

Ecography 31: 359–370, 2008

doi: 10.1111/j.2008.0906-7590.05302.x

© 2008 The Authors. Journal compilation © 2008 Ecography

Subject Editor: Thorsten Wiegand. Accepted 9 January 2008

Importance of estimating matrix quality for modeling species distribution in complex tropical landscapes: a test with Atlantic forest small mammals

Fabiana Umetsu, Jean Paul Metzger and Renata Pardini

“Importância da estimativa de qualidade da matriz para modelagem de distribuição de espécies em paisagens tropicais complexas: uma análise com pequenos mamíferos de Mata Atlântica”

Alexandrina Pujals

Ana Carolina Pitta

Letícia Araujo

Raphael de Oliveira

Silva

- ▶ Entender os **processos e padrões em paisagens** fragmentadas requer **considerar habitats alterados ao redor dos remanescentes** para ocorrência ou dispersão dos organismos



Perda e fragmentação ou subdivisão de habitat

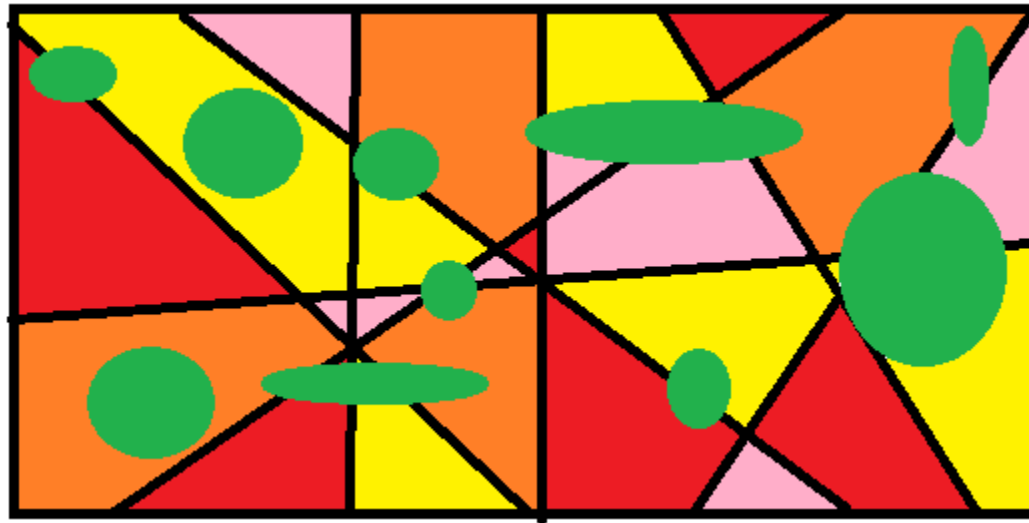
Mudanças na conectividade da paisagem.

- ▶ Conectividade da paisagem depende de vários fatores:

+ **corredores** - **matriz**

- Teorias tem considerado a matriz de ambientes alterados como homogênea e inóspita

- ▶ Métricas como TAMANHO DE MANCHA e DISTÂNCIA EUCLIDIANA (área e isolamento) entre habitats podem apresentar baixo poder de explicação para **riqueza ou abundância** e **colonização ou dispersão**



- ▶ Matriz com diferentes graus de aptidão para ocorrência de diferentes espécies ou para a dispersão de indivíduos.

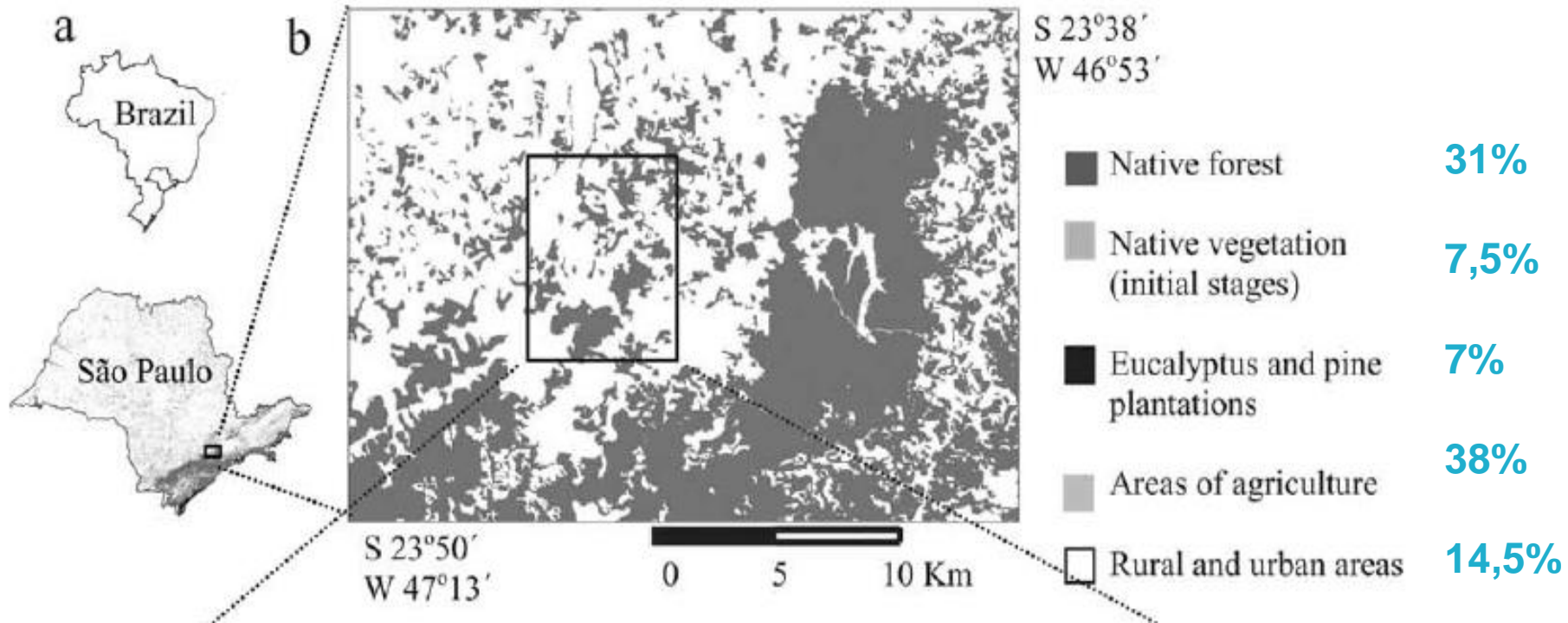
- ▶ Integração qualidade da matriz + escala espacial na **modelagem** (urgente em paisagens tropicais)
- ▶ **POR QUE** mamíferos não-voadores de pequeno porte?
 - ✓ bons indicadores de perturbação dos habitats e fragmentação
 - ✓ Importante papel na regeneração da floresta;
 - ✓ ciclos de vida curtos
 - ✓ captura fácil
 - ✓ taxonomia relativamente conhecida.

- ▶ Não há uma escala **tropical** em que espécies de pequenos mamíferos respondem a estrutura da paisagem.
- ✓ Movimentos de longa distância são raros
- ✓ áreas de vida são pequenas e possuem baixa capacidade de dispersão
- ✓ a maioria destas espécies são capazes de ocupar florestas sob um certo grau de perturbação

ENTÃO... a **ocorrência de populações** em habitats alterados de matriz teria um **papel mais importante para conectividade** de populações de pequenos mamíferos do que a **dispersão periódica de indivíduos** entre remanescentes através da matriz.

- ▶ **COMO** o poder explicativo de modelos que descrevem a distribuição de espécies em remanescentes florestais varia entre variáveis de estrutura da paisagem que incorporam ou não a qualidade da matriz.
- ▶ **PRESSUPOSTO** de que a informação sobre a **abundância relativa de espécies**, coletadas através de amostragem padronizada em diversos tipos de habitats de uma paisagem heterogênea, é útil como um **índice de qualidade da matriz (Qi)**.
- ▶ **HIPÓTESE:** A inclusão de **qualidade da matriz** vai **aumentar** o poder explicativo dos modelos da estrutura da paisagem sobre a distribuição de pequenos mamíferos e que a **escala** a que espécies respondem a estrutura da paisagem **varia entre as espécies** de pequenos mamíferos.

Material & Métodos



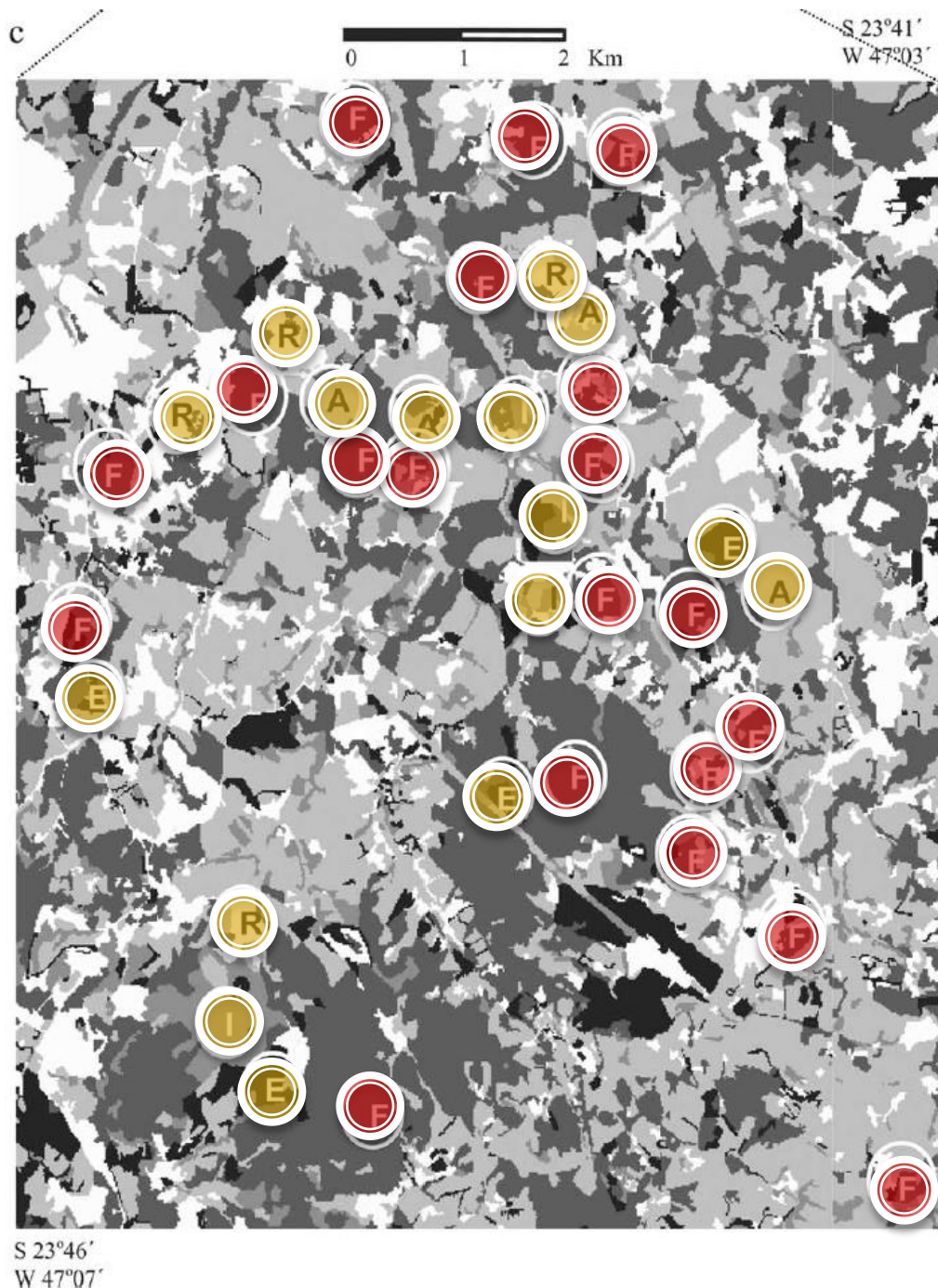
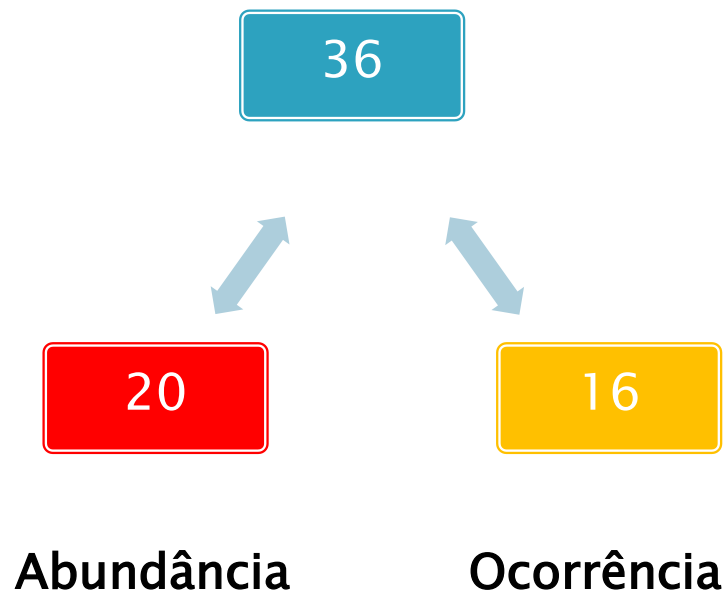
- Paisagem fragmentada de Mata Atlântica
- Plateau de Ibiúna-SP
- Floresta Atlântica submontana

- ▶ 5 grandes fragmentos florestais (>50ha)
 - Médios: entre 10 e 50 ha
 - Menores: inferior a 5 ha

- ▶ Critérios para escolha dos fragmentos amostrados:
 - Presença/ ausência de corredores para os grandes fragmentos
 - Distância para os grandes fragmentos

- ▶ O tamanho dos remanescentes florestais (20) variou entre 2–275 ha

Área de estudo



Área de estudo

I	Vegetação nativa (regeneração)	16
E	Plantação de Euc	
A	Áreas de agricultura	
R	Área rural com construções	



Coletas

▶ Pequenos mamíferos

Euryoryzomys russatus

Didelphis aurita

Delomys sublineatus

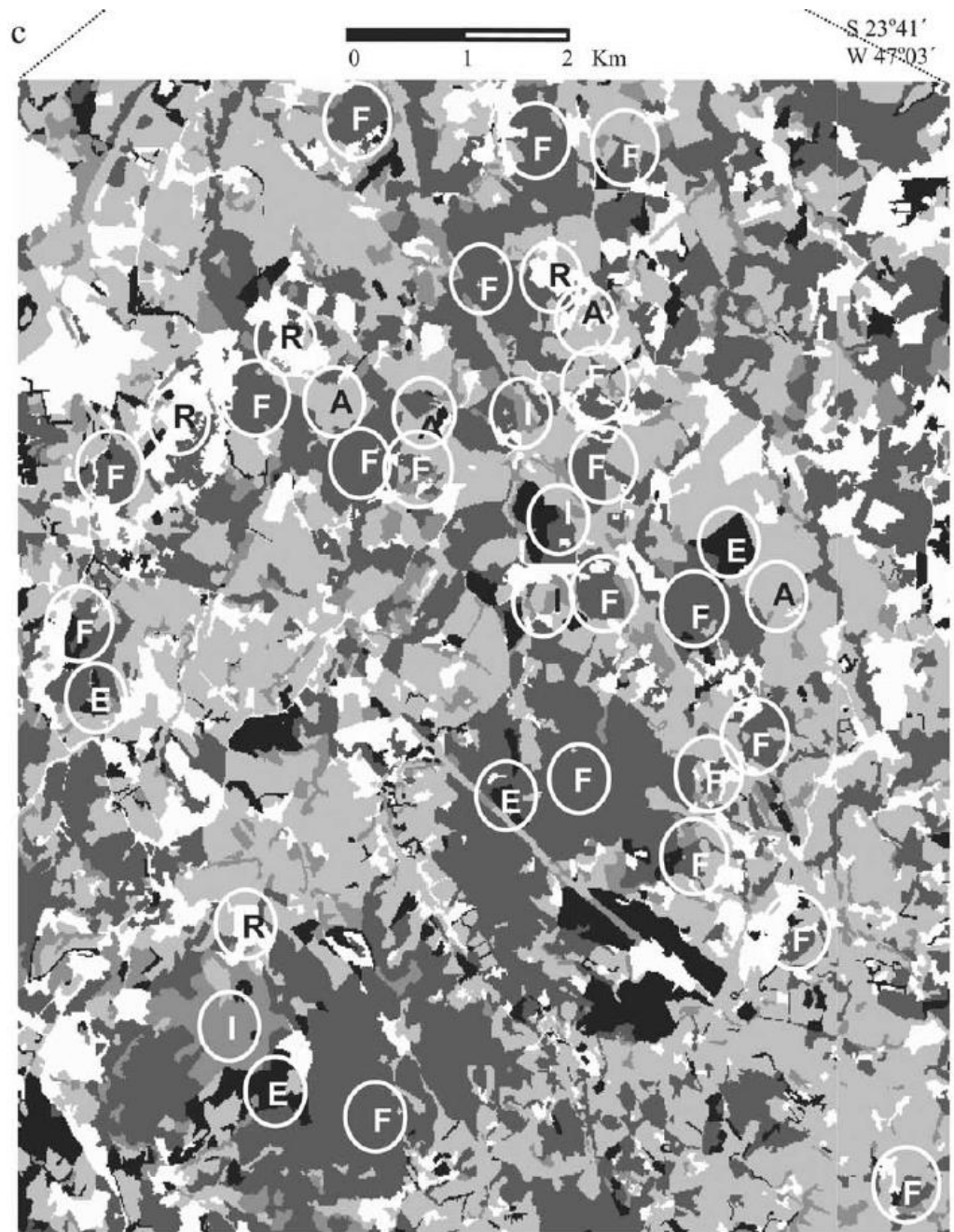
Marmosops incanus

Sooretamys angouya

Oligoryzomys nigripes

Akodon montensis

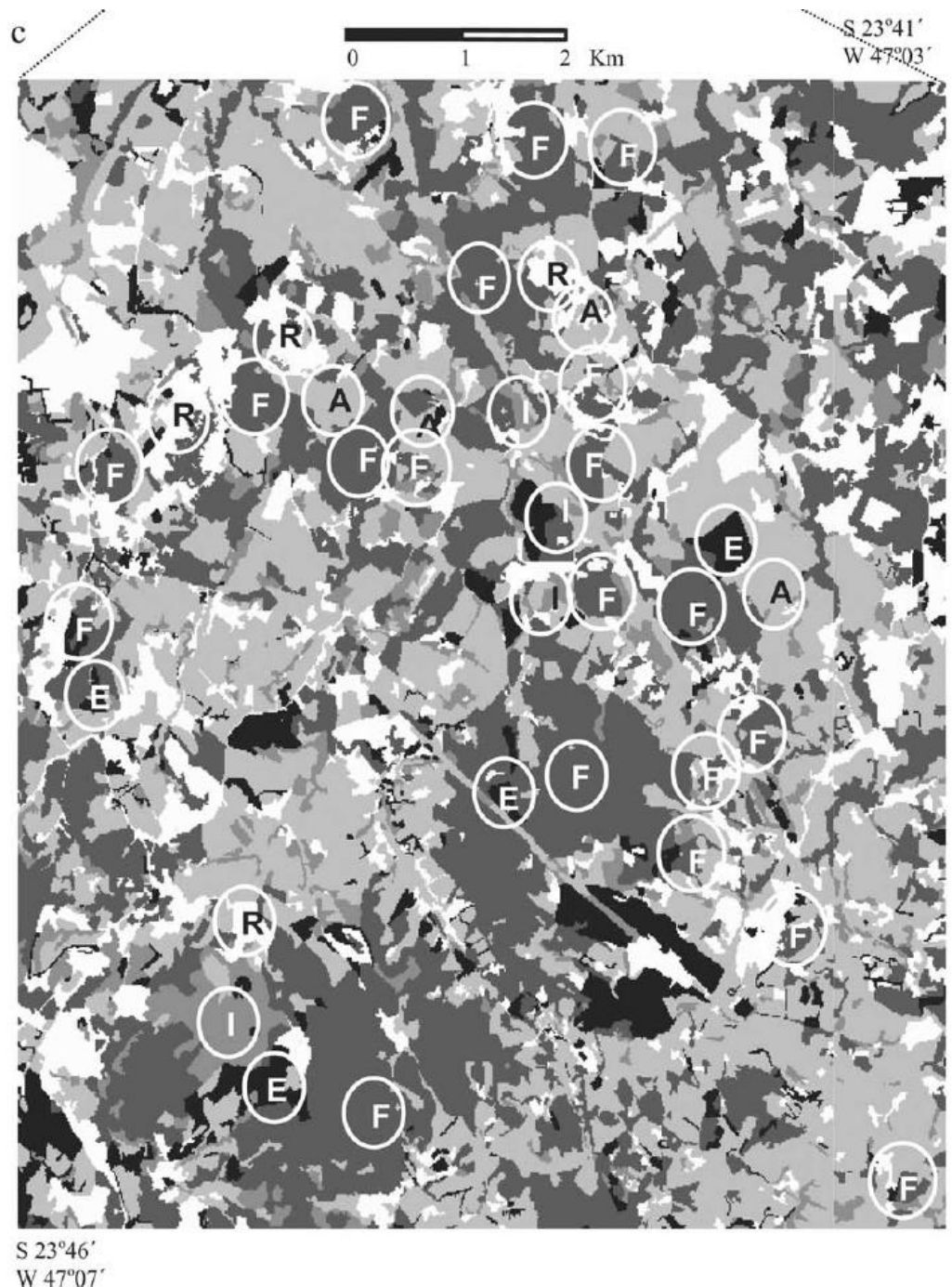
Micoureus paraguayanus



Coletas

Mamíferos:

- ▶ Armadilhas Sherman:
 - maior (37,5 x 10 x 12 cm)
 - menor (23 x 7,5 x 8,5 cm)
- ▶ Duas linhas paralelas de 165 metros (20 m. dist.)
- ▶ Total de 48 armadilhas por sítio
- ▶ Duas alturas (alternadas entre estações adjacentes):
 - chão
 - dois metros
- ▶ Total:
 - fragmentos: 20.160 a. – noite
 - matriz: 5.376 a. – noite



- ▶ Índice de qualidade de habitat (Q_i):
 - Abundância: média dos indivíduos capturados entre os fragmentos
 - Ocorrência: presença de no mínimo um indivíduo para cada espécie de pequeno mamífero em cada tipo de habitat

- Estrutura da Paisagem no entorno dos **remanescentes florestais**

Variáveis

– Quantidade de *habitat*:

Baseado na **distância** entre as manchas de *habitat*, a partir do ponto central da circunferência.

Área de *habitat*: dentro de circunferências de raio definido (200, 400 ou 800 m);

– Conectividade de *habitat*:

Baseado no **tamanho e na distância** entre as manchas de *habitat* dentro de um raio de pesquisa (50, 100, 200 ou 400 m), a partir da **borda** dos remanescentes amostrados;

Sobreposição
diferentes.

Escalas espaciais

- **Métricas**

- ✓ Discreta: considera os remanescentes florestais igualmente adequados e todos os *habitats* da matriz inadequados para todas as espécies amostradas;
- ✓ Contínua: Considera a **variação da qualidade** entre os *habitats* para **cada espécie** amostrada;

- **FRAGSTATS 3.3**: mapas de uso e cobertura da terra, a partir de fotografias aéreas (2000), na escala 1:10.000, com acurácia superior a 88%.

Análise estatística:

- Influência das diferentes variáveis de estrutura da paisagem (quantidade e conectividade dos *habitats*) sobre a abundância das espécies para os 20 remanescentes florestais;
- Modelo de regressão de Poisson (log link e Poisson error distribution), é um modelo log-linear, trabalhado através do uso do programa R (2.3.0);

- Funções de verossimilhança e log-verossimilhança: expressam o **valor de evidência** que um conjunto de dados tem para **sustentar** um dado modelo, em comparação com outros concorrentes;
- Diferenças entre os valores de log-verossimilhança dos modelos igual ou superiores a **2**, foram considerados modelos fortes, sustentados pelos dados;

Distribuição de pequenos mamíferos na paisagem e qualidade do habitat

Table 1. Number of remnants where small mammal species were found, number of captured individuals in remnants (in parentheses) and indices of habitat quality (Q_i) corresponding to the occurrence or abundance (in parentheses) of species in each habitat type in the Ibiúna Plateau, Brazil.

Species	Number of forest remnants where the species occurs and number of individuals	Indices of habitat quality (Q_i)				
		Forest remnants	Vegetation in initial stages	Eucalyptus plantations	Rural areas with buildings	Areas of agriculture
<i>Euryoryzomys russatus</i>	4 (13)	1 (0.25)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
<i>Didelphis aurita</i>	16 (54)	1 (0.50)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
<i>Delomys sublineatus</i>	12 (35)	1 (1.00)	1 (0.50)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
<i>Marmosops incanus</i>	18 (88)	1 (2.00)	1 (0.25)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
<i>Sooretamys angouya</i>	12 (18)	1 (0.75)	1 (1.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
<i>Oligoryzomys nigripes</i>	14 (40)	1 (0.25)	1 (3.75)	1 (6.25)	1 (0.50)	1 (1.25)
<i>Akodon montensis</i>	18 (164)	1 (1.25)	1 (14.75)	1 (5.75)	1 (1.50)	1 (0.75)
<i>Micoureus paraguayanus</i>	2 (5)	1 (0.50)	0 (0.00)	1 (0.25)	0 (0.00)	0 (0.00)

OCORRÊNCIA NA MATRIZ DISTRIBUIÇÃO

ÍNDICE DE QUALIDADE DA MATRIZ (Q_i)

Variáveis de estrutura da paisagem e a distribuição de espécies em remanescentes florestais

Abundância X Quantidade de habitat

Table 2. Results from Poisson regressions of the abundance of small mammal species against habitat quantity (considering or not matrix quality and using as indices of matrix quality both species abundance – A or occurrence – O) within circumferences of 200, 400 and 800 m of radius around the 20 forest remnants in the Ibiúna Plateau, Brazil.

Species	Not considering matrix quality						Type of index	Considering matrix quality						
	scale 200 m		scale 400 m		scale 800 m			scale 200 m		scale 400 m		scale 800 m		
	b (slope)	p	b (slope)	p	b (slope)	p		b (slope)	p	b (slope)	p	b (slope)	p	
<i>E. russatus</i>	0.233	0.044*	0.105	<0.001*	0.036	<0.001*								
<i>D. aurita</i>	-0.117	0.012*	-0.034	0.015*	-0.011	0.025*								
<i>D. sublineatus</i>	0.060	0.313	0.012	0.424	0.007	0.123	A	0.071	0.260	0.015	0.320	0.008	0.120	
<i>M. incanus</i>	0.035	0.348	0.012	0.185	0.003	0.309	O	0.081	0.217	0.019	0.230	0.008	0.118	
<i>S. angouya</i>	-0.012	0.882	-0.002	0.942	0.005	0.452	A	0.018	0.331	0.006	0.180	0.002	0.298	
<i>O. nigripes</i>	-0.050	0.347	-0.015	0.326	-0.003	0.551	O	0.049	0.229	0.015	0.141	0.004	0.226	
<i>A. montensis</i>	-0.013	0.617	-0.017	0.020*	-0.013	<0.001*	A	0.080	0.514	0.017	0.570	0.012	0.228	
<i>M. paraguayanus</i>	0.150	0.377	0.100	0.040*	0.035	0.005*	O	0.040	0.658	0.010	0.690	0.008	0.276	
							A	0.029	0.298	0.005	0.720	0.005	0.085	
							O	1.126	0.555	0.174	0.640	0.007	0.938	
							A	0.013	0.062	0.003	0.190	0.001	0.233	
							O	-0.679	0.314	0.062	0.710	0.024	0.615	
							A	0.294	0.402	0.196	0.047*	0.068	0.005*	
							O	0.140	0.434	0.092	0.060	0.033	0.005*	

*p < 0.05.

- ▶ Spp onde nenhum dos modelos foi significativo (considerando ou não a matriz)

Abundância X Conectividade

Table 3. Results from Poisson regressions of the abundance of small mammal species against forest connectivity based on the distance and size of forest remnants within a maximum edge-to-edge distance of 50, 100, 200 and 400 m from the 20 forest remnants in the Ibiúna Plateau, Brazil.

Species	Connectivity based on the distance and size of forest patches							
	scale 50 m		scale 100 m		scale 200 m		scale 400 m	
	b (slope)	p	b (slope)	p	b (slope)	p	b (slope)	p
<i>E. russatus</i>	3.077e-04	0.031*	2.977e-04	0.027*	2.978e-04	0.028*	2.970e-04	0.029*
<i>D. aurita</i>	-1.080e-04	0.271	-1.073e-04	0.262	-1.072e-04	0.265	-1.070e-04	0.265
<i>D. sublineatus</i>	-1.628e-04	0.209	-1.544e-04	0.219	-1.547e-04	0.221	-1.548e-04	0.221
<i>M. incanus</i>	9.162e-05	0.145	8.597e-05	0.156	8.281e-05	0.176	8.281e-05	0.176
<i>S. angouya</i>	5.567e-05	0.698	4.559e-05	0.744	5.034e-05	0.719	5.038e-05	0.718
<i>O. nigripes</i>	7.327e-05	0.439	7.720e-05	0.394	7.340e-05	0.423	7.247e-05	0.429
<i>A. montensis</i>	-7.657e-05	0.159	-7.362e-05	0.162	-7.668e-05	0.150	-7.676e-05	0.149
<i>M. paraguayanus</i>	9.274e-04	0.002*	8.786e-04	0.001*	8.814e-04	0.001*	8.809e-04	0.001*

* p < 0.05.

- ▶ Sp. com modelo significativo sem considerar matriz

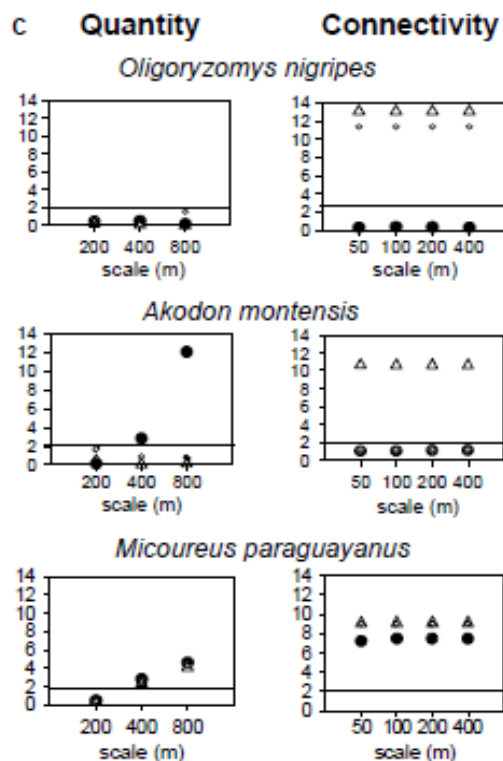
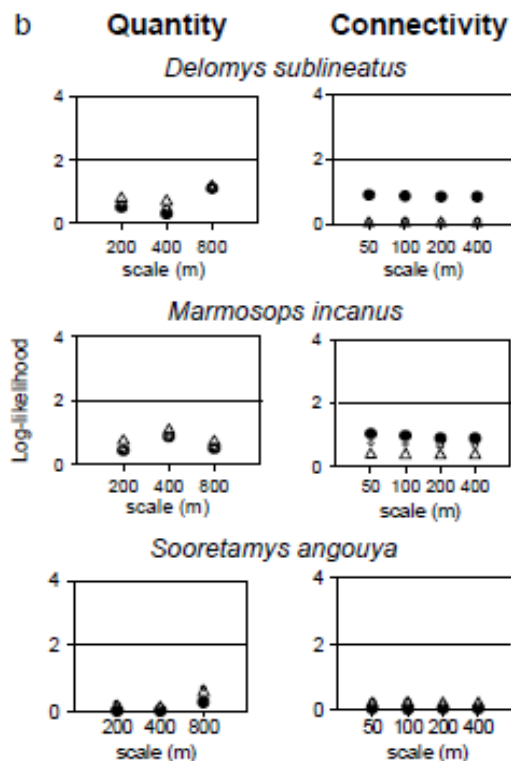
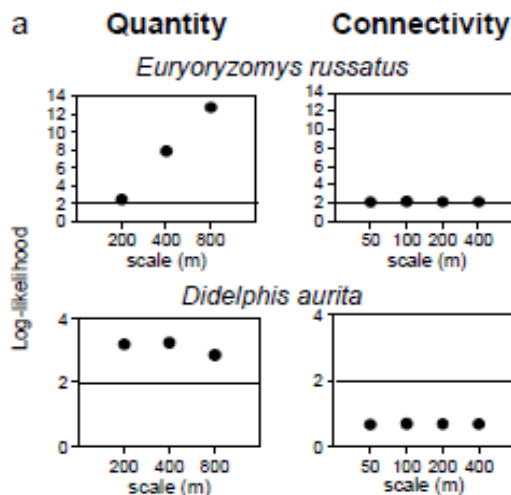
Abundância X Conectividade (considerando o IQMat.)

Table 4. Results from Poisson regressions of the abundance of small mammal species against habitat connectivity based on the distance and size of habitat patches (considering matrix quality and using as indices of matrix quality both species abundance – A or occurrence – O) within a maximum edge-to-edge distance of 50, 100, 200 and 400 m from the 20 forest remnants in the Ibiúna Plateau, Brazil.

Species	Type of index	Connectivity based on the distance and size of habitat patches							
		scale 50 m		scale 100 m		scale 200 m		scale 400 m	
		b (slope)	p	b (slope)	p	b (slope)	p	b (slope)	p
<i>D. sublineatus</i>	A	-1.409e-05	0.671	-1.386e-05	0.672	-1.376e-05	0.675	-1.377e-05	0.675
	O	-5.163e-06	0.776	-5.122e-06	0.777	-5.085e-06	0.778	-5.088e-06	0.778
<i>M. incanus</i>	A	2.348e-05	0.217	2.242e-05	0.226	2.178e-05	0.243	2.178e-05	0.242
	O	8.334e-06	0.379	8.237e-06	0.381	8.147e-06	0.387	8.146e-06	0.387
<i>S. angouya</i>	A	-2.090e-05	0.519	-2.091e-05	0.518	-2.077e-05	0.520	-2.076e-05	0.520
	O	-1.866e-05	0.542	-1.869e-05	0.540	-1.853e-05	0.543	-1.851e-05	0.543
<i>O. nigripes</i>	A	2.713e-06	<0.001*	2.713e-06	<0.001*	2.713e-06	<0.001*	2.713e-06	<0.001*
	O	4.386e-06	<0.001*	4.382e-06	<0.001*	4.383e-06	<0.001*	4.383e-06	<0.001*
<i>A. montensis</i>	A	4.318e-07	0.115	4.308e-07	0.116	4.305e-07	0.116	4.303e-07	0.116
	O	2.097e-06	<0.001*	2.095e-06	<0.001*	2.094e-06	<0.001*	2.094e-06	<0.001*
<i>M. paraguayanus</i>	A	5.743e-04	<0.001*	5.621e-04	<0.001*	5.624e-04	<0.001*	5.624e-04	<0.001*
	O	1.695e-04	<0.001*	1.674e-04	<0.001*	1.675e-04	<0.001*	1.674e-04	<0.001*

*p<0.05.

► Ocorrência/abundância



● Abundância/cobertura ou conectividade

△ Cobertura ou conectividade/ocorrência

○ Cobertura ou conectividade/abundância

Considerando o Q_i .

Figure 2. Log-likelihood values for Poisson regressions of the abundance of small mammal species in 20 forest remnants against forest quantity or connectivity (full circles) and habitat quantity or connectivity (using as indices of matrix quality both species occurrence – triangles, or abundance – empty circles) measured at varying spatial scales in the Ibiúna Plateau, Brazil. Log-likelihood of the intercept model (null model) was subtracted from the log-likelihood of each regression model, so that the log-likelihood of the null models was set to zero and the line indicates a difference of 2 from the null model in all graphics. (a) Species that did not occur in the matrix. (b) Species that occurred just in native vegetation in initial stages of regeneration. (c) Species that occurred in matrix habitats other than native vegetation in initial stages of regeneration.

Distribuição de pequenos mamíferos na paisagem e qualidade do habitat

- ▶ Habitats antrópicos abertos não abrigam populações da maioria das espécies de pequenos mamíferos encontrados em remanescentes florestais na região.
- ▶ *A. montensis* e *O. nigripes* ➡ spp. altamente generalistas
- ▶ Habitats alterados abertos em paisagens fragmentadas na Mata Atlântica são dominadas por espécies pertencentes a estes dois gêneros de roedores (Katz et al. 2001, Feliciano et al. 2002)
- ▶ Vegetação nativa em estágios iniciais e plantio de eucalipto abrigam generalistas e especialistas sendo complementares para o aumento da conectividade da paisagem.

Variáveis de estrutura da paisagem e a distribuição de pequenos mamíferos em remanescentes florestais

- ▶ Para três das seis espécies os melhores modelos para a distribuição entre remanescentes de floresta consideraram a qualidade heterogênea da matriz.
- ▶ Poucos estudos comparam o desempenho de modelos considerando, ou não, a heterogeneidade da matriz, a maioria em regiões temperadas.
- ▶ Modelo com qualidade de matriz são mais adequados para explicar abundância e ocorrência e movimentos inter-patch.
- ▶ Em outros trabalhos, a heterogeneidade da matriz foi quantificada com base na experiência do pesquisador ou inferidos a partir de estudos ecológicos disponíveis na literatura. **Não foram encontrados estudos baseados em dados empíricos coletados de forma padronizada.**

- ▶ O índice de ocorrência resultou em um poder explanatório semelhante ou maior que o de abundância para todos os modelos → ou seja, a inclusão de heterogeneidade aumentou o desempenho do modelo
- ▶ Ocorrência → depende de dados mais fáceis de obter e conduz à avaliações biológicas mais rápidas
- ▶ O aumento no poder explicativo entre os modelos ocorreu para os modelos de conectividade, mas não para os modelos de quantidade de habitat
- ▶ Importância da distância entre manchas = forma simples de representar a possibilidade de dispersão

- ▶ Tischendorf et al. (2003) ➡ em modelos de simulação, a métrica de conectividade com base apenas em distância e tamanho de manchas previu taxas de imigração mais confiáveis do que outras métricas com base em distâncias inter-patches. Em Goodwin e Fahrig (2002) a distância influenciou métricas de conectividade mais fortemente do que a quantidade de habitat em paisagens artificiais com <32% de habitat remanescente.
- ▶ *E. russatus* é a espécie mais vulnerável à fragmentação
 - Menor abundância com menor tamanho remanescente
- ▶ *D. aurita* usa recursos associados às atividades humanas
 - Maior abundância com menor área de floresta e tem alta capacidade de explorar e se beneficiar de ambientes alterados. Para esta espécie, a modelagem correta só seria possível através de índices que quantificam uso da matriz, não apenas a ocupação.

- ▶ *M. paraguayanus* não ocupa todos os habitats e sua dispersão entre remanescentes se dá por habitats abertos. Assim, o modelo deve incluir a distância entre manchas para aumentar o poder explicativo para este marsupial, apesar da dispersão ser rara e realizada apenas por machos.
- ▶ *A. montensis* e *O. nigripes* ➡ amplamente distribuídas entre remanescentes e encontrados em todos os tipos de habitat. Estas espécies parecem ser favorecidas pelo aumento habitats da matriz
- ▶ Bender e Fahrig (2005) ➡ modelos de simulação para espécie generalista onde, movimentos inter-patch são difíceis de prever devido a interação com um grande número de tipos de cobertura e apresentam respostas diferentes para eles, quando se deslocam entre manchas

- ▶ É possível modelar a resposta quando a qualidade da matriz é considerada
- ▶ Bender et al. (2003) ➡ uso de métricas que consideram a distância e o tamanho das manchas tem **maior** poder explicativo e variam menos em diferentes escalas espaciais
- ▶ As únicas três espécies para as quais as respostas para quantidade de habitat variou entre escalas espaciais mostrou uma resposta mais forte com o aumento da escala espacial
- ▶ A paisagem influencia relativamente **pequenos mamíferos em grandes escalas espaciais, apesar de seu pequeno tamanho corporal e movimentos restritos**

Conclusões

- ▶ Índices obtidos de forma simples e fácil de qualidade da matriz podem aumentar o poder preditivo de variáveis estruturais da paisagem, se consideradas, a distância, e uma simples estimativa de dispersão entre manchas.
- ▶ A **matriz** de habitats alterados não só desempenha um papel fundamental nos processos ecológicos, mas também **deve ser considerada para a modelagem**, monitoramento e gestão de paisagens dominadas pelo homem, mesmo quando informações precisas e detalhadas sobre a biologia das espécies não estão disponíveis.

Conclusões

- ▶ A utilização de índices de abundância ou ocorrência de spp. pode contribuir para a compreensão da importância da qualidade da matriz, permitindo ações efetivas de gestão em paisagens tropicais fragmentadas.
- ▶ Entre as variáveis de estrutura da paisagem, preferível incorporar tamanho, qualidade do habitat espécie-específica e distância entre manchas habitat.
- ▶ A distribuição de pequenos mamíferos em remanescentes é influenciada pela estrutura da paisagem em grandes escalas, provavelmente refletindo processos populacionais de períodos de tempo mais longos, apesar do seu pequeno tamanho e pequenos movimentos diários.

Questionamentos

- ▶ Levantamento de dados empíricos na matriz (abundância/ocorrência)?
 - ▶ Como funcionaria o modelo para spp vegetais?
 - ▶ O uso de escalas espaciais diferentes para os atributos de estrutura da paisagem afetam os resultados do modelo?
- 