir ciclo de cultivo mais curto, representa garantia de renda ao produtor a maior parte do ano.

O preparo do solo se caracteriza por aração seguida de gradagem. Para o

cultivo do milho são adicionadas em média 2 toneladas de calcáreo por hectare e 60 Kg/ha de adubo do tipo 4/14/8. Alguns dos proprietários utilizam composto orgânico, aplicado em cobertura, como complemento a adubação química. No geral, agrotóxicos são utilizados no controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), sendo comum o uso de formulações de deltametrina (*Decis*). Alguns dos agricultores utilizam produtos a base de ditiocarbamato para o controle preventivo de fungos e da lagarta-de-rosca (*Agrotis ipsilon*), responsável por cortar o milho na fase de pós-emergência. Para o cultivo da mandioca é realizado novo preparo do solo (aração seguido de gradagem). Para esta cultura é aproveitado o efeito residual da adubação aplicada para a cultura do milho.

As áreas com pastagem formada por *Brachiaria brizantha* representam um sistema produtivo extensivo, onde ocorre pastoreio rotacionado com a alternância periódica do rebanho para outras pastagens da propriedade. Os pastos são regularmente limpos utilizando roçagem e queima e a lotação é em média de 1 cabeça/ha.

Para avaliação do efeito do uso do solo sobre as áreas de vegetação nativa foram adotados como referência os critérios descritos por Laurance et al. (2002), onde os autores estabelecem que a área antrópica do entorno deve ter uma extensão mínima de 100 m de comprimento e a mesma área de largura em contato com a borda do fragmento. Sendo assim, foram selecionados seis fragmentos sendo três com entorno de uso intensivo e três com uso extensivo sempre com área de abrangência do entorno atendendo aos critérios mencionados. Em todos os fragmentos selecionados o agroecossistema termina em contato com o fragmento e possuem entre 10 e 15 anos de uso contínuo seguindo uma mesma rotina de manejo. A localização dos fragmentos estudados na bacia do rio Guapi-Macacu está destacada na Figura 1.

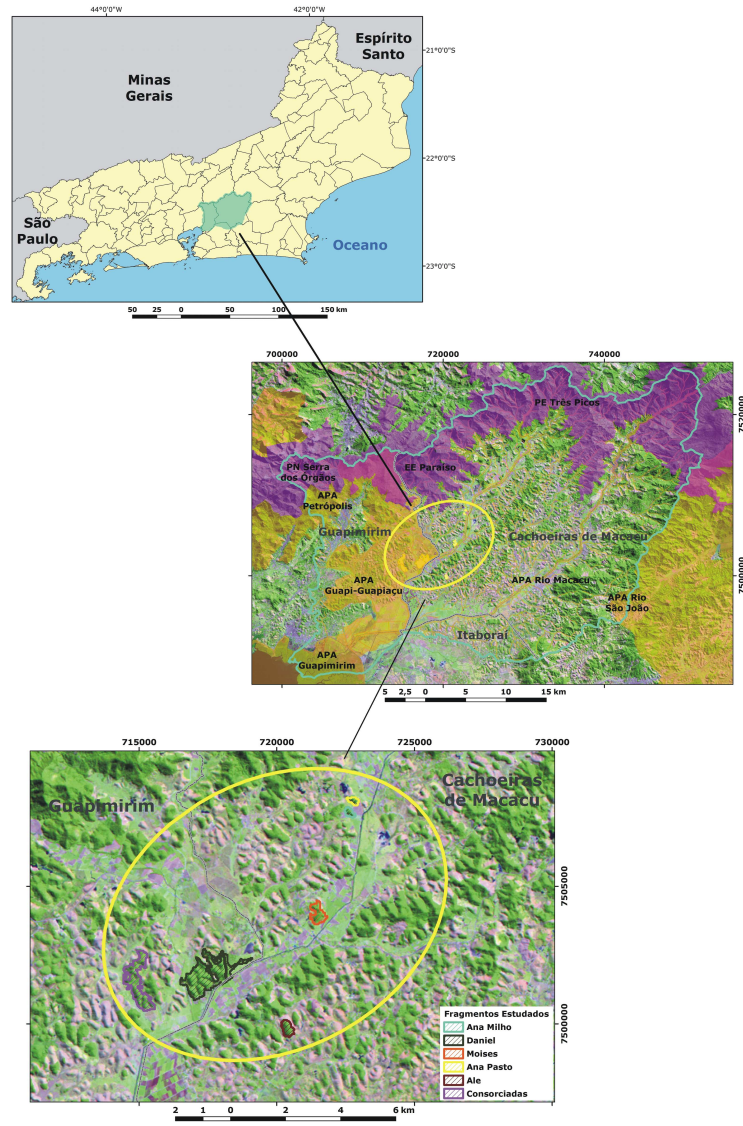


Figura 1. Localização da área de estudo na bacia do rio Guapi-Macacu e no Estado do Rio de Janeiro.

Obtenção e descrição dos atributos de qualidade dos fragmentos

Para obtenção dos atributos de qualidade, os fragmentos selecionados foram avaliados quanto à sua estrutura e realizados inventários florísticos em nove parcelas distribuídas entre a borda, o núcleo e a clareira buscando uma representatividade média do fragmento. Os ambientes mencionados podem ser caracterizados da seguinte forma: a) Borda: Ambiente limítrofe do fragmento, e por isso o mais próximo do sistema produtivo, sofrendo portanto forte influência antrópica; b) Núcleo: Parte mais preservada do fragmento, principalmente quanto aos reflexos do uso da terra do entorno; c) Clareira: Parte do fragmento na qual interferências naturais (como queda de árvore) provocaram abertura do dossel.

Cada uma das parcelas possui 250 m² (50 X 5 m) o que totaliza uma área caracterizada de 2.250 m² por fragmento. Nessas parcelas todos os indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP) maiores ou iguais a 15 foram identificados e mensurados quanto ao seu CAP individualmente.

A partir do levantamento florístico realizado, as espécies foram classificadas nas categorias sucessionais pioneira (Pi), secundária inicial (Si) e secundária tardia (St), de acordo com as propostas de Gandolfi (1991), Leitão Filho et al. (1993) e Gandolfi et al. (1995), e com base nas observações feitas durante os trabalhos de campo realizados ao longo dos remanescentes da bacia. Mesmo que esta categorização possa ser considerada frágil pela ausência de dados completos sobre as espécies, optou-se pela sua inclusão e discussão, conforme já feito por Rodrigues (1991).

A partir da medida de CAP foram calculadas as variáveis de estrutura fitossociológica da comunidade, obtidos de acordo com Mueller-Dombois; Ellenberg (1974). Para este trabalho foram utilizados os atributos estruturais de área basal do fragmento (AB), densidade relativa (Dr%), dominância relativa (Dom%) e percentual de espécies de cada uma das categorias sucessionais (Pi, Si e St), além da área basal total do fragmento (ABt). Uma breve descrição dos atributos de qualidade dos fragmentos utilizados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos de qualidade dos fragmentos adotados. Os algoritmos utilizados para o cálculo desses atributos podem ser encontrados em Mueller-Dombois e Ellenberg (1974).

| Atributos | Descrição |
|---|--|
| Área Basal (AB) | A área basal expressa quantos metros quadrados cada estágio sucessionais ocupa em 1 ha, sendo assim tem-se AB _{Pi} , AB _{Si} , AB _{St} . A área basal de cada indivíduo é mensurada com base no CAP do caule das árvores. Área basal total (AB _t) é o somatório das áreas basais de todos os estágios sucessionais da comunidade amostrada. |
| Densidade Relativa (Dr%) | A densidade absoluta corresponde ao número de indivíduos de cada estágio sucessionais por unidade de área. A densidade relativa é uma medida da porcentagem que o estágio sucessionais representa na densidade total. Sendo assim, tem-se Dr% _{Pi} , Dr% _{Si} , Dr% _{St} . |
| Dominância Relativa (Dom%) | Dominância relativa expressa, em porcentagem, a relação entre a área basal total de um determinado estágio sucessionais e a área basal total da comunidade amostrada. Sendo assim, tem-se Dom% _{Pi} , Dom% _{Si} , Dom% _{St} . |
| Percentual de indivíduos nos diferentes estágios sucessionais (Sp%) | A representação do percentual de espécies nos diferentes estágios sucessionais foi obtida em função do total de indivíduos em cada estágio e o total de indivíduos encontrados. Sendo assim, tem-se Sp% _{Pi} , Sp% _{Si} , Sp% _{St} . |

Obtenção e descrição das variáveis estruturais da paisagem e relativas à posição dos fragmentos no relevo

O mapa de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Guapi-macacu e Caceribu em 2007, em escala 1:50.000 (PEDREIRA et al., 2009) foi utilizado para a identificação das áreas sob cobertura de vegetação natural da área de estudo. Esse mapa foi elaborado a partir da classificação de imagens do sensor TM-Landsat 5, com resolução de 30 metros.

O mapa original foi recortado para o limite da área da bacia do Guapi-Macacu e extraídas as áreas de formações naturais, no caso da área de estudo: floresta em estágios inicial, médio e avançado de regeneração. Estas áreas, para efeito de simplificação, são denominadas neste trabalho como fragmentos. As demais classes mapeadas e localizadas na área de estudo são pastagem, agricultura, solo exposto, água e área urbanizada.

Os dados de fragmentos foram assim espacializados, em formato digital, raster, com resolução de 30 metros e utilizado o programa Fragstats (MCGARIGAL, 2011) para cálculo das medidas estruturais da paisagem. Neste caso, buscou-se utilizar diferentes medidas disponíveis no programa que expressassem a extensão e a forma dos fragmentos, bem como sua posição em relação a outros fragmentos e no relevo. As medidas selecionadas são descritas na Tabela 2.

Cabe salientar que, embora tenha sido evitada a seleção de medidas que utilizem limiares, como é o caso do raio de distância para o cálculo do índice de proximidade (PROX), decidiu-se manter esse índice por agregar a informação de área à distância dos fragmentos vizinhos. Assim foi possível analisar e comparar duas medidas de distância diferentes, uma vez que a segunda, a distância euclidiana, é uma medida simples que considera apenas a menor distância linear entre fragmentos. Desta forma, para o cálculo do PROX, o raio de distância foi selecionado de forma que abrangesse os fragmentos vizinhos de cada fragmento sob análise, evitando-se abranger fragmentos mais distantes, sob a condição de “vizinho do vizinho”. Para isso foram calculadas faixas de diversas distâncias dos fragmentos, no programa ArcGIS, e selecionada a faixa de 1.000 m por apresentar o melhor resultado, segundo avaliação visual.

Para complementar a posição do fragmento na paisagem, foi analisada sua vizinhança. Para tal, foram observados seus limites com os outros usos, delimitados no mesmo mapa de uso e cobertura utilizado (PEDREIRA et al., 2009). Calculou-se qual a proporção de seus limites que faz divisa com os diferentes tipos de uso da terra. Devido ao fato de que os fragmentos estudados são circundados apenas por pastagem e agricultura e, portanto, os percentuais desses dois tipos de limites totalizam 100, optou-se por utilizar apenas o percentual de limite com agricultura e, com isso, eliminar informação desnecessária e altamente correlacionada.

Informações sobre as características do relevo foram atribuídas a cada fragmento. Neste caso, utilizou-se o modelo de elevação criado para a bacia dos rios Guapi-macacu (FIDALGO et al., 2009) com resolução de 30 metros, sendo derivadas as informações ou variáveis: orientação da vertente (ASP), declividade (DECL) e altitude (ALT).

Tabela 2. Medidas de paisagem calculadas e sua descrição. Os algoritmos utilizados e a descrição detalhada dessas métricas podem ser encontrados em MCGARIGAL (2011).

| Medida (símbolo adotado) | Descrição |
|--|---|
| Área (AREA) | Expressa a área do fragmento |
| Raio de giro (GYRATE) | Indicador da extensão do fragmento. Média da distância entre cada célula do fragmento e o ponto central do fragmento. Apresenta valores maiores ou iguais a zero, sem limite máximo, sendo que zero representa um fragmento formado por um único pixel. |
| Razão área-perímetro (PARA) | Indicador da forma do fragmento. Razão entre a área e o perímetro do fragmento. |
| Índice de forma (SHAPE) | Indicador da forma do fragmento. Razão entre o perímetro do fragmento e o perímetro mínimo possível, ou seja, o perímetro do fragmento mais compacto possível mantendo a mesma área. Apresenta valores maiores ou iguais a um, sendo que um representa o fragmento mais compacto. |
| Índice de dimensão fractal ⁽¹⁾ (FRAC) | Indicador da forma do fragmento. Razão entre duas vezes o logaritmo do perímetro e logaritmo da área, aplicando-se um fator de correção para o perímetro. Esta é uma medida da complexidade da forma do fragmento e seus valores variam entre um (formas mais simples, como um quadrado) e dois. |
| Círculo circunscrito (CIRCLE) | Indicador da forma do fragmento. Calculado como um menos a razão entre a área do fragmento e a área do menor círculo que o circunscribe. Apresenta valores entre zero e um, sendo que zero representa fragmentos circulares e o valor aumenta quando mais alongado for seu formato. |
| Índice de contiguidade (CONTIG) | Indicador da forma do fragmento. É uma medida de contiguidade interna do fragmento que utiliza uma janela para análise da existência de células vizinhas a cada célula do fragmento, dando maior peso às células vizinhas na posição vertical e horizontal. Varia entre zero e um, sendo que um representa fragmentos mais contíguos. |
| Índice de proximidade (PROX) | Indicador da distância de outros fragmentos. É dado pela soma da razão entre área e o quadrado da distância dos fragmentos vizinhos ao fragmento sob análise, em um raio de distância previamente estabelecido. Apresenta valores maiores ou iguais a zero. Neste trabalho, estabeleceu-se um raio de 1.000 m. |
| Distância euclidiana do vizinho mais próximo (ENN) | Indicador da distância de outros fragmentos. É calculado como a menor distância entre as bordas do fragmento em análise e o seu vizinho mais próximo. |

¹ Mandelbrot (1977, 1982; citado por MCGARIGAL, 2011) introduziu o conceito de fractal, uma forma geométrica que exhibe estrutura em qualquer escala especial e propôs um método baseado na análise conjunta de perímetro e área para quantificar o grau de complexidade de formas planas, baseado no qual foi criado o índice de dimensão fractal empregado no programa Fragstats.

Para cada fragmento, foram calculadas estatísticas zonais referentes às três variáveis associadas ao relevo: média, moda, desvio padrão, valor mínimo e máximo. Esse cálculo foi realizado no programa ArcGIS 9.3 da ESRI. Como as estatísticas são zonais, ou seja, uma única medida para toda a extensão de cada fragmento, buscou-se selecionar todas disponíveis no programa para posteriormente analisá-las e selecionar as melhores respostas. Foi selecionada uma estatística referente a cada variável tendo como critério aquela que apresentou maior variação nos resultados entre fragmentos.

Análise das correlações entre as variáveis estruturais, de posição na paisagem e os indicadores de qualidade dos fragmentos

Em um primeiro momento, foram obtidas 10 variáveis estruturais, sendo nove referentes a medidas de paisagem (Tabela 2) e uma referente ao uso agrícola em seus limites; três referentes ao relevo; e 13 variáveis indicadoras de qualidade dos fragmentos (Tabela 1). As variáveis foram divididas em dois grupos para análise da correlação entre pares: as variáveis explicativas, compostas pelas variáveis estruturais e de posição na paisagem; e as variáveis de resposta, que são os indicadores de qualidade de fragmento. Essa análise permitiu eliminar variáveis altamente correlacionadas no grupo de variáveis explicativas, tomando-se o cuidado de manter ao menos uma variável referente a cada um dos atributos estruturais analisados: extensão e forma do fragmento, uso da terra em seus limites e características do relevo. Em seguida foi realizada uma análise de correlação univariada entre pares formados por variáveis explicativas selecionadas e variáveis de resposta para verificar se muitas eram significativas, o que indica a favorabilidade ao uso de métodos multivariados que permitem uma visão global do fenômeno em estudo e que levam em consideração em seus cálculos estas correlações entre variáveis.

A primeira técnica multivariada, realizada com os dados transformados em $\log(x + 1)$, foi a análise de correspondência 'não tendenciosa' (do inglês, *Detrended Correspondence Analysis-DCA*) com o intuito de verificar se o conjunto de variáveis de resposta apresentava uma resposta linear em relação ao eixo do gradiente. Esta informação foi confirmada pelo valor do

comprimento do gradiente que foi inferior a três desvios-padrão (sendo de 0,224), indicando ser possível o uso de uma análise de redundância (do inglês, *Redundancy Analysis*, RDA), uma análise multivariada de ordenação canônica que permite testar a hipótese de correlação entre o conjuntos de variáveis.

Para realização da RDA entre as variáveis estruturais e de posição na paisagem e de resposta (indicadores de qualidade do fragmento), os dados foram transformados em $\log(x + 1)$ visando normalidade dos mesmos e centrados em relação a média, por terem unidades de medidas distintas. Inicialmente foram selecionadas as variáveis explicativas significativas por meio do método *Forward Selection*, eliminando-se casos de colinearidade. Após esta seleção, a hipótese de correlação significativa entre os dois conjuntos de variáveis foi verificada na RDA por meio do teste de Monte Carlo. Todas as análises foram realizadas no programa Canoco 4.5 (BRAAK; SMILAUER, 2002), versão para teste.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos para os indicadores de qualidade da estrutura e funcionalidade dos fragmentos e para as variáveis estruturais e de posição na paisagem são apresentados na Tabela 3. As correlações entre pares de variáveis estruturais e de posição na paisagem são apresentadas na Tabela 4, as correlações entre pares de variáveis explicativas e de resposta são apresentados na Tabela 5.

Tabela 3. Resultados obtidos para os indicadores de qualidade dos fragmentos e variáveis estruturais e de posição na paisagem.

| | Ana Milho | Daniel | Moisés | Ana Pasto | Ale | Consoiciadas |
|--|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------------|
| Indicadores de Qualidade dos Fragmentos | | | | | | |
| AB | 4,70 | 4,24 | 3,40/ | 1,51 | 5,20 | 6,16 |
| ABPi | 0,66 | 0,92 | 1,45 | 1,15 | 1,58 | 2,83 |
| ABSi | 3,26 | 2,29 | 1,17 | 1,43 | 2,40 | 2,29 |
| ABSt | 0,59 | 0,49 | 0,69 | 0,86 | 0,84 | 0,95 |
| DR%Pi | 18,67 | 15,09 | 41,67 | 26,35 | 23,67 | 50,56 |
| DR%Si | 67,47 | 61,89 | 35,65 | 46,67 | 38,03 | 29,66 |
| DR%St | 11,45 | 13,58 | 17,13 | 21,27 | 23,14 | 17,53 |
| Dom%Pi | 59,05 | 32,18 | 63,13 | 43,23 | 44,98 | 68,03 |
| Dom%Si | 317,03 | 79,77 | 50,92 | 53,66 | 68,35 | 55,09 |
| Dom%ST | 35,20 | 17,08 | 30,11 | 32,26 | 23,98 | 22,81 |
| Sp%Pi | 16,28 | 17,39 | 27,91 | 17,71 | 20,66 | 20,45 |
| Sp%Si | 53,49 | 45,65 | 43,02 | 45,83 | 36,36 | 40,91 |
| Sp%St | 23,26 | 26,09 | 20,93 | 23,96 | 28,10 | 29,55 |
| Variáveis Estruturais da Paisagem | | | | | | |
| LIMAGRI ⁽¹⁾ | 67,28 | 8,95 | 15,57 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| AREA | 8,82 | 168,12 | 29,34 | 8,46 | 19,26 | 26,46 |
| GYRATE | 121,30 | 581,47 | 234,38 | 119,28 | 176,03 | 209,04 |
| PARA | 176,87 | 113,85 | 124,74 | 184,40 | 124,61 | 113,38 |
| SHAPE | 1,30 | 3,67 | 1,65 | 1,30 | 1,33 | 1,43 |
| FRAC | 1,05 | 1,18 | 1,08 | 1,05 | 1,05 | 1,06 |
| CIRCLE | 0,49 | 0,72 | 0,52 | 0,54 | 0,44 | 0,56 |
| CONTIG | 0,85 | 0,90 | 0,89 | 0,85 | 0,90 | 0,90 |
| PROX | 104,09 | 4,12 | 19,96 | 10,78 | 107,84 | 279,97 |
| ENN | 60,00 | 150,00 | 161,55 | 192,09 | 84,85 | 60,00 |
| Variáveis de Posição na Paisagem | | | | | | |
| ASP ⁽²⁾ | 57,00 | 207,00 | 0,00 | 207,00 | 92,00 | 225,00 |
| ALT ⁽³⁾ | 44,00 | 66,00 | 81,00 | 42,00 | 86,00 | 89,00 |
| DECL ⁽⁴⁾ | 11,00 | 8,00 | 17,00 | 14,00 | 26,00 | 26,00 |

⁽¹⁾ LIMAGRI representa a porcentagem do perímetro do fragmento que faz limite com áreas agrícolas.

⁽²⁾ ASP representa o valor de maior ocorrência para o ângulo de orientação das vertentes no fragmento, que varia entre 0 e 360 graus.

⁽³⁾ ALT representa a altitude máxima do fragmento, em metros.

⁽⁴⁾ DECL representa a declividade média do fragmento, em porcentagem.

Tabela 4. Correlação entre as variáveis estruturais e de posição na paisagem analisadas para os seis fragmentos.

| | LIMAGRI | AREA | GYRATE | PARA | SHAPE | FRAC | CIRCLE | CONTIG | PROX | ENN | ASP | ALT |
|--------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|------|
| AREA | -0,18 | | | | | | | | | | | |
| GYRATE | -0,22 | 0,99 | | | | | | | | | | |
| PARA | 0,48 | -0,51 | -0,60 | | | | | | | | | |
| SHAPE | -0,14 | 1,00 | 0,99 | -0,47 | | | | | | | | |
| FRAC | -0,17 | 0,99 | 0,99 | -0,50 | 0,99 | | | | | | | |
| CIRCLE | -0,21 | 0,91 | 0,89 | -0,35 | 0,91 | 0,91 | | | | | | |
| CONTIG | -0,53 | 0,51 | 0,60 | -1,00 | 0,47 | 0,50 | 0,35 | | | | | |
| PROX | -0,05 | -0,34 | -0,31 | -0,30 | -0,40 | -0,42 | -0,25 | 0,30 | | | | |
| ENN | -0,39 | 0,26 | 0,25 | 0,19 | 0,31 | 0,36 | 0,36 | -0,18 | -0,81 | | | |
| ASP | -0,51 | 0,36 | 0,32 | -0,08 | 0,33 | 0,28 | 0,58 | 0,13 | 0,26 | 0,09 | | |
| ALT | -0,52 | 0,08 | 0,19 | -0,90 | 0,03 | 0,08 | -0,08 | 0,89 | 0,48 | -0,31 | -0,08 | |
| DECL | -0,49 | -0,50 | -0,43 | -0,41 | -0,56 | -0,55 | -0,56 | 0,43 | 0,70 | -0,45 | 0,01 | 0,74 |

Notas:

Destaque em amarelo para correlações significativas a 5%.

Destaque em azul para correlações significativas a 10%.

Uma primeira análise dos resultados mostrou a elevada correlação entre variáveis estruturais. As variáveis SHAPE, FRAC e CIRCLE somente apresentaram correlação com AREA E GYRATE e com eles mesmos, sendo retirados da análise. A variável CONTIG também foi retirada porque apresentou alta correlação com PARA. Já a variável GYRATE, por apresentar alta correlação com AREA, também foi retirada. As variáveis de distância PROX e ENN apresentaram correlação somente entre elas. O LIMAGRI não apresentou correlação com quaisquer das demais variáveis analisadas, sendo mantido. Considerando o critério estabelecido, foi mantida uma variável relacionada à extensão do fragmento, AREA, uma relacionada à forma, PARA, uma relacionada à distância entre fragmentos, ENN, e uma representando o uso no entorno, LIMAGRI. No caso das variáveis referentes ao relevo, a correlação entre ALT e DECL foi significativa a 10%. Como ALT também apresentou correlação com outra variável selecionada para a análise de redundância, PARA, optou-se por manter DECL. Assim, no caso das variáveis relacionadas à posição na paisagem, selecionou-se DECL e ASP.

Tabela 5. Correlação entre as variáveis explicativas e de resposta analisadas para os seis fragmentos.

| | AREA | PARA | ENN | LIMAGRI | ASP | ALT | DECL |
|--------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| AB | 0,07 | -0,61 | -0,89 | 0,10 | 0,02 | 0,63 | 0,51 |
| ABPi | -0,23 | -0,55 | -0,36 | -0,56 | 0,33 | 0,74 | 0,83 |
| ABSi | 0,04 | 0,10 | -0,81 | 0,63 | 0,02 | -0,17 | -0,08 |
| ABSt | -0,66 | 0,00 | -0,17 | -0,55 | 0,27 | 0,36 | 0,84 |
| DR%Pi | -0,40 | -0,37 | -0,14 | -0,36 | 0,01 | 0,60 | 0,65 |
| DR%Si | 0,39 | 0,46 | 0,02 | 0,69 | -0,03 | -0,75 | -0,86 |
| DR%St | -0,40 | -0,05 | 0,24 | -0,75 | 0,13 | 0,33 | 0,66 |
| Dom%Pi | -0,63 | -0,05 | -0,49 | 0,27 | -0,37 | 0,31 | 0,47 |
| Dom%Si | -0,19 | 0,53 | -0,51 | 0,96 | -0,36 | -0,56 | -0,42 |
| Dom%St | -0,77 | 0,83 | 0,04 | 0,58 | -0,51 | -0,59 | -0,16 |
| Sp%Pi | -0,19 | -0,46 | 0,22 | -0,28 | -0,56 | 0,63 | 0,39 |
| Sp%Si | 0,04 | 0,65 | 0,02 | 0,82 | -0,11 | -0,82 | -0,80 |
| Sp%St | 0,14 | -0,47 | -0,53 | -0,47 | 0,64 | 0,49 | 0,60 |

Notas:

Destaque em amarelo para correlações significativas a 5%.

Destaque em azul para correlações significativas a 10%.

A altitude máxima (ALT) e declividade média (DECL) dos fragmentos possuem valores muito similares, o que é explicado pela seleção de fragmentos em condições semelhantes quanto à posição no relevo. Devido a isso, as correlações significativas observadas entre essas variáveis e as variáveis de resposta, pouco expressam a influência desses fatores na qualidade dos fragmentos.

A correlação positiva significativa existente entre a relação área/perímetro (PARA) e a dominância relativa das espécies secundárias tardias aponta para o fato de que fragmentos menos recortados, ou mais compactos, sofrem menos o efeito de borda. Os resultados encontrados se assemelham aos da literatura, que justificam a possível ação do efeito de borda sobre remanescentes, destacadamente em fragmentos com maior área de contato externo, alterando o microclima e comprometendo a diversidade florística e funcional encontradas (MURCIA, 1995; HARPER et al. 2005).

A medida de distância testada, Distância Euclidiana entre fragmentos (ENN), apresentou correlação significativa e negativa com a área basal total dos

fragmentos, indicando que o grau de isolamento dos fragmentos tem papel fundamental no aporte de propágulos de espécies de estágio sucessional mais avançado, o que em geral confere maior área basal aos fragmentos. Zeller et al. (2012) cita a existência de isolamento entre fragmentos devido à distância e salienta que fatores como o uso da terra entre fragmentos podem intensificar o isolamento. Tabarelli et al. (2008) destacam que espécies tolerantes a sombra, como é o caso das secundárias tardias, são desfavorecidas com a fragmentação, uma vez que suas populações estão distribuídas mais esparsamente, o que faz com que elas se tornem raras ou desapareçam na escala da paisagem.

O conjunto dos resultados para formato dos fragmentos e distância entre eles, PARA e ENN, nos indicam que deve ser dada ênfase a recentes discussões existentes na literatura entre perda de habitat e fragmentação. A perda de habitat, redução da quantidade de habitat, tem forte efeito sobre perda de indivíduos de uma população ou comunidade e aumenta a distância entre populações que estão sediadas em diferentes fragmentos (SCHMIEGELOW; MÖNKKÖNEI, 2002, FARIG, 2003).

Quando avaliado o tamanho dos fragmentos, foi encontrada uma correlação negativa com a dominância relativa das espécies secundárias tardias, ressaltando a menor proporção de indivíduos desse estágio sucessional nos fragmentos de maior porte. Esse resultado não expressa as observações encontradas na literatura, como as de Murcia (1995) e Harper et al. (2005). Observando a dominância relativa de espécies secundárias tardias em cada fragmento, nota-se que o fragmento de maior porte, Daniel, apresenta baixa dominância, o que deve ter influenciado os resultados. Cabe ressaltar que esse fragmento tem como característica o predomínio de agricultura em seu entorno, o que neste caso, pode ter exercido maior influência no processo sucessional.

A densidade relativa de indivíduos de espécies secundárias tardias se mostrou relacionada negativamente com proporção do perímetro do fragmento que faz limite com áreas agrícolas (LIMAGRI). O que significa dizer que o número de indivíduos desse estágio sucessional é menos expressivo quanto

maior a vizinhança dos fragmentos estudados com áreas agrícolas. A LIMAGRI possui correlação positiva com o percentual de espécies secundárias iniciais presentes nos fragmentos avaliados e com a dominância das espécies desse estágio sucessional, indicando um retardo no processo sucessional dos fragmentos. Essas alterações já foram relatadas por CLARK et al. (1999) que salientaram a ação da matriz da paisagem atuando como um filtro para propágulos de diferentes espécies alterando o processo sucessional e regenerativo dos fragmentos florestais. Werneck et al. (2001) destacam que usos mais intensivos da terra tendem a causar alterações mais acentuadas não só pela formação de bordas abruptas nas áreas limítrofes entre os fragmentos de mata nativa e as áreas cultivadas, mas também devido às práticas de manejo e cultivos adotados. Cosentino et al. (2011) destacam que a resistência encontrada por dispersores varia muito entre cultivos uma vez que está associada a estrutura e potencial de cobertura da vegetação que por sua vez determinam o risco de predação, fonte de recursos e disponibilidade de refúgio, afetando a chegada de propágulos. Ademais da dispersão de propágulos, alguns estudos têm avaliado o intercâmbio de matéria entre agroecossistemas e fragmentos florestais vizinhos. Ribeiro et al. (2009) encontraram elevados teores de fósforo (P), magnésio (MG) e cálcio (Ca) na borda de fragmentos da bacia Guapi-Macacu que possuem agricultura intensiva no seu entorno, e inferem que os resultados encontrados se devem à deriva de adubos químicos que provocam a eutrofização do solo e alteram a expressão do banco de sementes.

Na análise de redundância, onde foram comparados os dois conjuntos de variáveis (explicativas e de resposta), foi observada a ocorrência de colinearidade entre ALT e DECL, sendo retiradas. O resultado gráfico final obtido da análise de redundância para os dois conjuntos de variáveis selecionados é apresentado na Figura 2. É importante salientar que não foi verificada correlação significativa a 10% ($P = 10,80\%$) entre as variáveis de resposta e as explicativas.

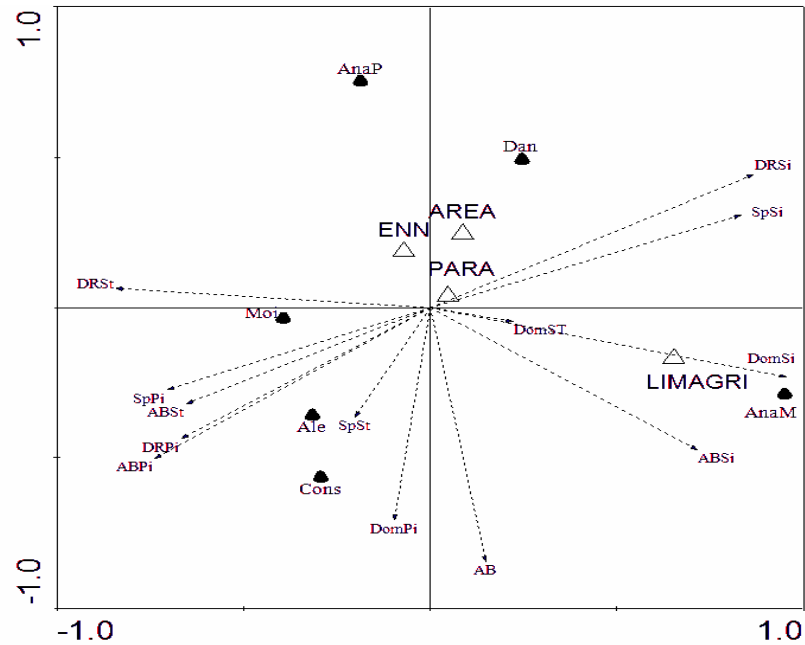


Figura 2. Gráfico resultante da análise de redundância.

Na análise de redundância, os resultados do teste de Monte-Carlo mostraram que o eixo canônico 1 e todos os eixos canônicos juntos não foram significativos ($p = 0,3720$ e $0,1080$, respectivamente), sendo possível então concluir que não há correlação das variáveis de resposta com as variáveis explicativas selecionadas.

Apesar da não significância das variáveis explicativas, detectou-se, com base nos valores de probabilidade de significância do teste de Monte Carlo, correlação significativa entre LIMAGRI e as variáveis de resposta ($p = 0,0460$). Esse resultado mostra que o uso da terra no entorno do fragmento pode influenciar a florística e estrutura do fragmento, alterando sua qualidade.

Esse resultado aponta para a necessidade de ampliar o esforço amostral dos fragmentos visando a detecção dessas relações, entre as variáveis estruturais e de posição na paisagem e as indicadores de qualidade do fragmento, de forma mais evidente.

Conclusões

Os resultados obtidos, seja na análise das correlações par a par ou na análise multivariada entre variáveis explicativas e de resposta selecionadas, apontam para a influência do uso da terra no entorno dos fragmentos sobre sua qualidade. Este resultado indica a importância de dar continuidade a estudos que avaliem esses efeitos para uma melhor compreensão do fenômeno.

Referências

BIERREGAARD, R. O.; LOVEJOY, T. E.; KAPOV, V.; SANTOS, A. A. dos; HUTCHINGS, R. W. The biological dynamics of tropical rain forest fragments. **Bioscience**, v. 42, p. 859–866, 1992.

BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, T.; CANOCO, P. **Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5): section on permutation methods**. Ithaca: Microcomputer Power, 2002. 500 p. Disponível em: <<http://www.pri.wur.nl/UK/products/Canoco>>. Acesso em: 07 de abril de 2012.

CHESSON P. General theory of competitive coexistence in spatially-varying environments. **Theor Popul Biol**, v. 58, p. 519–553, 2000.

CLARK, J. S.; BECKAGE, B.; CAMILL, P.; CLEVELAND, B.; HILLERISLAMBERS, J.; LICHTER, J.; MCLACHLAN, J.; MOHAN, J.; WYCOFF, P. Interpreting recruitment limitation in forests. **American Journal of Botany**, v. 86, p. 1-16, 1999.

COSENTINO, B. J.; SCHOOLEY, R. L.; PHILIPS, C. A. Connectivity of agroecosystems: dispersal costs can vary among crops. **Landscape ecology**, v. 26, p. 371- 379, 2011.

FIDALGO, E. C. C.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; GODOY, M. D. P. Análise da qualidade do modelo digital de elevação para representação da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., Natal, 2009. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009, p. 3785-3791. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.17.11/doc/6005-6012.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2009.

FAHRIG L. Effects of habitat fragmentation on bio-diversity. **Ann Rev Ecol, Evol Syst**, v. 34, p. 487–51, 2003.

FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. da C. C. G.; ABREU, M. B. de; MOURA, I. B. de; GODOY, M. D. P. **Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. (Embrapa Solos. Documentos, 105).

GANDOLFI, S. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta residual na área do Aeroporto Internacional de São Paulo, município de Guarulhos, SP**. 1991. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 55, p. 753-767, 1995.

HARPER, K. A.; MACDONALD, E.; BURTON, P. J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K. D.; SAURDERS, S. C.; EUSKIRCHEN, E. S.; ROBERTS, D.; JAITEH, M. S.; ESSEN, P. A. Edge influence on forest structure and composition in fragments landscape. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T.; VASCONCELOS, H. L.; BRUNA, E. M.; DIDHAM, R. K.; STOUFFER, P.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R.; LAURANCE, S.; SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, n. 3, p. 605-618, 2002.

LEITÃO-FILHO, H. F.; PAGANO, S. N.; CESAR, O.; TIMONI, J. L.; RUEDA, J. J. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo: Editora UNESP; Campinas: Editora da Unicamp, 1993.

MCGARIGAL, K. **Fragstats**: user guideline, version 3. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/User%20guidelines/User%20guidelines%20content.htm>>. Acesso em: 09 set. 2011.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 58-62, 1995.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 2, p.183 – 192, 2006.

OECD. **Multifunctionality**: towards an analytical framework. Paris, 2001. 27 p.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C; PRADO, R. B.; FADUL, M. J.; BASTOS, E. C.; SILVA, S. A.; ZAINER, N. G.; PELUZO, J. **Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Guapi-Macacu e Caceribu – RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 66 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136).Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes>> . Acesso em: 21. Nov. 2011.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141–1153, 2009.

RIBEIRO, I ; MOREIRA, R. V. S. ; IGUATEMY, M. A.; UZÊDA, M. C. Análise da interação entre fragmentos florestais e sistemas convencionais de cultivo, a partir da análise química de solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 1085-1088, 2009.

RODRIGUES, R. R. **Análise de um remanescente de vegetação natural às margens do Rio Passa Cinco, Ipeúna, SP**. 1991. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SCHMIEGELOW, F. K. A.; MÖNKKÖNEN, M. Habitat loss and fragmentation in dynamic landscapes: avian perspectives from the boreal forest. **Ecol Appl**, v. 12, p. 375–389, 2002.

SNYDER, R. E.; CHESSON, P. How the spatial scales of dispersal, competition, and environmental heterogeneity interact to affect coexistence. **Am. Nat.**, v. 164, p. 633–650. 2004.

SANCHÉZ-GÁLLEN, I.; ÁLVAREZ-SANCHÉZ, F. J.; BENÍTEZ-MALVIDO, J. Structure of advanced regeneration community in tropical rain Forest of Los Tuxtlas, México. **Biological Conservation**, v. 143, p. 2111-2118, 2010.

SIH, A.; LUIKART, B. G.; Habitat loss: ecological, evolutionary and genetic consequences. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 15, p. 132-134, 2000.

TABARELLI, M.; LOPES, A.V.; PERES, C. A. Edge-effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system. **Biotropica**, v. 40, p. 657-661, 2008.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 20, p. 171 – 197, 1989.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 24, p.195-198.

ZELLER, K. A.; MCGARIGAL, K.; WHITELEY, A. R. Estimating landscape resistance to movement: a review. **Landscape ecol.**, v. 27, 2012.

Embrapa

Solos