



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Curso Conceitos básicos de Ecologia da Paisagem: teórico e prático

Profs: Juliana Silveira dos Santos e Edgar Lima

Aula 3: Multi-escalas e Modelos multi-níveis

Setembro de 2025

Como lidar com a escala?

Primeiro passo foi identificar **escalas críticas** ou características para descrever padrões e processos ecológicos



Respostas dos organismos ao habitat

Global Ecology and Biogeography, (Global Ecol. Biogeogr.) (2015) 24, 52–63

A Journal of Macroecology



Are ecologists conducting research at the optimal scale?

Heather Bird Jackson* and Lenore Fahrig

Geomatics and Landscape Ecology Laboratory,
Department of Biology, Carleton University,
1125 Colonel By Drive, Ottawa, Canada
K1S 5B6

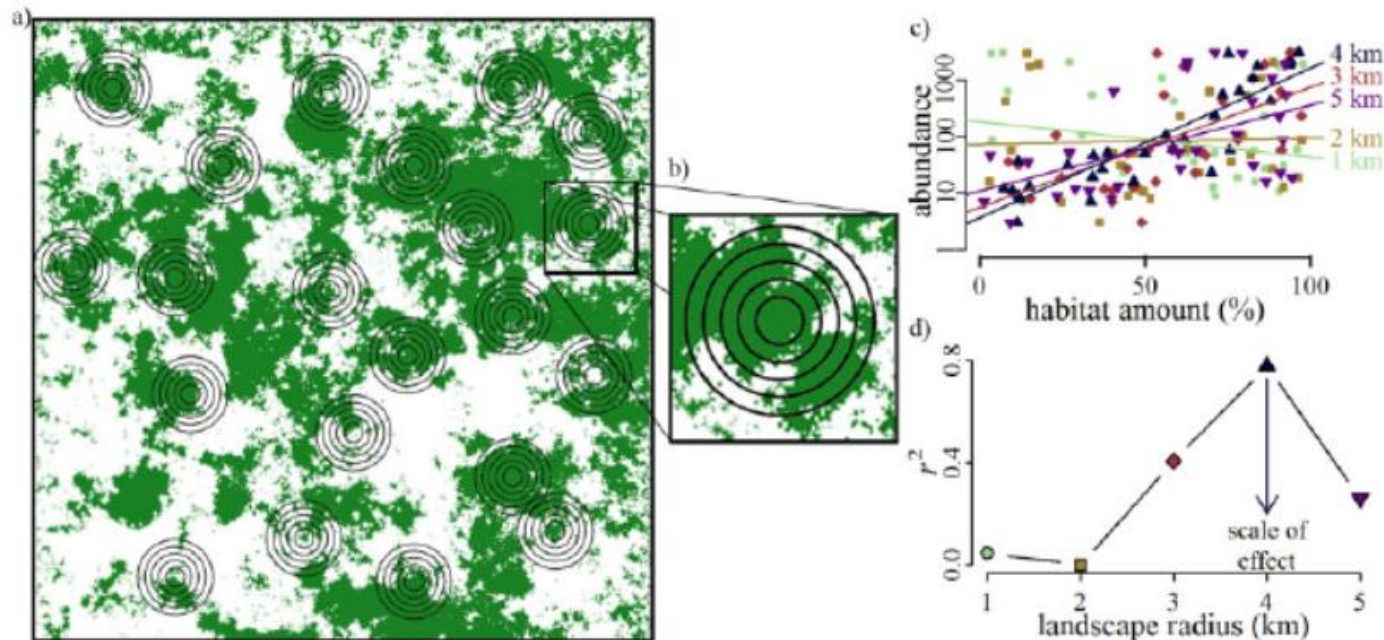
ABSTRACT

Aim The spatial extent (scale) at which landscape attributes are measured has a strong impact on inferred species–landscape relationships. Consequently, researchers commonly measure landscape variables at multiple scales to select one scale (the ‘scale of effect’) that yields the strongest species–landscape relationship. Scales of effect observed in multiscale studies may not be true scales of effect if scales are arbitrarily selected and/or are too narrow in range. Miscalculation of the scale of effect may explain why the theoretical relationship between scale of effect and species traits, e.g. dispersal distance, is not empirically well supported.

Como lidar com a escala?

Análises multi-escala: quantificam as condições ambientais em múltiplas escalas, alterando o grão ou a extensão e **avaliam qual das escalas observadas melhor explica o padrão ou processo (escala de efeito).**

Maneira mais comum de fazer:



Como lidar com a escala?

Modelos multi-nível: interpretam efeitos em diferentes níveis de uma organização hierárquica.

Exemplos:

- **Os modelos podem incluir níveis contrastantes de organização. Ex:**
 - Efeitos da % florestal em diferentes escalas na abundância e na diversidade genética
- **Os modelos podem focar em situações onde o ambiente é estruturado hierarquicamente e questionar como esta hierarquia pode influenciar diferentemente os organismos**
 - Os indivíduos podem usar diferentes estratégias para selecionar os locais para ninho na escala de patch e o habitat em escala de paisagem
- **Quantificar a variação em diferentes respostas de organismos focais que tem uma natureza hierárquica**

Como lidar com a escala?

Modelos multi-nível podem ser feitos no espaço e no tempo.

Tempo

- Como as relações ambientais explicam o uso de animais entre o dia e a noite, entre e intra estações do ano e ao longo de um ano.

Duração e frequência (Ex: amostra mensalmente em dois anos)

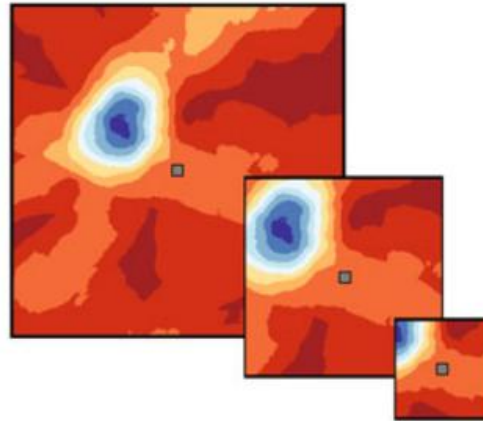
Resumo

Análise multi-escala

Variável categórica

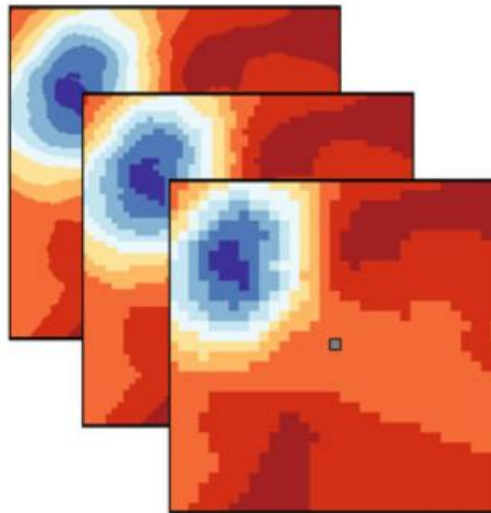
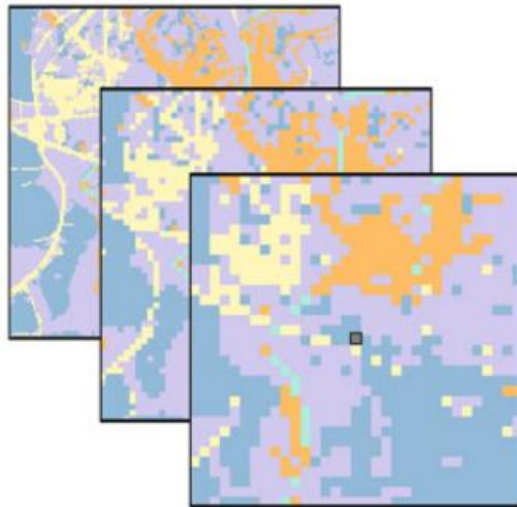
Variável contínua

a



Variação no tamanho da extensão

b

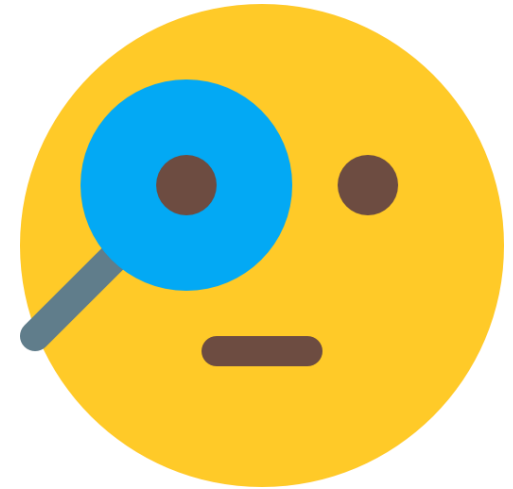




Variação no tamanho do grão

Como a escala espacial deve ser considerada



Depende do fenômeno de interesse

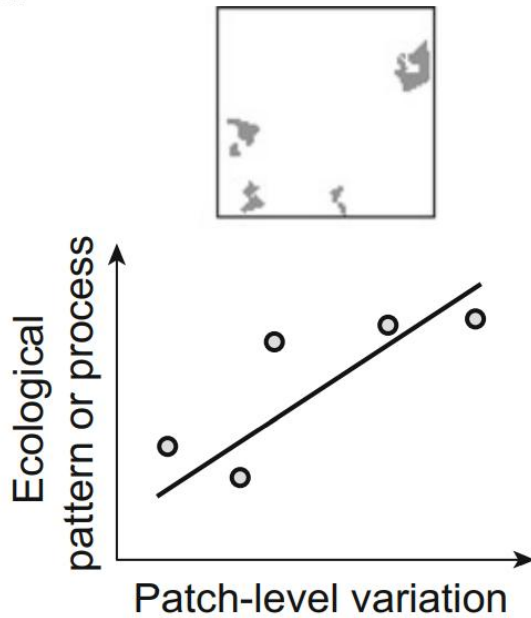


- Tamanho da unidade amostral (2 a 5 x menor do que a extensão do fenômeno) 
- Tipo de unidade amostral (pixel, mancha ou paisagem em multi-escala)
- Localização da unidade amostral (distância entre elas)
- Tamanho da área de estudo (2 a 5 x maior que o fenômeno de estudo ou 10x) 

Exemplos de desenhos para estudos de paisagem vs. padrão e processo ecológico

Escala de mancha (patch-scale)

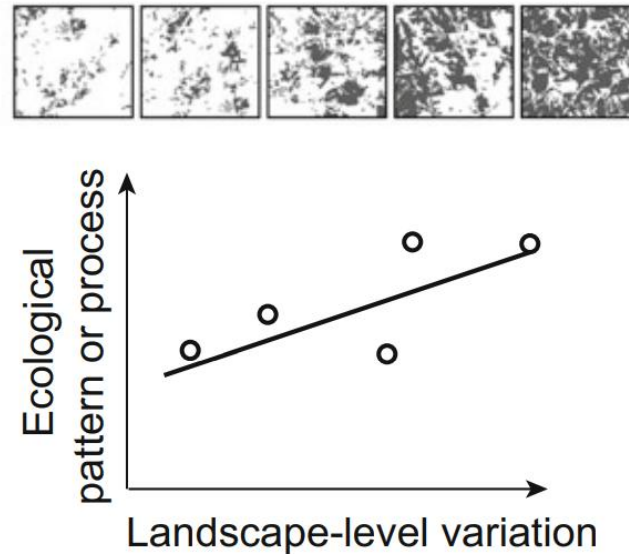
a



**Padrões e processos
são sumarizados entre manchas
dentro da área de estudo**

Escala de paisagem (landscape-scale)

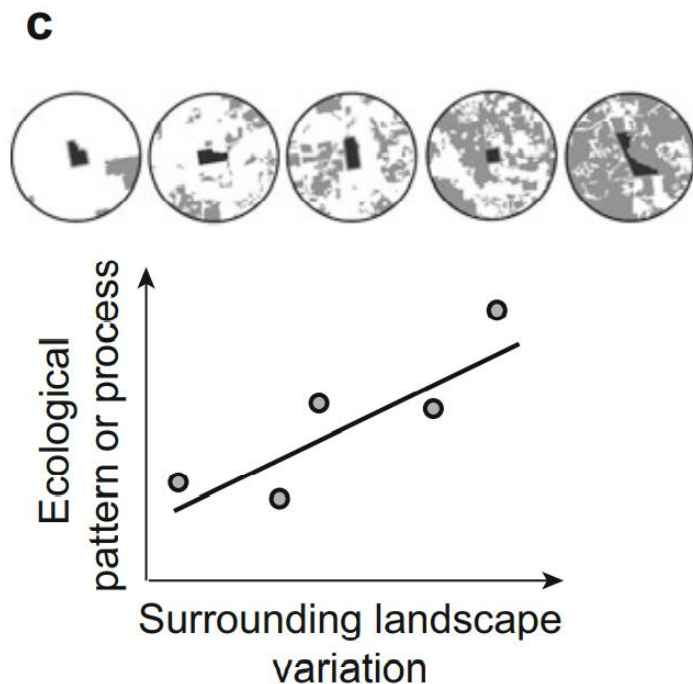
b



**Padrões e processos
são sumarizados entre
paisagens ou regiões**

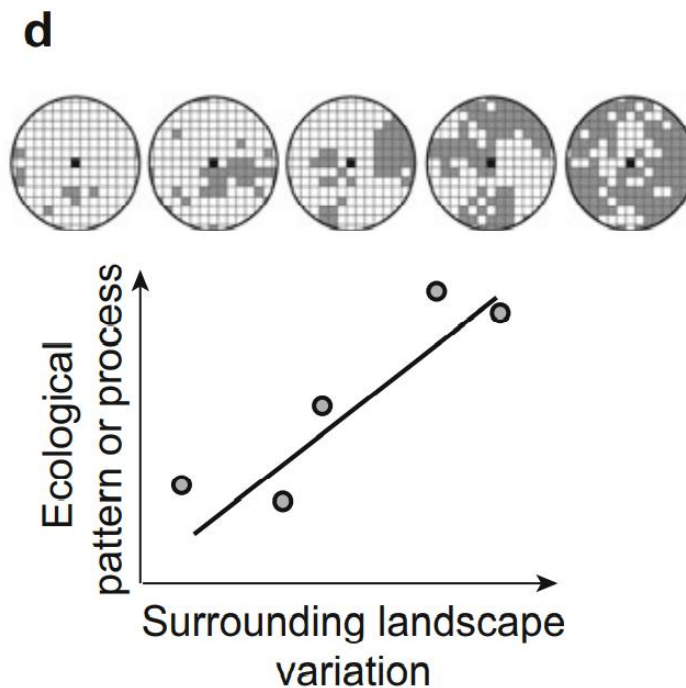
Exemplos de desenhos para estudos de paisagem vs. padrão e processo ecológico

Escala de mancha-paisagem ou mancha-focal (patch-landscape ou focal-patch)



A mancha é a unidade amostral, mas o ambiente do entorno é caracterizado (buffer a partir do centróide da mancha de acordo com o processo/padrão)

Escala de paisagem-local (local-landscape)



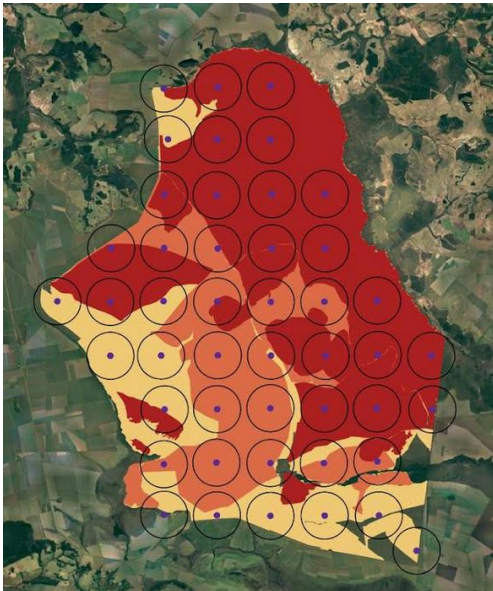
O pixel é a unidade amostral, área amostrada é padronizada e a paisagem/ambiente de entorno é considerada

Localização das unidades amostrais

Distância entre as amostras, distribuição das amostras e a estratégia de amostragem

- Estratégia de amostragem
 - **Aleatória**
 - Grade regular
 - **Amostragem estratificada** (baseada nos diferentes tipos de cobertura da terra)

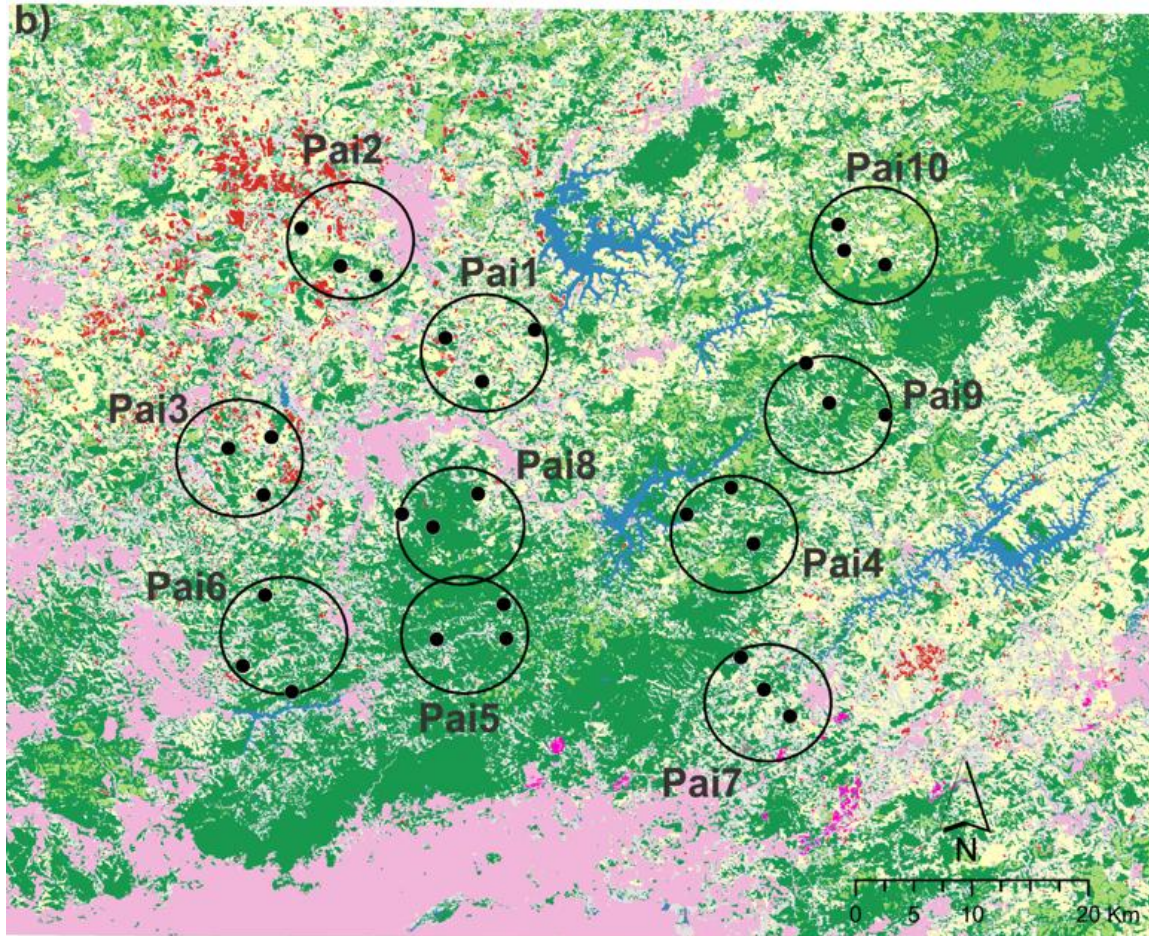
Mais realizadas



Grade regular - > todo gradiente do espaço é capturado
Falha em considerar a periodicidade do ambiente

Localização das unidades amostrais

Estratificada, variação na % floresta



Spatial lag entre as unidades:

- Nº de amostras
- Tamanho da extensão



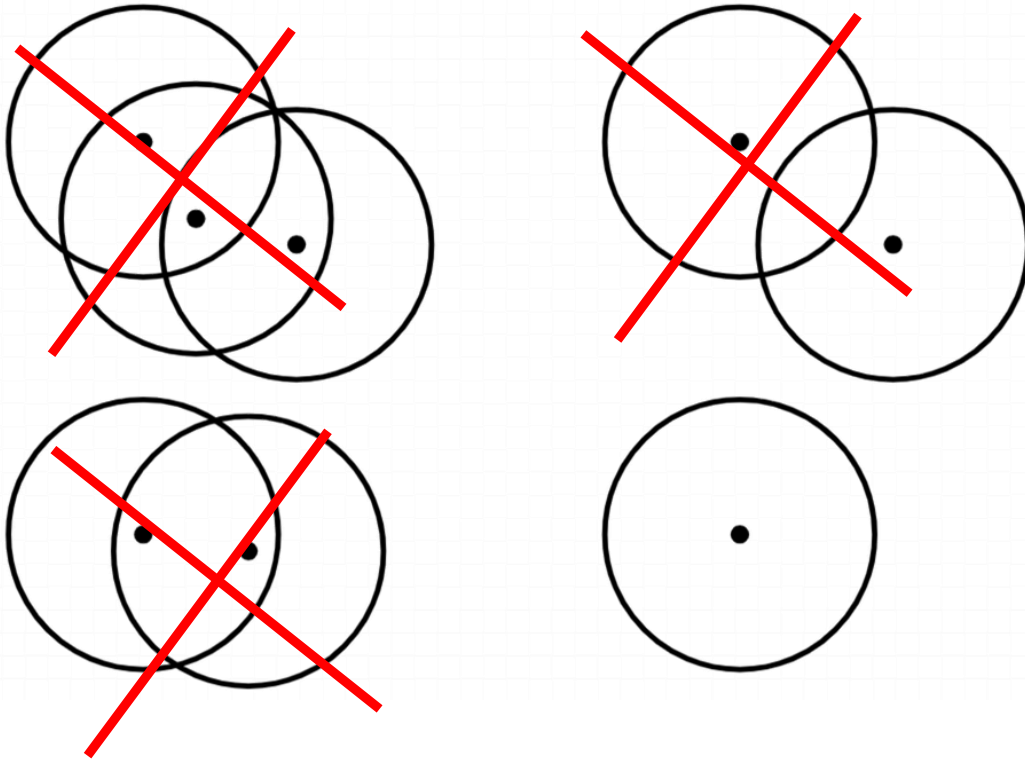
Existem recomendações, mas...

Deve-se garantir uma distância adequada das unidades

Localização das unidades amostrais

Debate sobre spatial lag -> determinar a escala de efeito em análises multi-escala

Falta de independência entre as unidades



Mas...



Localização das unidades amostrais

Current Landscape Ecology Reports
<https://doi.org/10.1007/s40823-020-00059-4>

SPATIAL SCALE-MEASUREMENT, INFLUENCE, AND INTEGRATION (A MARTIN AND J HOLLAND,
SECTION EDITORS)



A Review of Overlapping Landscapes: Pseudoreplication or a Red Herring in Landscape Ecology?

Benjamin Zuckerberg¹ • Jeremy M. Cohen¹ • Laura A. Nunes¹ • Jacy Bernath-Plaisted¹ • John D. J. Clare¹ • Neil A. Gilbert¹ • Sofia S. Kozidis¹ • Scott B. Maresh Nelson¹ • Amy A. Shipley¹ • Kimberly L. Thompson¹ • André Desrochers²

© Springer Nature Switzerland AG 2020

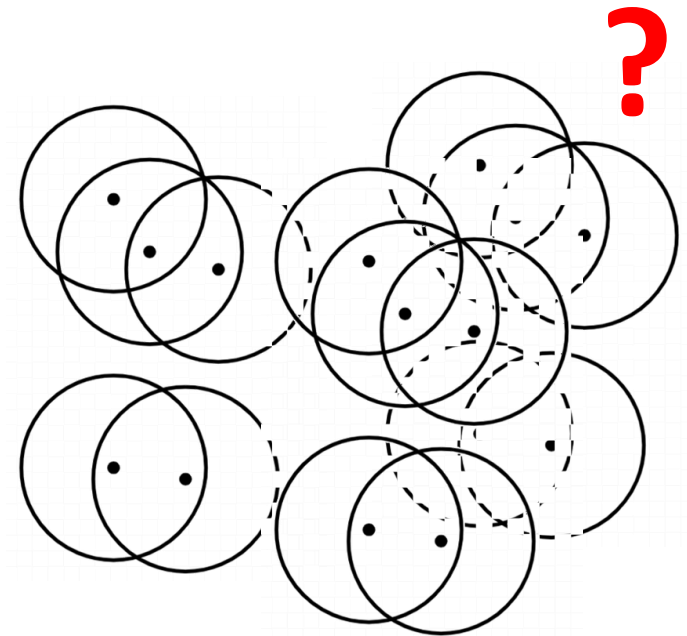
Abstract

Purpose of Review Identifying the spatial scale at which a species or population most strongly responds to habitat composition and configuration is known as scale-of-effect and is a fundamental pursuit of landscape ecology. In conducting scale-of-effect studies, it is common to measure habitat in landscape buffers of varying sizes surrounding sample sites. When sample sites are in close spatial proximity to one another, these landscape buffers will overlap. Researchers commonly worry that data generated from these overlapping landscapes, and subsequently used as predictor variables in statistical modeling, represent a form of pseudoreplication that violates the assumption of independence.

Recent Findings Here, we review the concept of overlapping landscapes and their theoretical and practical implications in landscape ecology. We suggest that the perceived problem of overlapping landscapes is distinct from more important issues in landscape ecology, such as a robust sampling design complete with a discrete assessment of spatial autocorrelation. Through simulation, we demonstrate that changing the amount of landscape overlap does not alter the degree of spatial autocorrelation. Yet, in reviewing over 600 journal articles, we found that a third (29%) of the studies perceived overlapping landscapes as an issue requiring either changes in sampling design or statistical solutions. Researchers concerned with overlapping landscapes often go to great lengths to alter their sampling design by removing or aggregating sites. Overlapping landscapes remain a prevalent concern in landscape ecology despite previous studies that show that overlapping landscapes are not a violation of independence and represent an oversimplification of the statistical concerns of spatial autocorrelation.

Summary The concern over overlapping landscapes as a form of pseudoreplication persists in landscape ecology, but acts as a potential red herring detracting from more relevant concerns of proper sampling design and spatial autocorrelation in ecological studies.

A **falta de independência** nas **variáveis explicatórias** não é relevante, mas **sim a falta de independência** entre as **variáveis resposta**!

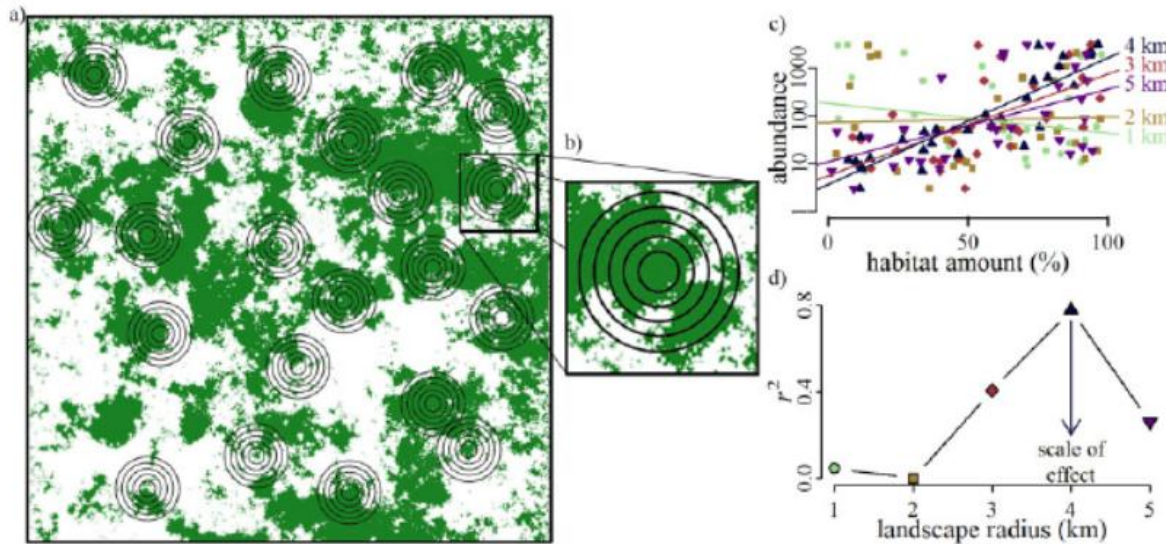


Fletcher & Fortin, 2018

Escala de Efeito

Medir a estrutura da paisagem em uma escala ideal

Leitura indicada!



Traits das espécies

- Mobilidade
- Home range
- Capacidade de Dispersão (4 a 9x)

Escala de efeito: a escala (geralmente a extensão considerada envolta da unidade amostral) na qual a maior parte da variabilidade é explicada (escala característica). A relação espécie-paisagem pode ser perdida se a estrutura da paisagem não for medida na escala que **tem seu efeito mais forte**.

Uso do espaço

Escala de Efeito – Como é feita?

- Análise de correlação (R) ou força (R^2) entre as variáveis de paisagem medidas em diferentes escalas e as variáveis resposta
- Seleção de modelos baseada no critério de Akaike


Programa R tem pacote para isso

Landscape Ecol
<https://doi.org/10.1007/s10980-018-0657-5>



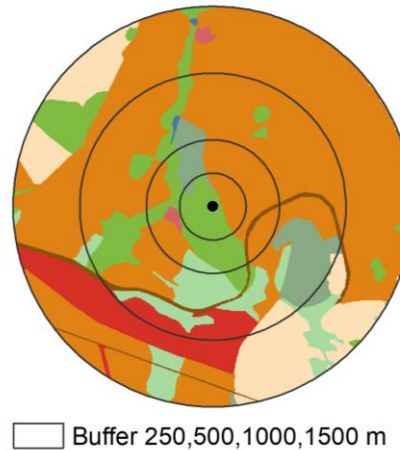
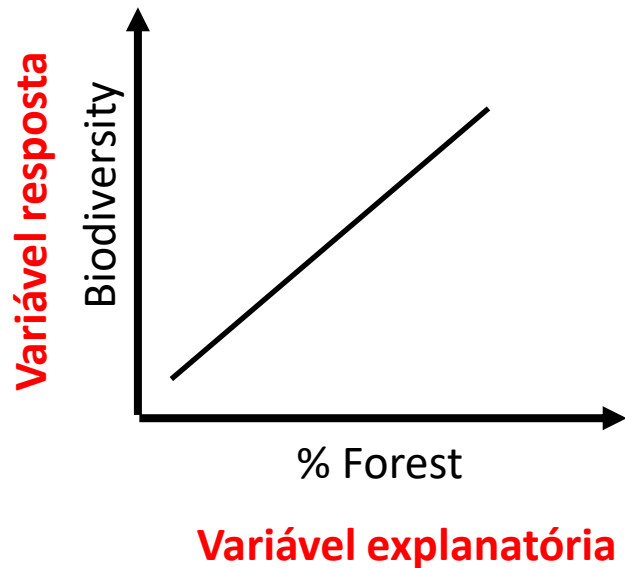
SHORT COMMUNICATION

multifit: an R function for multi-scale analysis in landscape ecology

Pablo Yair Huais 

Resumo

- O que é Ecologia de Paisagem?
- Heterogeneidade
- % de floresta (quantidade de habitat, habitat amount)
- Análise multi-escala e escala de efeito
- Tipos de desenhos para estudo de paisagem



- Sampling site