

Ecologia da Paisagem: Conceitos e Abordagens



Amazônia Probio Project (FUNCATE/INPE, 2005)

Padrões e Processos em Dinâmica
de Uso e Cobertura da Terra

Maria Isabel Sobral Escada
isabel@dpi.inpe.br

Estrutura

- **Ecologia da Paisagem**
 - Conceitos
 - Abordagem geográfica
 - Abordagem ecológica
- **Padrões e Processos**
- **Estrutura da Paisagem**

<http://eco.ib.usp.br/lepac/>

O que é Paisagem?

Noções comuns de paisagem:

- visual (algo que se "vê")
- Visão estética (algo "bonito")
- amplitude (vista, conjunto de elementos)- distanciamento, onde não estamos
- áreas abertas (sítio campestre)



Escada, 2010 – Flam, Noruega

Noções comuns de paisagem:

- visual (algo que se "vê")
- Visão estética (algo "bonito")
- amplitude (vista, conjunto de elementos)- distanciamento, onde não estamos
- áreas abertas (sítio campestre)





Fig. 1: Alexander von Humboldt's expedition 1799–1804

----- Itinerary (3/1803 = March/1803)

—— Borders of the independent countries

----- Borders of a Vice-Kingdom

Ecuador Name of an independent country
(Year of independence)

Peru Name of a Vice-Kingdom

 Portuguese colony

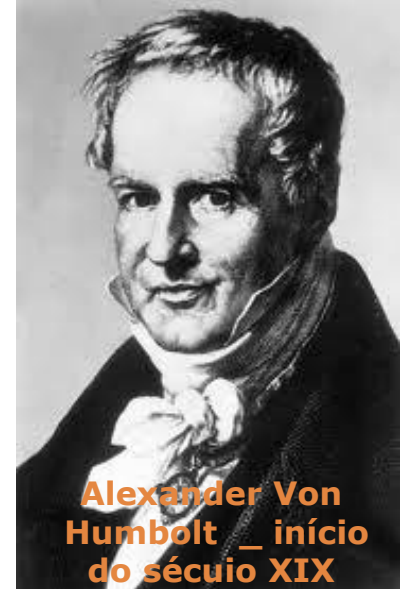
 Spanish colony

Design: G. Kohlhepp 2004

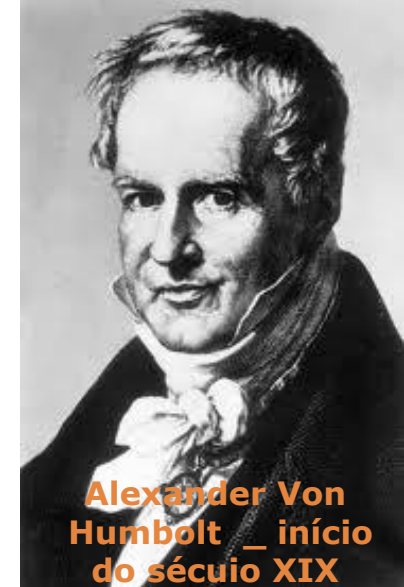
Source: PETERMANN 1889, Plate 16;
STEVENS 1959, Fig. 2 and 3;
and author's modifications

Cartography: R. Szydiak

0 500 1000 1500 2000 km



Alexander Von Humboldt – início do século XIX



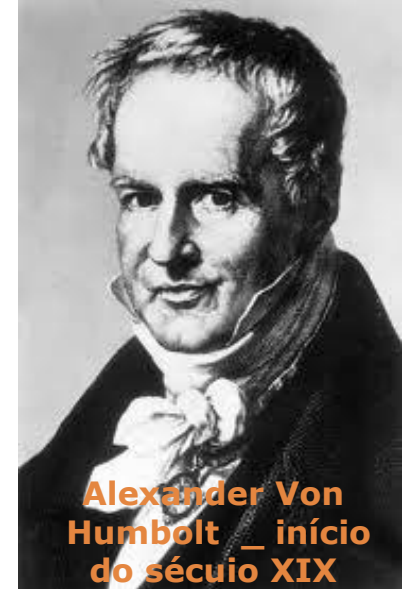
Mapa do trajeto Expedição Humboldt 2000

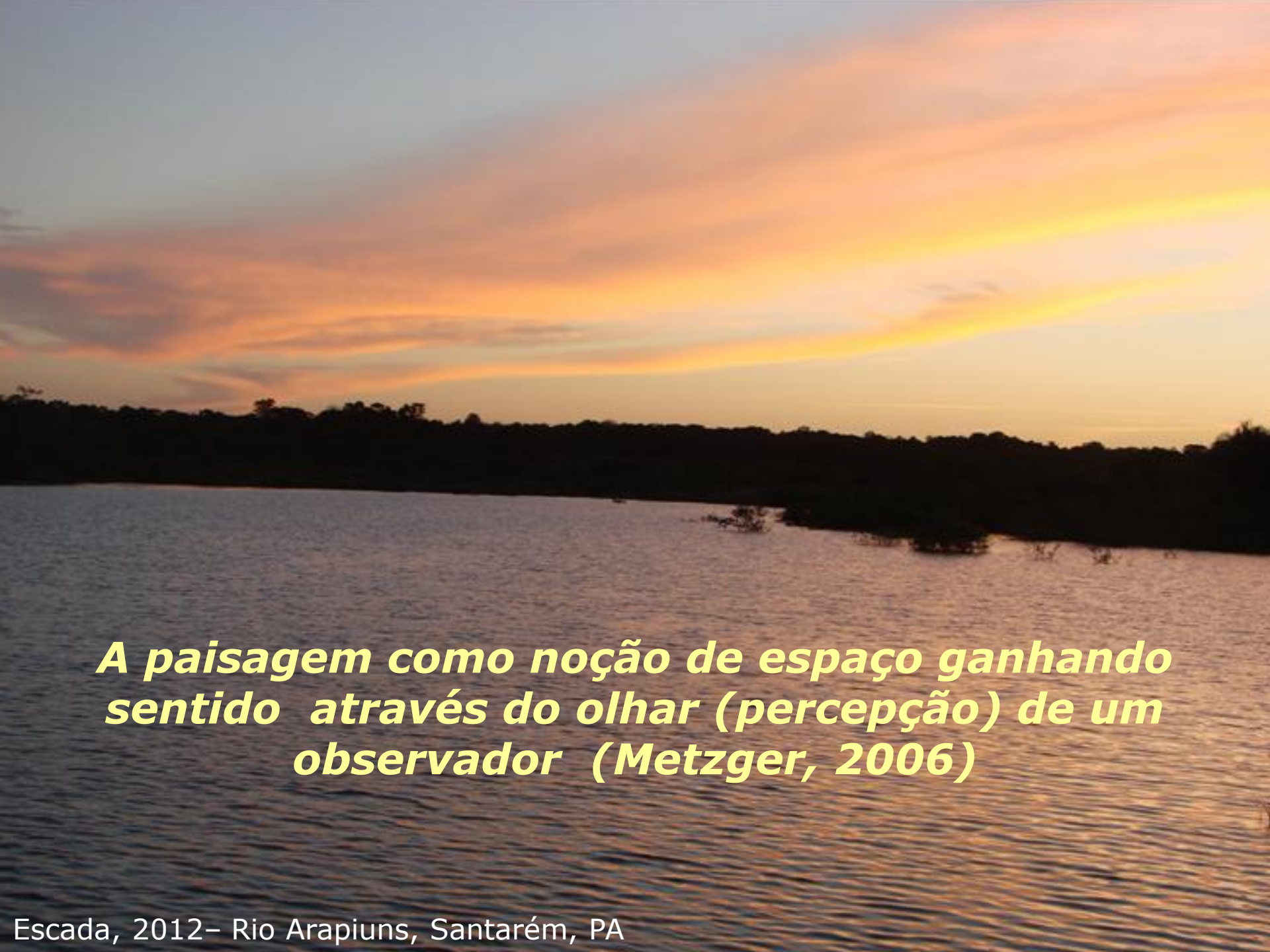
<https://vimeo.com/video/72242274>

A Expedição Humboldt coordenada pelo Núcleo de Estudos Amazônicos do Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares da Universidade de Brasília (NEAz / CEAM / UnB) em parceria com a Universidade Simon Bolivar, da Venezuela ocorreu entre 01 setembro e 03 novembro de 2000, quando se completaram 200 anos da viagem de Alexander von Humboldt aos rios Orinoco e Negro e ao canal do Cassiquiare.

Conceitos

- ***Paisagem*** – início do Século XIX – Alexander Von Humboldt – Landchaft – conotação geográfico-espacial – totalidade do espaço de vida humano- Biosfera, geosfera e noosfera.
- ***Ecologia da Paisagem*** - Termo cunhado por Troll em 1939 (uso da terra, fotografia aérea). Tansley, 1935 – Ecossistema.
- Caráter interdisciplinar – sistema natural, rural e urbano.





***A paisagem como noção de espaço ganhando
sentido através do olhar (percepção) de um
observador (Metzger, 2006)***

Revisões Temáticas • Biota Neotrop. 1 (1-2) • 2001 • <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>

 COPIAR

6 O que é ecologia de paisagens?

Jean Paul Metzger

AUTORIA

SCIMAGO INSTITUTIONS RANKINGS

» Resumos

» Text

» Datas de Publicação

» Histórico

Resumos

A ecologia de paisagens é uma nova área de conhecimento dentro da ecologia, marcada pela existência de duas principais abordagens: uma geográfica, que privilegia o estudo da influência do homem sobre a paisagem e a gestão do território; e outra ecológica, que enfatiza a importância do contexto espacial sobre os processos ecológicos, e a importância destas relações em termos de conservação biológica. Estas abordagens apresentam conceitos e definições distintas e por vezes conflitantes, que dificultam a concepção de um arcabouço teórico comum. Nesse trabalho, proponho uma definição integradora de paisagem como sendo "um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação". Esse "mosaico heterogêneo" é essencialmente visto pelos olhos do homem, na abordagem geográfica, e pelo olhar das espécies ou comunidades estudadas na abordagem ecológica. O conceito de paisagem proposto evidencia ainda que a paisagem não é obrigatoriamente um amplo espaço geográfico ou um novo nível hierárquico de estudo em ecologia, justo acima de ecossistemas, pois a escala e o nível biológico de análise dependem do observador e do objeto de estudo. A ecologia de paisagens vem promovendo uma mudança de paradigma nos estudos sobre fragmentação e conservação de espécies e ecossistemas, pois permite a integração da heterogeneidade espacial e do conceito de escala na análise ecológica, tornando esses trabalhos ainda mais aplicados para resolução de problemas ambientais.

Ecologia de paisagens; paisagem; heterogeneidade; escala; conservação

<https://www.scielo.br/j/bn/a/Jbchd6rjY35PGkY5BHPz63S/>

Conceitos científicos atuais de Paisagem

- “Total spatial and visual entity of **human** living space” Carl Troll (biogeógrafo alemão, 1939) – Espacialidade heterogeneidade do espaço.
 - Geografia (Paisagem) e Biologia (Ecologia) – Relações Horizontais e Verticais
- Uma área heterogênea composta por um conjunto de ecossistemas que interagem entre si e que se repetem no espaço (Forman and Godron, 1986).
- Um mosaico heterogêneo de formas, tipos de vegetação e usos da terra (Urban et al. 1987).
- A spatially heterogeneous area (Turner 1989)

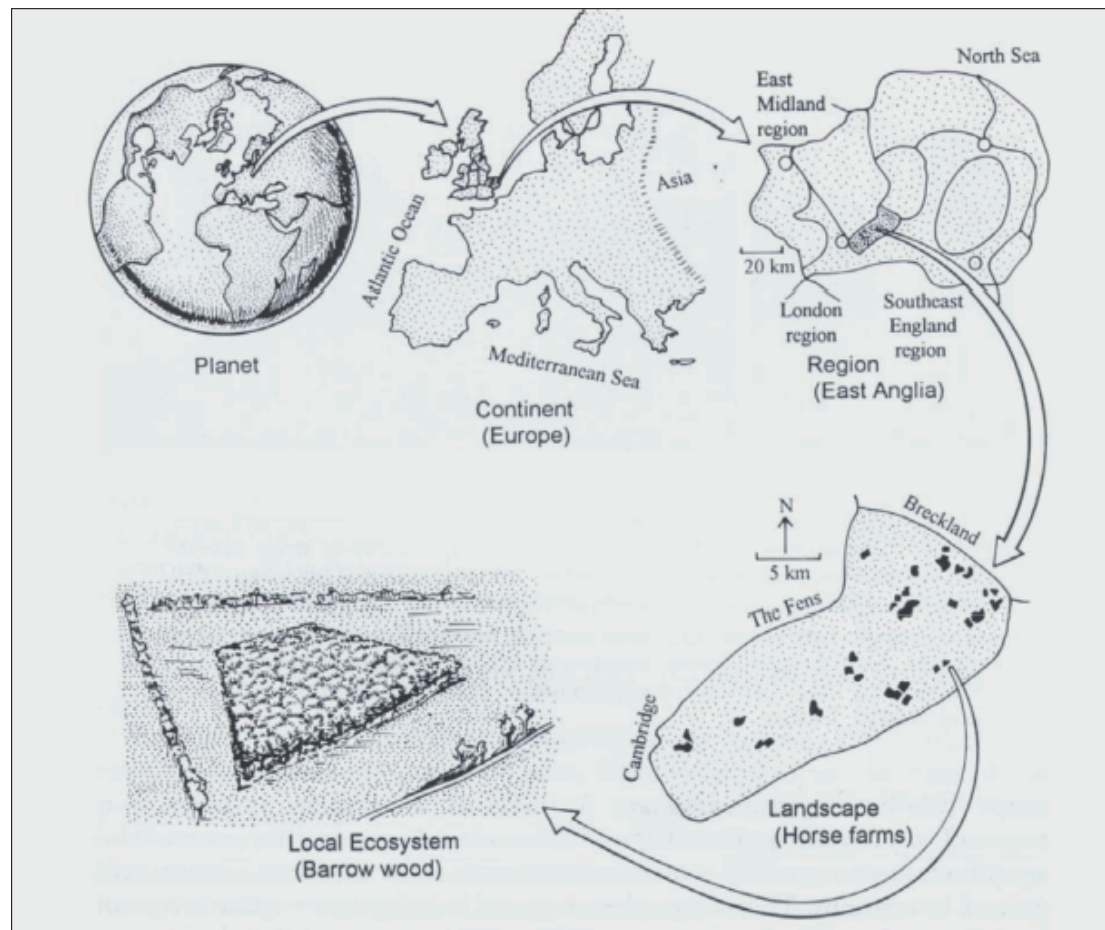
Conceitos

- A paisagem é um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas. Esta heterogeneidade existe para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala” (Metzger, 2006)
- Ponto de vista do Homem
- Ponto de vista de outras espécies

Paisagem

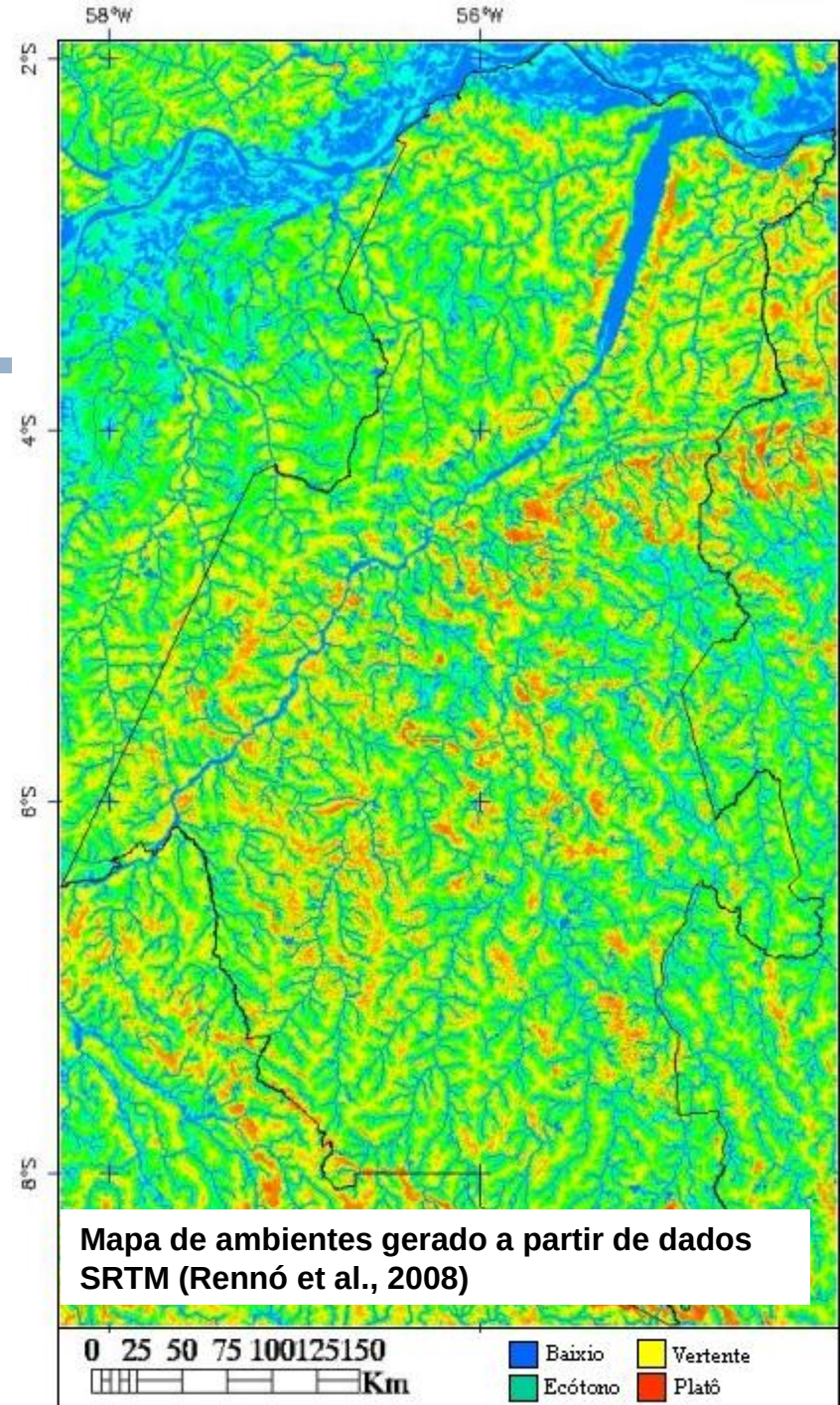
- Paisagem do ponto de vista humano e sua Hierarquia espacial

- Biosfera
- Continente
- Região (main Landscape)
- Paisagem (land facet – land system)
- Ecossistema local ou uso da terra (ecótopo)



Fontes de heterogeneidade da Paisagem

- Heterogeneidade do ambiente físico (topografia, solos, umidade, dinâmica hidrogeomorfológica);



Fontes de heterogeneidade da Paisagem

- Perturbações antrópicas (desmatamento/fragmentação, criação de estradas, reservatórios...).



Fontes de heterogeneidade da Paisagem

- Regime de perturbações (fogo , tornado, ciclone “bomba”, terremotos, pestes);



Fontes de heterogeneidade da Paisagem

- Descontinuidades ambientais e perturbação natural ou antrópicas:
 - Maior diversidade de paisagens
 - favorecem espécies mais generalistas, predadoras e parasitas.

- Ausência de perturbação: Paisagens homogêneas – espécies mais especialistas.

Ecologia da paisagem

- "Interdisciplinary science dealing with the **interrelation between human society and its living space** (its open and buildt-up landscapes)" (Naveh and Lieberman, 1994)
=> noção de "total human ecosystem".

Ecologia da paisagem

- “ The study of the **structure, function, and change** in a heterogeneous land area composed of interacting ecosystems (Forman and Godron 1986)”;
- "Landscape ecology considers the development and dynamics of **spatial heterogeneity, spatial and temporal interactions** and exchanges across heterogeneous landscapes, influences of spatial heterogeneity on biotic and abiotic processes and management of spatial heterogeneity" (Risser et al. 1984);

Ecologia de Paisagens

Abordagem geográfica - Homem e espaço: soluções ambientais

- Planejamento da ocupação territorial – Limites e potencialidades do uso econômico de cada unidade da paisagem;
- Estudo de unidades de paisagem modificadas pelo homem;
- Análise de amplas áreas, macro-escala, análise espaço-temporal.

Ecologia de Paisagens

Abordagem geográfica

- “a new holistic, problem-solving approach to resource management”. “O todo é mais que a soma das partes”- vez por Smuts (1926, 1971; apud Naveh e Lieberman [89]) e foi introduzido na Ecologia por Egler (1942; apud Naveh e Lieberman [89]) como um conceito sobre a ordem hierárquica da natureza.
- Disciplina integradora (geologia, biologia, sociologia, etc.), holística e mais próxima da ecologia humana.
- Analisa a influência do Homem sobre a paisagem voltada para o planejamento territorial – ênfase na macro-escala.
 - Paisagem pela visão humana, voltada para problemas de gestão territorial.
- Unidades da Paisagem: Unidades de Ocupação/Uso da terra.

Abordagem Geográfica

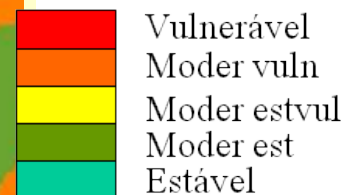
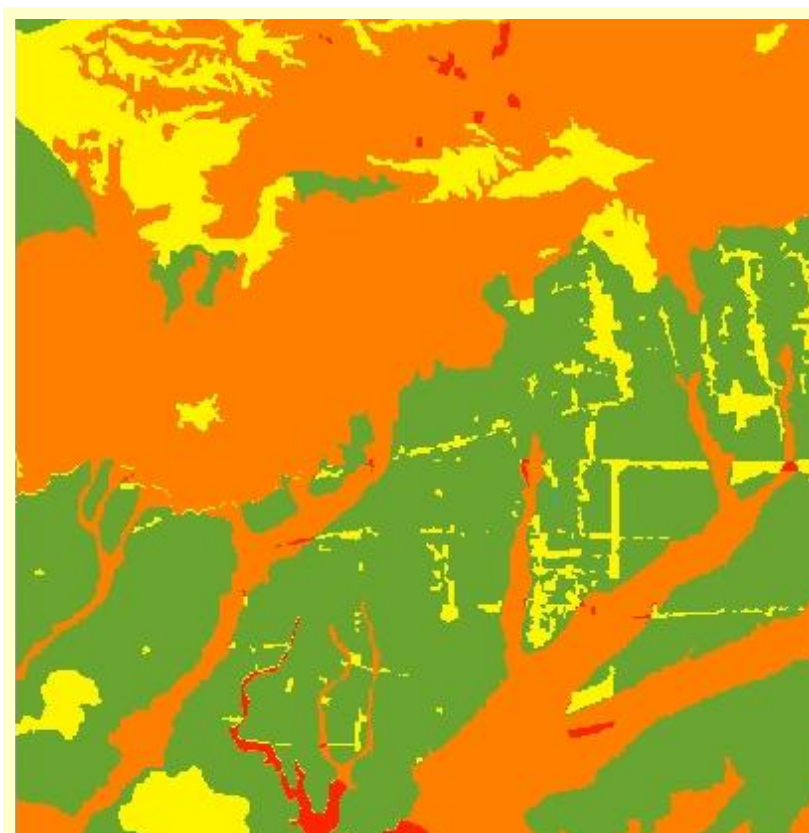
- O exemplo do ZEE na Amazônia Legal (Becker & Egler, 2000)
- Utilizam conceitos da Ecodinâmica de Tricart (1977) para atribuir valores relativos de vulnerabilidade às classes temáticas – Morfogênese/pedogênese.
- UTB – Unidade Territorial Básica (clima, vegetação, uso da terra, relevo, solo, geomorfologia, geologia, socio-economia).

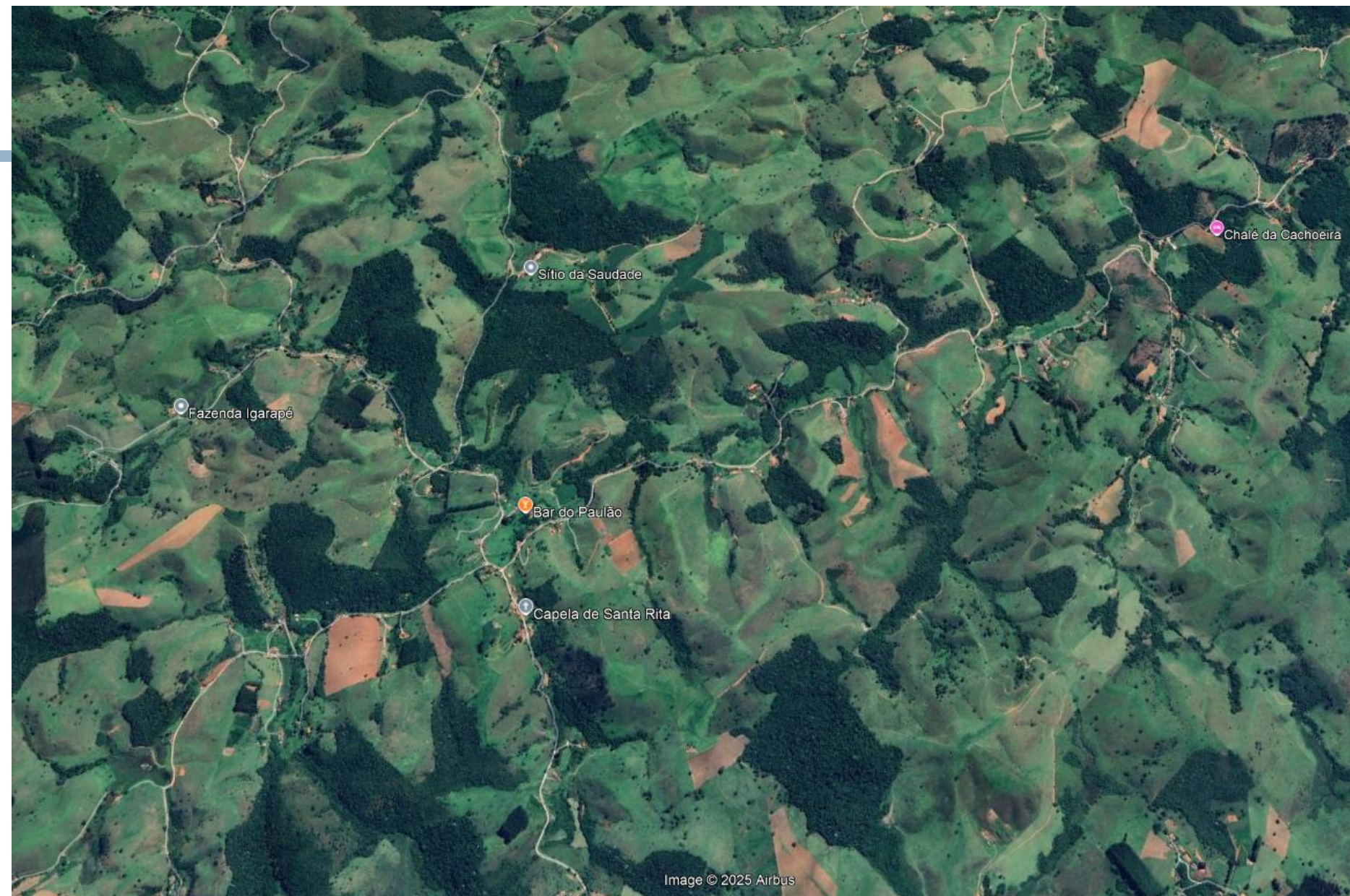
Metodologia desenvolvida a partir do conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), baseado na relação morfogênese/pedogênese

Mapa de Vulnerabilidade à Erosão

Média			Grau de Vulnerabilidade
	3		VULNERÁVEL
	2.9		
	2.8		
V	2.7		
U	2.6		MODERADAMENTE VULNERÁVEL
L	2.5	E	
N	2.4	S	
E	2.3	T	
R	2.2	A	MEDIANAMENTE ESTÁVEL/VULNERÁVEL
A	2.1	B	
B	2.0	I	
I	1.9	L	
L	1.8	I	MODERADAMENTE ESTÁVEL
I	1.7	D	
D	1.6	A	
A	1.5	D	
D	1.4	E	ESTÁVEL
E	1.3		
	1.2		
	1.1		
	1.0		

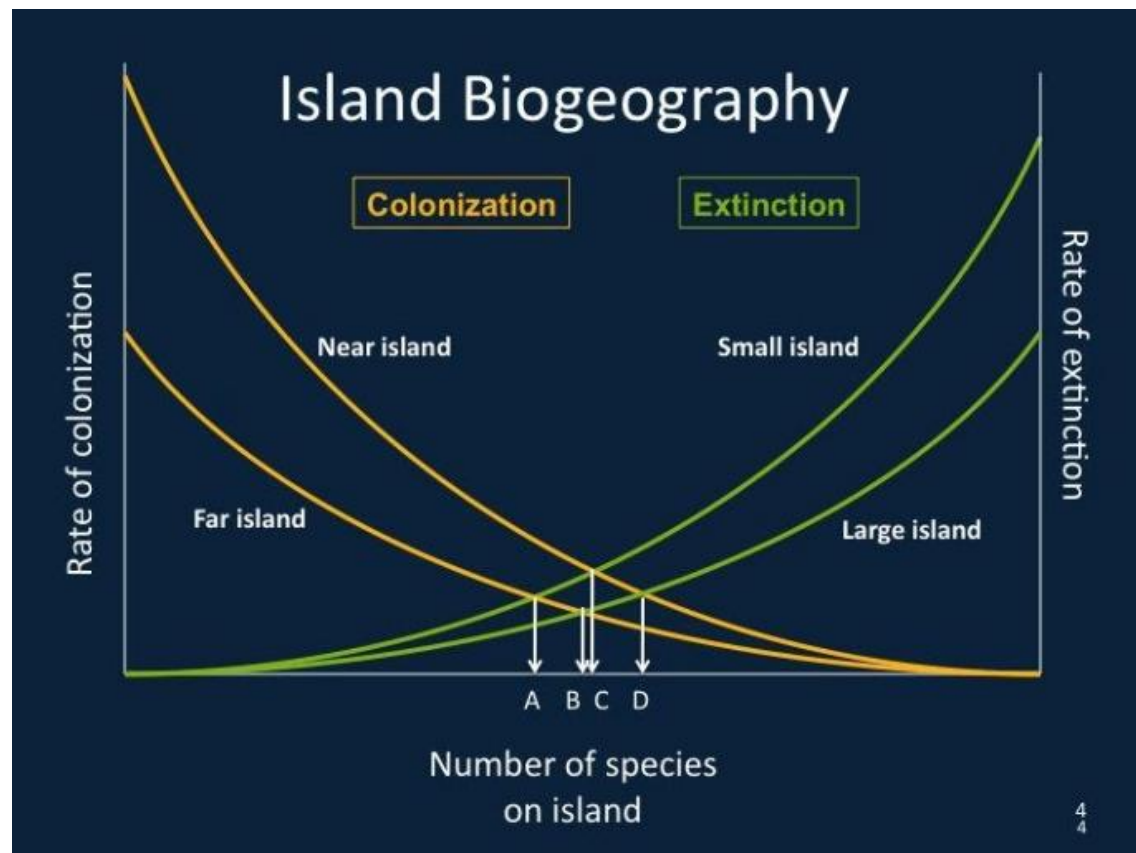
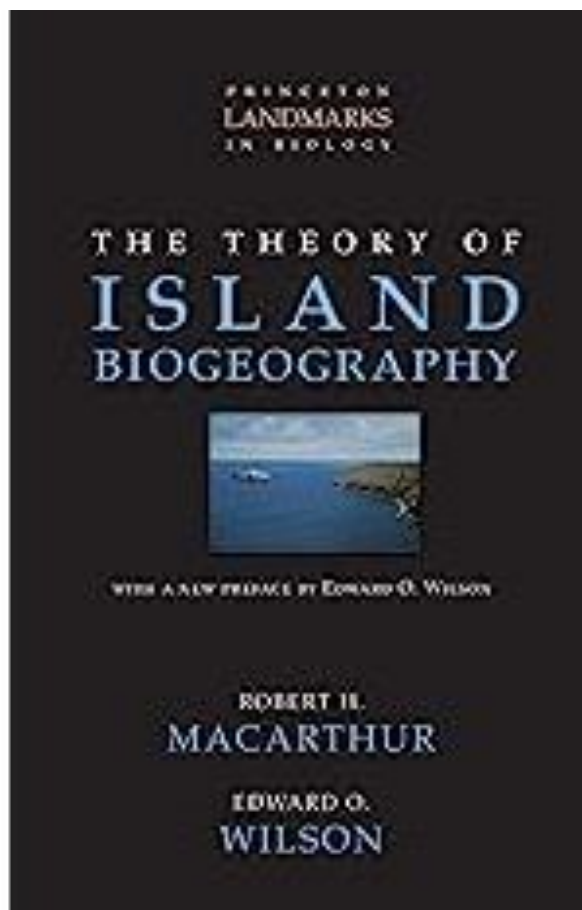
Classes de vulnerabilidade/estabilidade do ZEE
 (modificado de Crepani et al., 1998).





Teoria foi a base para a criação de áreas de conservação

Teoria de Biogeografia de Ilhas



Ecologia da Paisagem

Abordagem ecológica – estudos bio-ecológicos

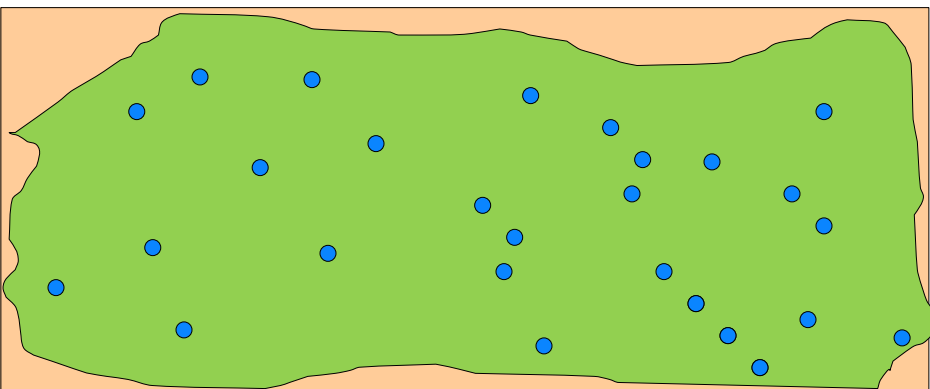
- Enfatiza a **estrutura e a dinâmica de mosaicos heterogêneos** e seus efeitos sobre os processos ecológicos;
- A escala de investigação está relacionada com a escala de **percepção da espécie** estudada;
- É uma ecologia espacialmente explícita que focaliza **padrões e interações** num mosaico todo;
- Paisagem pela visão ecológica, voltada para problemas de **conservação**
- Unidade de Paisagem: **Habitat**

Abordagem Ecológica



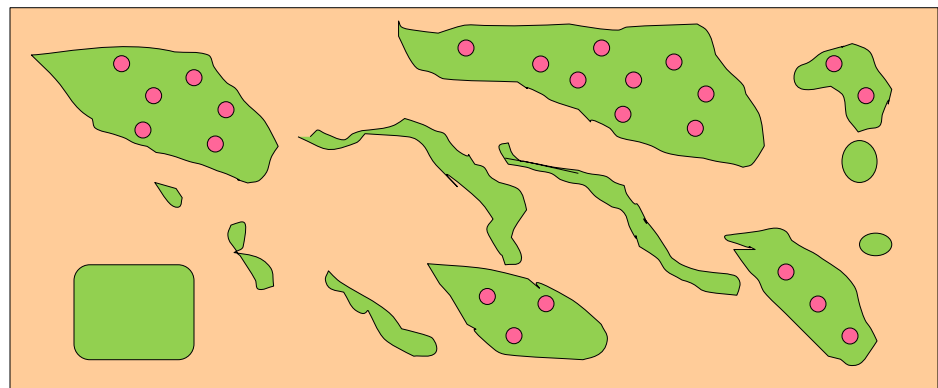
- Paisagem: Área heterogênea com **conjunto interativo de ecossistemas** (manchas, corredores e matrizes).
- Objetivo da ecologia da paisagem:
 - investigar a **influência de padrões espaciais sobre os processos ecológicos**

Metapopulação

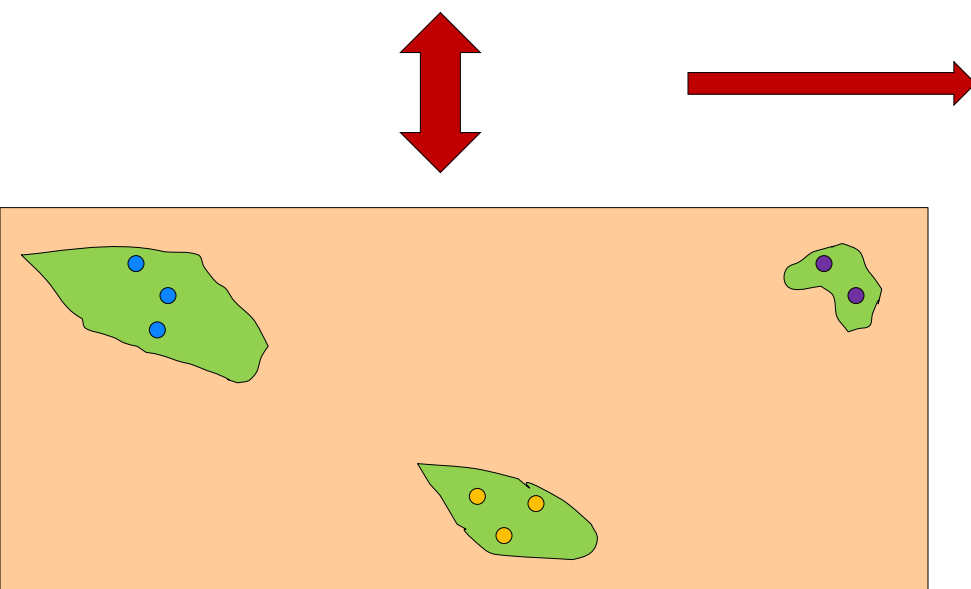


População

Metapopulação



Populações



Abordagem Ecológica

- Arcabouço teórico: Teoria de Ilhas, teoria de metapopulações (Biogeografia de Ilhas - MacArthur, R.H. and Wilson, E.O; 1967)
 - Comunidades insulares são mais pobres em espécies do que as comunidades continentais;
 - A riqueza aumenta com o tamanho da ilha;
 - A riqueza diminui com o aumento do isolamento da ilha.

equilíbrio dinâmico entre as taxas de extinção e de imigração

Abordagem Ecológica

- Lida com as mesmas questões da ecologia (de populações, comunidades, ecossistemas), mas inserindo-as no contexto espacial

- Analisa padrão espacial/Processo Ecológico: Ex: Tamanho dos fragmentos, isolamento e conectividade, influenciam processos:
 - Risco de extinção, migração e recolonização

Abordagem Geográfica X Ecológica

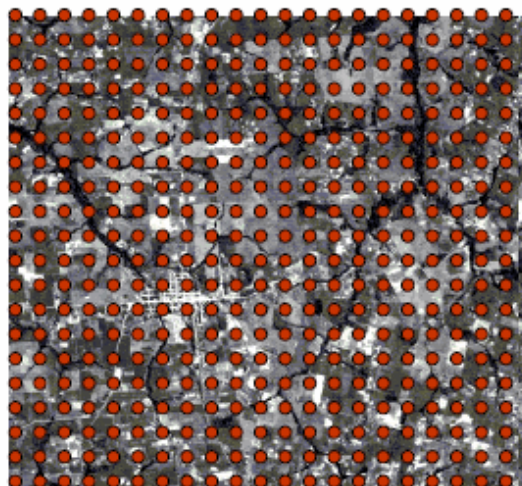
	<i>Escola Geográfica Européia</i>	<i>Escola Ecológica (USA)</i>
Início	1940-1950	1980
Influência	(Bio)-Geógrafos	Ecólogos
Disciplina	Integradora, holística	Monodisciplinar, reducionista
Foco	Relação do Homem com a paisagem	Padrões espaciais e processos ecológicos
Paisagens	Culturais	Naturais
Aplicação	Planejamento territorial	Consevação da biodiversidade
Instrumento	Fotografias	Imagens

Paisagem (abordagem ecológica)

- Pode se apresentar sob forma de mosaico ou de gradientes.
 - Mosaico – uma paisagem que apresenta uma estrutura contendo mancha, corredores e matriz (pelo menos dois desses elementos).
 - Gradiente – Estrutura de superfície contínua.

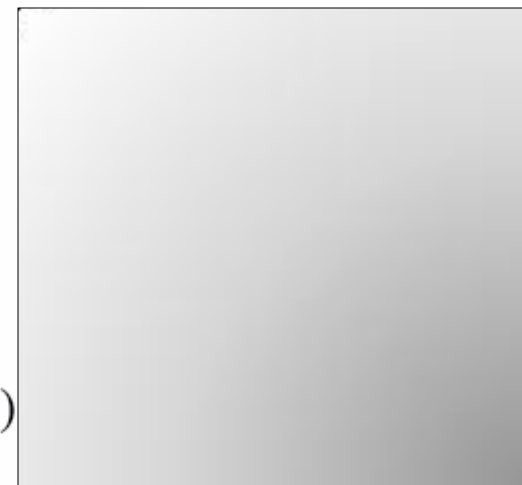


Heterogeneidade da paisagem com dados contínuos

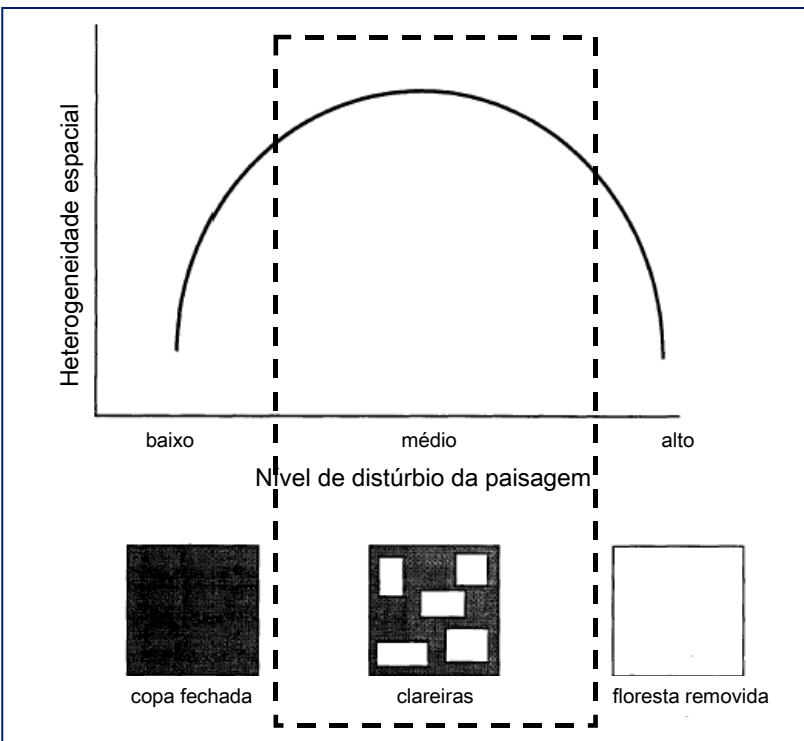


- Point-data analysis
- Dados:
 - variáveis contínuas
 - ex.: NDVI, DN das bandas
- Métricas (geoestatística):
 - auto-correlação espacial (correlogramas, semivariogramas)
 - kriging
 - wavelet

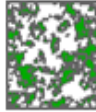
Representação: Gradiente



Gradientes e Função



Fonte: Lambin (1999)

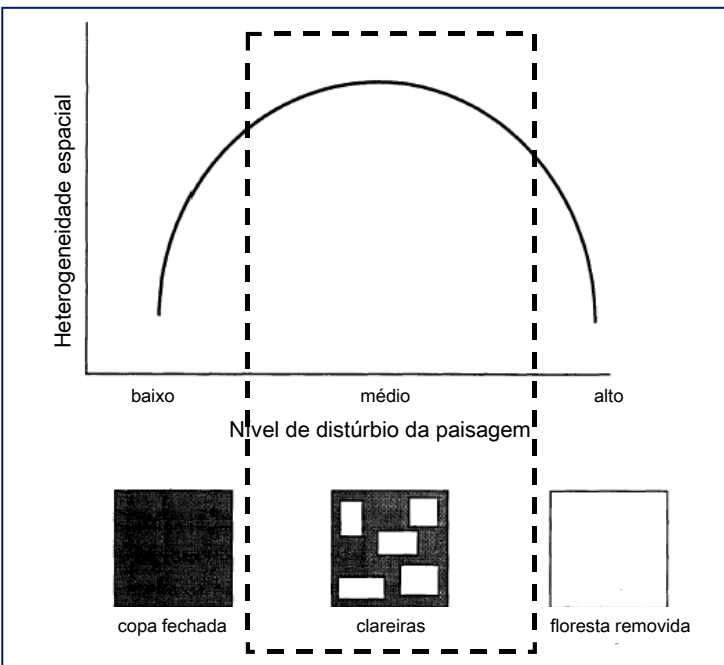
Nível de distúrbio	Cobertura da terra dentro da célula	Descrição das células
Inexistente		100% preenchida por floresta.
Baixo		Mais do que 75% preenchida por floresta e/ou água, com um pequeno número de manchas difusas de desmatamento.
Baixo-Médio		Até 75% preenchida por floresta e/ou água, com um maior número de manchas de desmatamento, das quais poucas apresentam um formato geométrico.
Médio		Até 50% preenchida por floresta e/ou água, aumento no número de manchas de desmatamento geométricas e áreas consolidadas.
Médio-Alto		Até 25% preenchida por floresta e/ou água, onde as manchas geométricas e multidirecionais começam a dominar a célula.
Alto		Menos de 5% preenchida por floresta e/ou água, dominada por manchas geométricas ou consolidadas de desmatamento, com um grande número de fragmentos florestais.

Camilotti, 2016

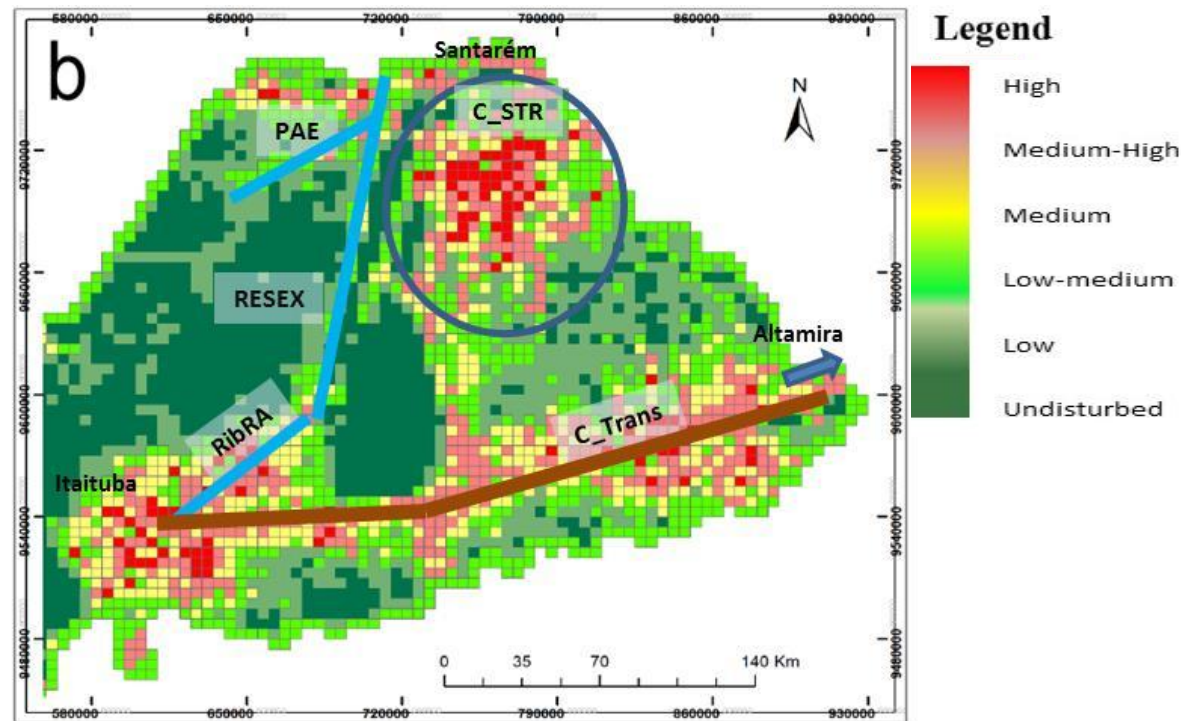
CAMILOTTI, V. L. **Recursos florestais extrativistas em comunidades no sudoeste do Pará: uso, importância e características da paisagem.** 2016. 201 p. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3LRK3K5>>.

Gradientes e Função

Gradiente de Distúrbio: região de Santarém e Transamazônica

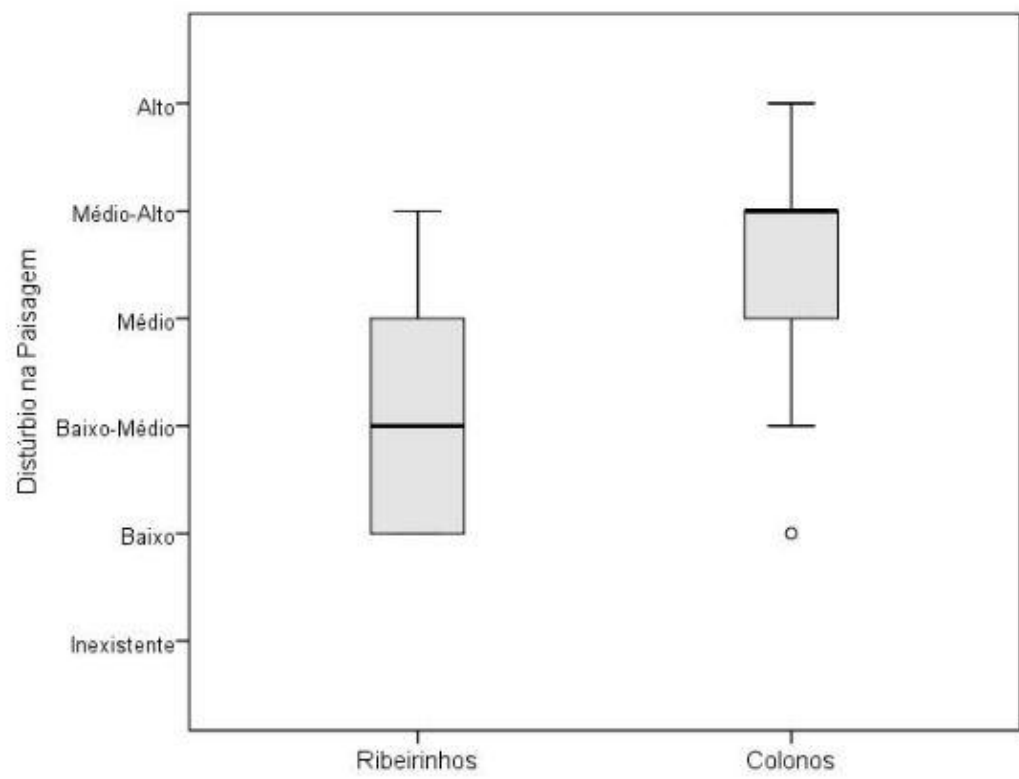


Fonte: Lambin (1999)



Camilotti, 2016

Figura 3.4 - Distúrbio na paisagem das comunidades de ribeirinhos e colonos quando analisados como dois grandes grupos.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

CAMILOTTI, V. L. **Recursos florestais extrativistas em comunidades no sudoeste do Pará: uso, importância e características da paisagem**. 2016. 201 p. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3LRK3K5>>.

Percepção de importância dos PEVAS com relação ao nível de distúrbio na paisagem

Componentes	Fatores	Variáveis
Uso de PEVA		Número de espécies
Categorias de PEVA		Frutos
		Caça
		Artesanato
		Madeira
		Medicinais
		Mel
Importância dos PEVA	Grau de importância para consumo e renda	Sem importância, baixo, médio, alto
Mudança no estoque		Aumento/declínio dos PEVA
	Causa das mudanças	Aberto

Locais	Importância para consumo						
	N comun	Correlação	P	Distúrbio		Índice	
				Média	DP	Média	DP
Área total	70	-0,587	< 0,0001	3,730	0,953	2,326	0,604
Arapiums	32	0,092	0,6155	3,104	0,632	2,881	0,214
Traj 1 e 2	38	-0,223	0,1778	4,203	0,885	1,857	0,386

Locais	Importância para renda						
	N comun	Correlação	p	Distúrbio		Índice	
				Média	DP	Média	DP
Área total	86	-0,421	< 0,0001	3,589	0,925	0,907	0,515
Arapiums	47	0,166	0,264	3,056	0,573	1,238	0,311
Traj 1 e 2	39	0,013	0,934	4,173	0,896	0,484	0,425

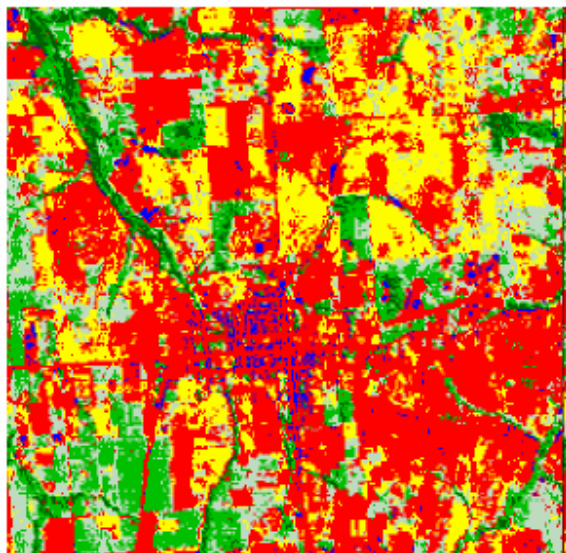
PEVA - Importância para (valor mín. = 0; máx. = 3)				
Parâmetros	Consumo		Renda	
	Arapiums	Traj. 1 e 3	Arapiums	Traj. 1 e 3
Média	2,87	1,85	1,2	0,5
DP	0,21	0,38	0,32	0,42
Mann-Whitney	p= 5,327 e-12		p= 1,617 e-11	

Questionários : uso de Produtos Extrativistas Vegetal e Animal

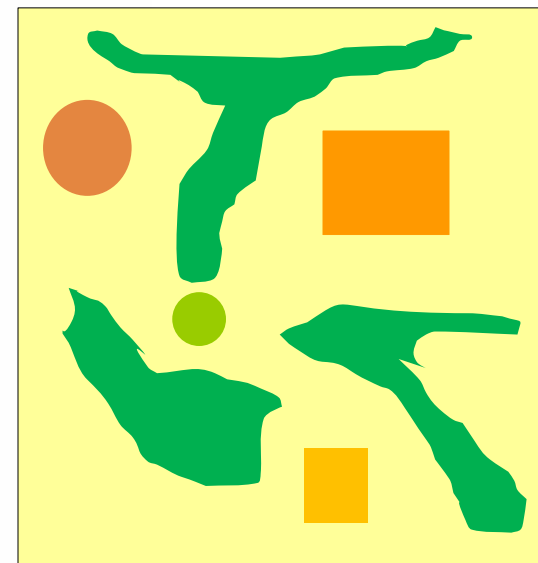
Camilotti , 2016

Heterogeneidade da paisagem com dados categóricos

**Representação:
Manchas/Mosaicos**

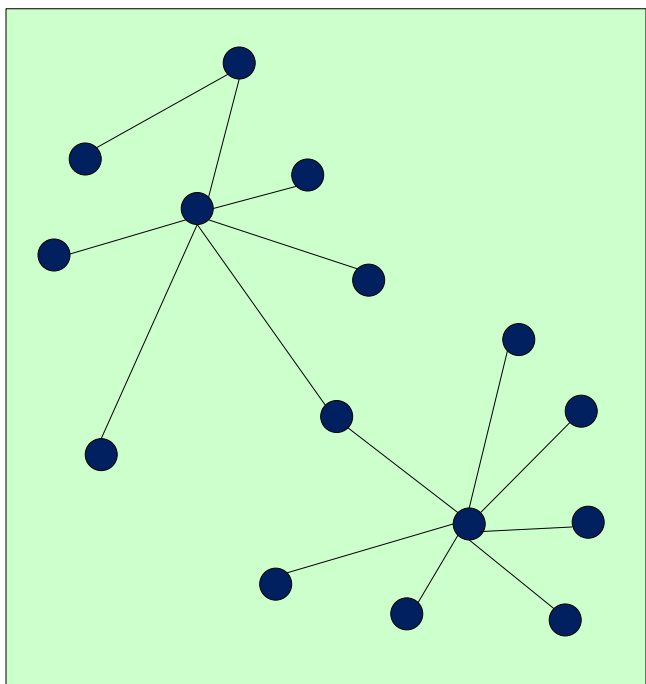


- Categorical analysis
- Dados:
 - variáveis discretas
 - ex.: imagens classificadas
- Métricas:
Índices de heterogeneidade,
fragmentação, isolamento,
conectividade....



Representação por redes

Redes



Baldwin et al, 2010

16 Modeling Ecoregional Connectivity

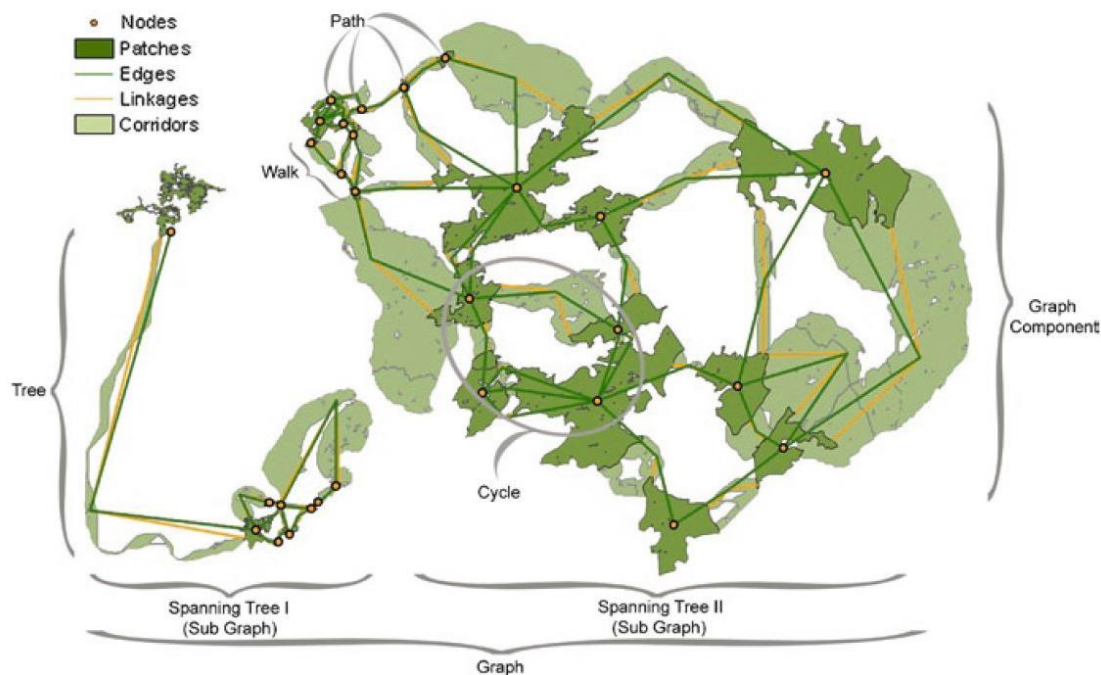


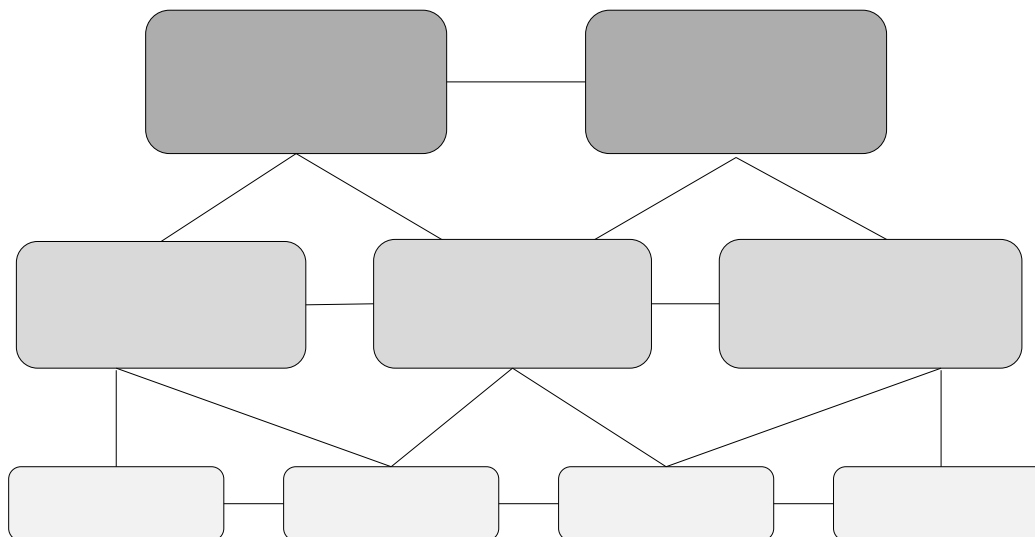
Fig. 16.1 A hypothetical landscape network, exemplifying the terms in Table 16.1

Teoria dos grafos – topologia e dinâmica das redes
Como a mudança na topologia influencia a dinâmica e funcionamento da paisagem

Ecologia Urbana (Alberti, 2006)

Representação: Rede Hierárquica

Elementos maiores,
taxas lentas



Elementos menores,
taxas altas

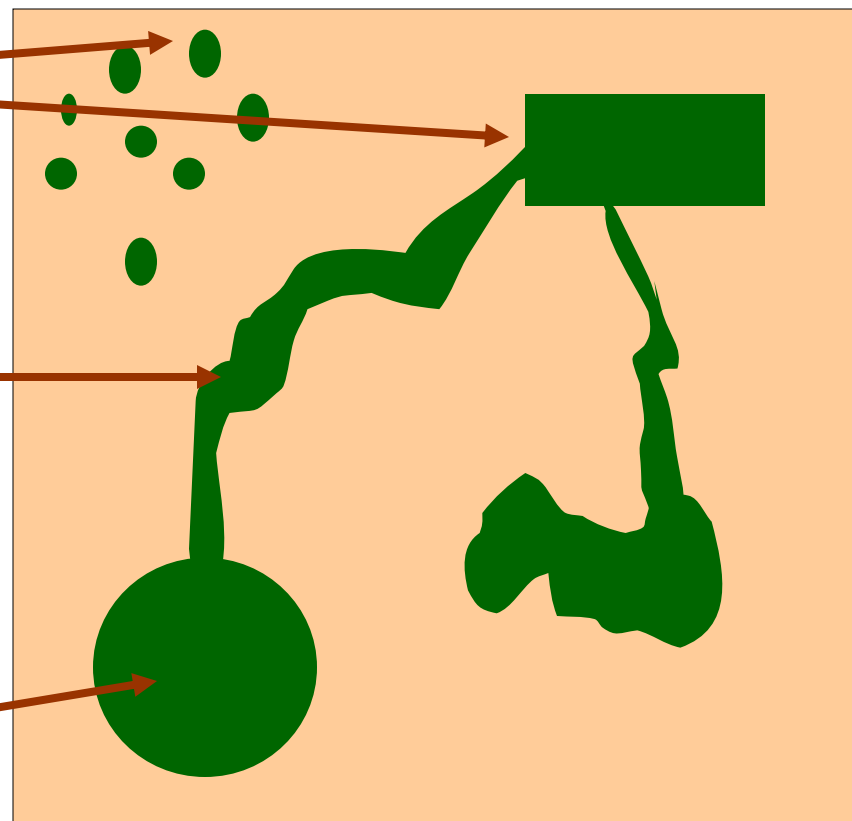
Hierarquia espacial aninhada escalas – Mosaico hierárquico de manchas

Estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre processos ecológicos

- **Imagens**
- **Métricas da paisagem (quantificação da estrutura da paisagem).**
- **Padrão espacial X processos ecológicos:**
 - **Propagação do fogo, dispersão de sementes, deslocamento de animais.**
 - **Fluxos hidrológicos, clima**

Conceito de patch-corridor-matrix

- **Mancha** - Área homogênea, restrita e não-linear da paisagem que se distingue das unidades vizinhas.
- **Corredor** - Área homogênea e linear da paisagem que se distingue das unidades vizinhas.
- **Matriz** - Unidade dominante da paisagem (espacial e funcionalmente); ou conjunto de unidades de não-habitat. Controla a dinâmica da paisagem.





Mancha

Matriz

Área agrícola

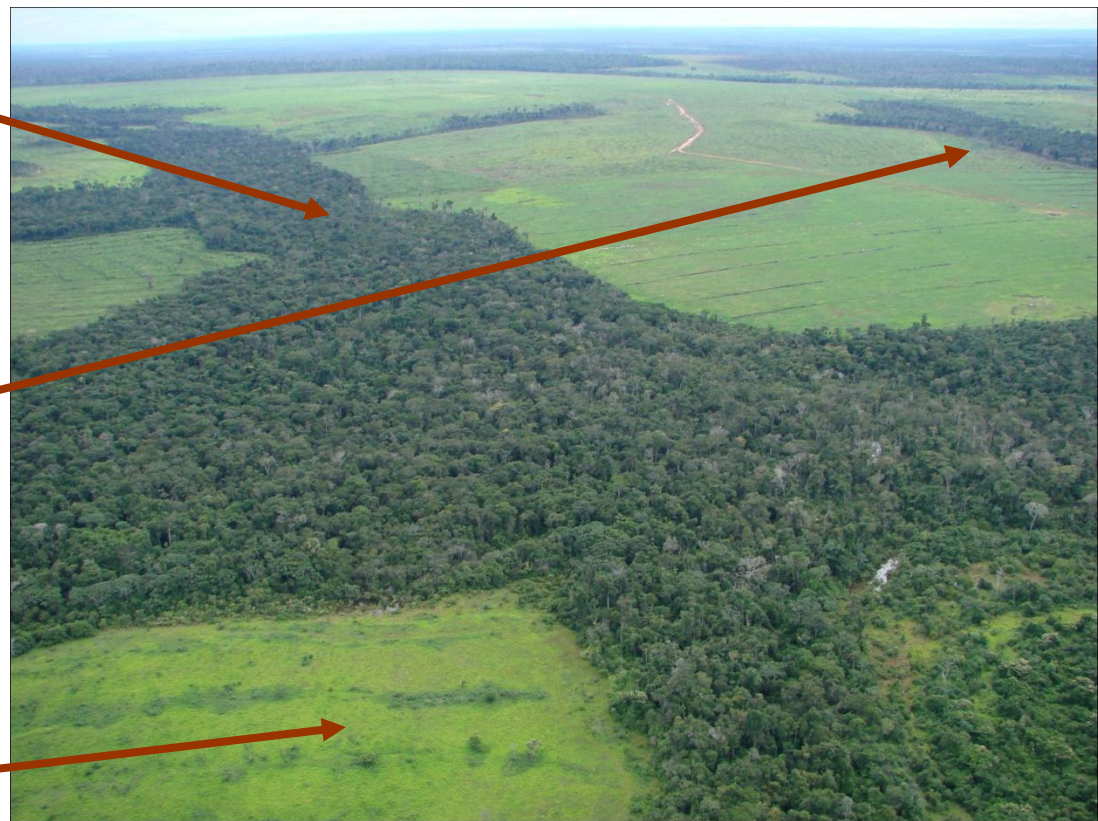
Corredor

Floresta

Mancha

Conceito de mancha-corredor-matriz

- Mancha - Área homogênea, restrita e não-linear da paisagem que se distingue das unidades vizinhas.
- Corredor - Área homogênea e linear da paisagem que se distingue das unidades vizinhas.
- Matriz - Unidade dominante da paisagem (espacial e funcionalmente); ou conjunto de unidades de não-habitat. Controla a dinâmica da paisagem.



Mosaico

- Uma paisagem que apresenta estrutura contendo manchas, corredores e matriz (pelo menos dois desses elementos)



Padrões e Processos

- A **forma** é o **aspecto visível do objeto**, referindo-se, ainda, ao seu arranjo, que passa a constituir um **padrão espacial**;
- A **função** constitui uma tarefa, atividade ou papel a ser desempenhado pelo objeto;
- A **estrutura** refere-se à maneira pela qual os objetos estão inter-relacionados entre si, não possui uma exterioridade imediata - ela é invisível, subjacente à forma, uma espécie de matriz na qual a forma é gerada;
- O **processo** é uma estrutura em seu movimento de transformação, ou seja, é uma ação que se realiza continuamente visando um resultado qualquer, ***implicando tempo e mudança***.

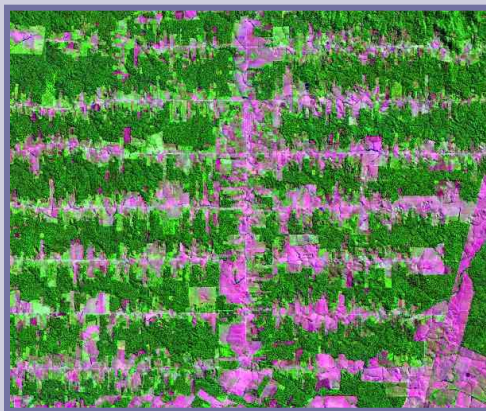
Medeiros, 1998

Processos

- Ecologia de Populações (natalidade, mortalidade, imigração);
- Interação entre populações (polinização, dispersão);
- Ecologia de comunidades (predação e competição);
- Ecologia de ecossistemas (produtividade, ciclagem e dispersão de nutrientes)

Como diferentes padrões de organização (unidades de paisagem) **espacial influenciam o funcionamento dos mosaicos ?**

Padrões e Processos



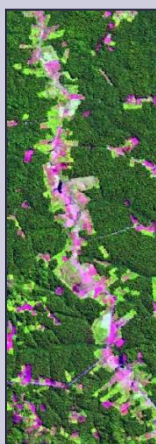
1. Bidirecional



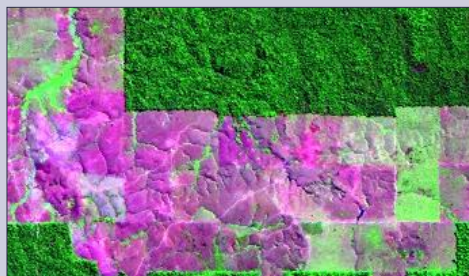
**2. Multidirecional
ordenado**



3. Dendrítica



4. Unidirecional



5. Geométrica

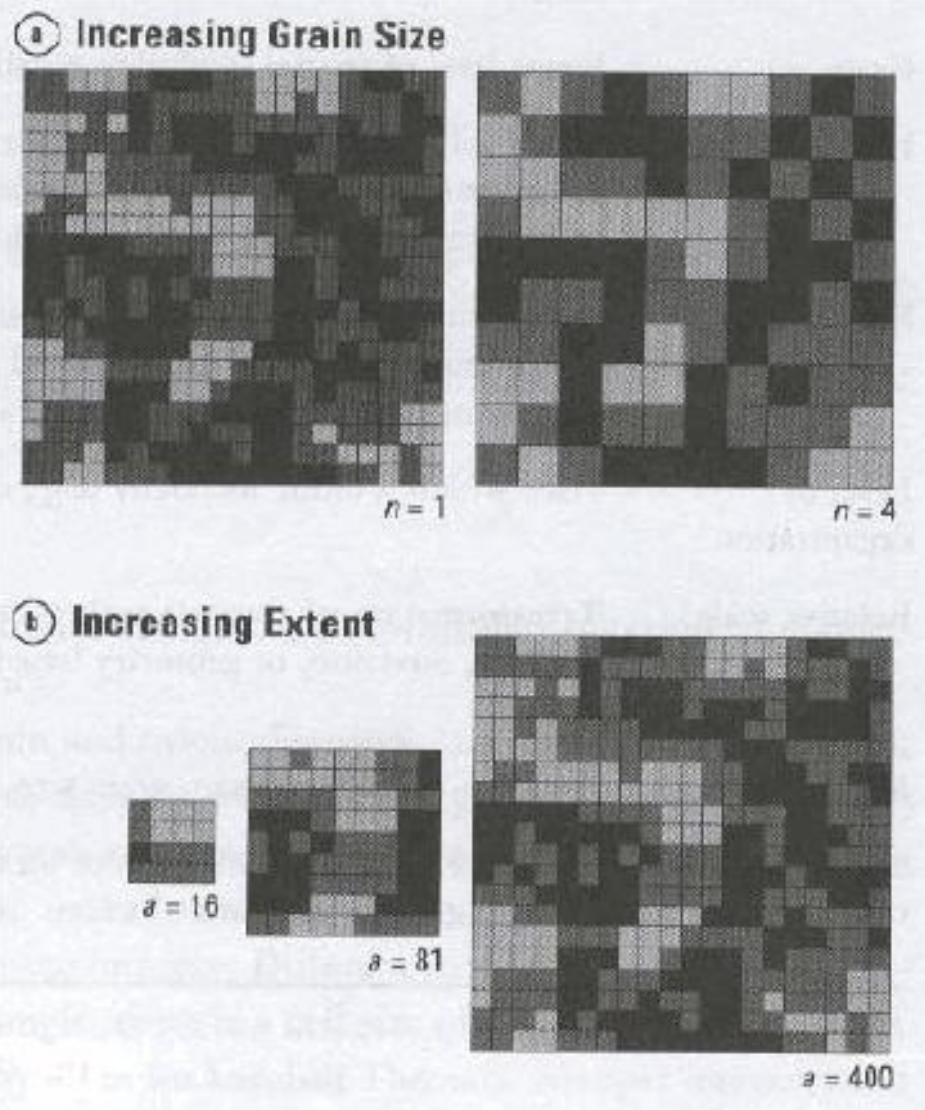


**6. Multidirecional
desordenado**

Escala

- **Homogeneidade e heterogeneidade, conceitos relativos a escala.**
 - **Escala espacial – extensão no espaço e resolução espacial – menor área medida.**
 - **Escala temporal – duração e frequência.**
 - **Escala de percepção das espécies – escala de interação com a paisagem – espaço e tempo**

Escala



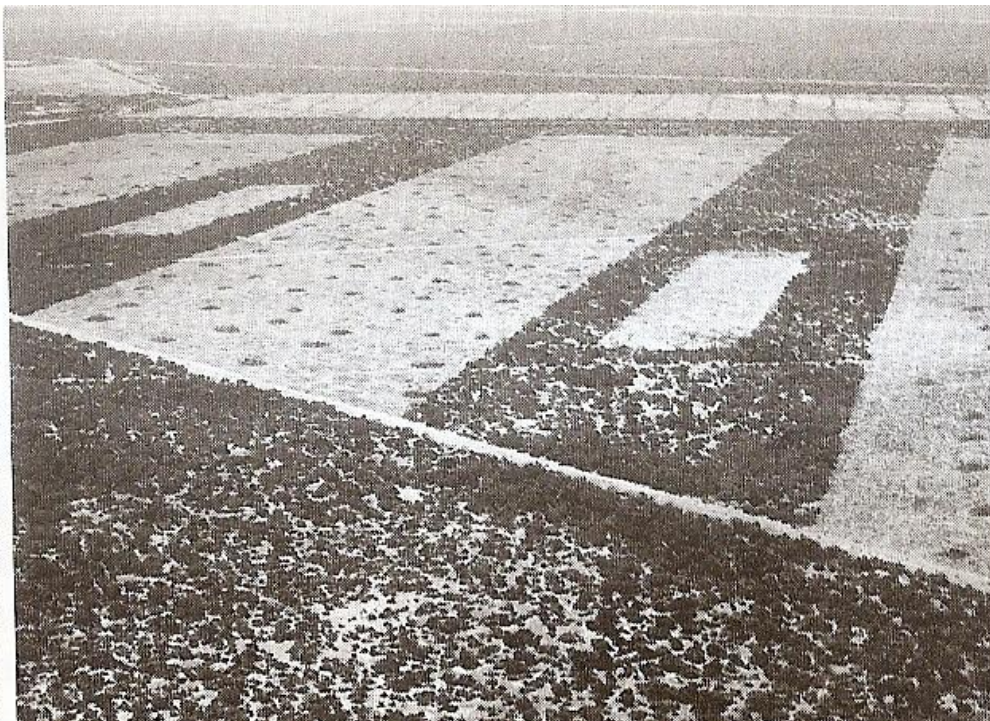
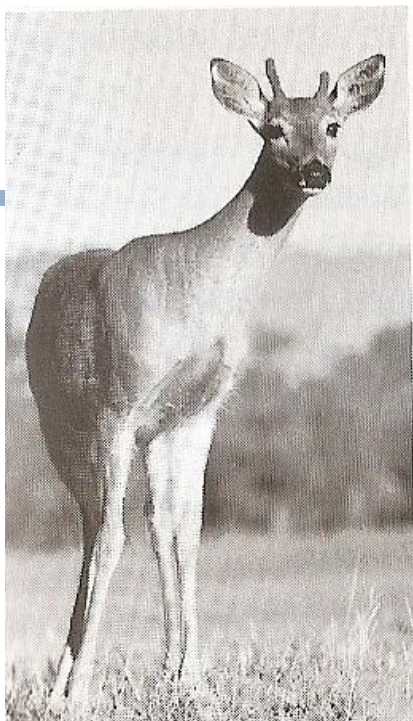
Grão



Maior



Menor



Área selvagem manejada (Forman, 1995)

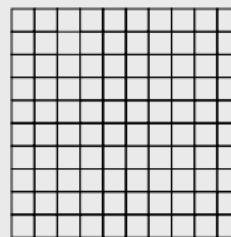
Percepção dos animais: Diferentes tamanhos (textura)

Tamanho do grão da paisagem X Percepção e resposta ao tamanho do grão

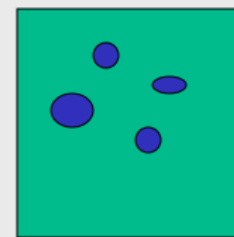
Forman, 1995

Estrutura da Paisagem

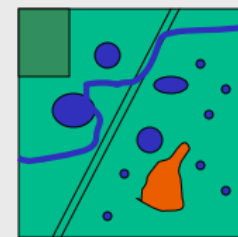
- Necessidade de estudos quantitativos da estrutura da paisagem
- Imagens de satélite e o geoprocessamento oferecem os meios para estudos quantitativos:
 - acesso a amplas áreas
 - facilidade de tratamento
 - repetitividade dos dados



Ecologia teórica



Ecologia de
manchas



Ecologia de
mosaicos

Por que ecologia da paisagem é importante?

1. Porque existe uma dependência espacial entre os elementos da paisagem: O que acontece com uma mancha é o resultado de sua localização, relativa a estrutura do mosaico que o circunda.
2. A escala de abordagem é compatível com a *escala de ação do Homem* no seu Meio Ambiente, logo é a melhor escala para estudos ambientais (Clark Kent vs Superman (Hobbs 1999), pesquisa e ação);
3. O Homem é parte integrante deste sistema (e não um elemento externo perturbador).

Parâmetros de Estrutura da paisagem

- **Parâmetros de composição:**
 - riqueza;
 - Abundância: proporção de área ocupada
 - diversidade e dominância espacial
- **Parâmetros de disposição:**
 - heterogeneidade espacial
 - fragmentação
 - isolamento
 - conectividade

Qual a importância dos padrões de uso e cobertura da terra em relação a paisagem?

■ Geram diferentes configurações espaciais

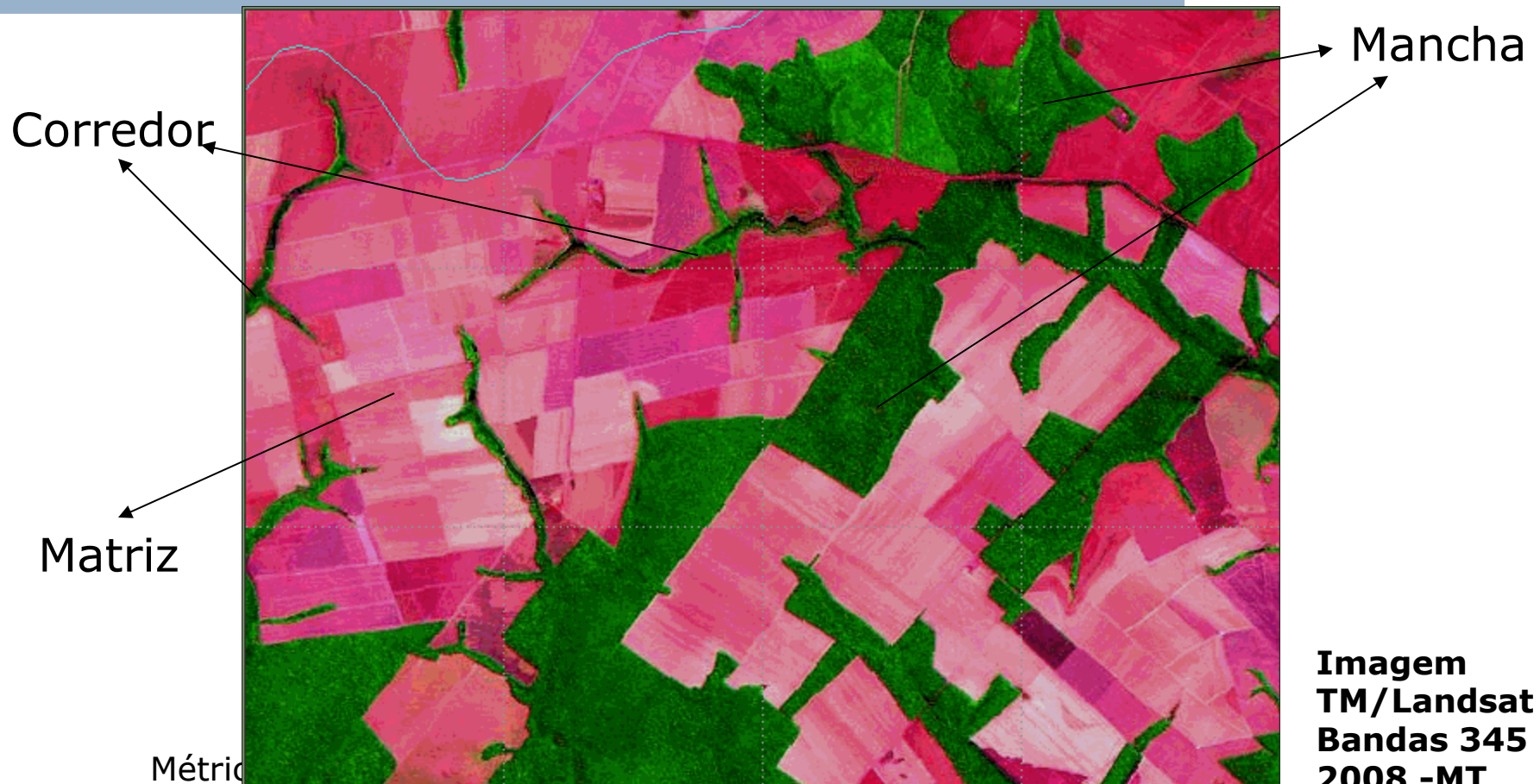
- Fragmentação - < 30% de remanescentes florestais – Redução do habitat
- Efeito de borda
- Conectividade entre os fragmentos
 - Estrutural – Conexão física entre os fragmentos
 - Funcional – Capacidade de deslocamento (movimento, dispersão) da espécie ou grupo funcional
- Isolamento

■ Geram diferentes composições

- Riqueza;
- Proporção de área ocupada
- Diversidade e dominância espacial



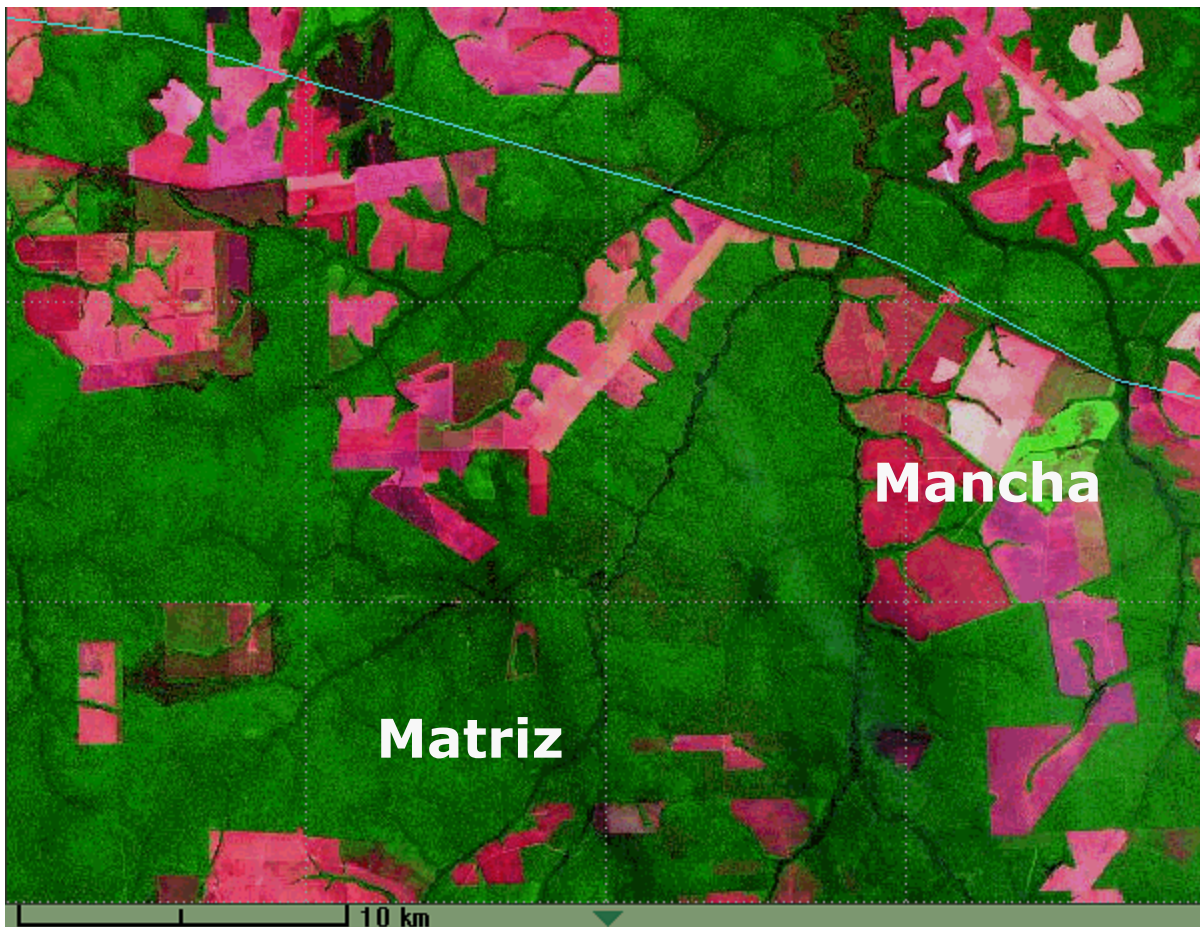
Modelo Mancha-Corredor-Matriz



Métrico
Paisagem:
Abordagem
Ecológica

**Imagem
TM/Landsat
Bandas 345
2008 -MT**

Modelo Mancha-Corredor-Matriz

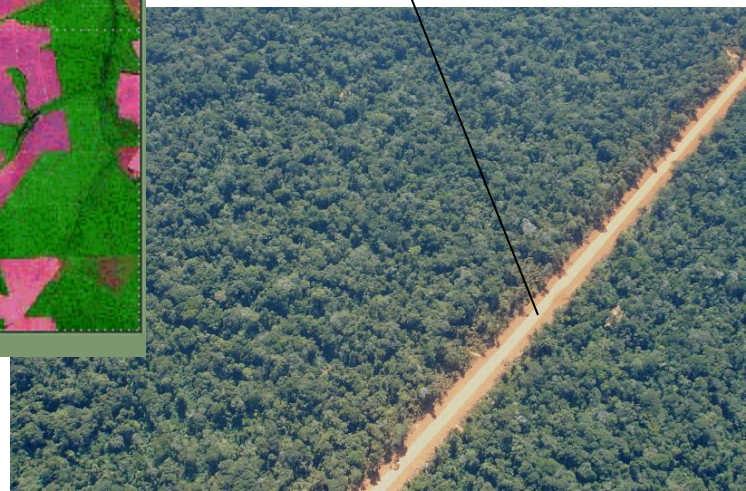


Corredor

**Imagem
TM/Landsat
Bandas 345
2008 -MT**

Abordagem
Ecológica

Probio, 2006 - PA



Modelo Mancha-Corredor-Matriz



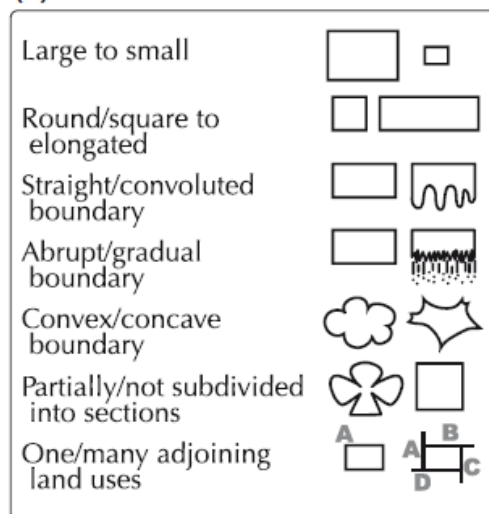
Corredor???

Deter, 2009

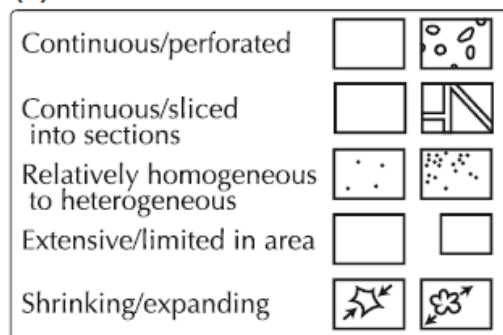
Métricas da
Paisagem:
Abordagem
Ecológica

Probio, 2006 - PA

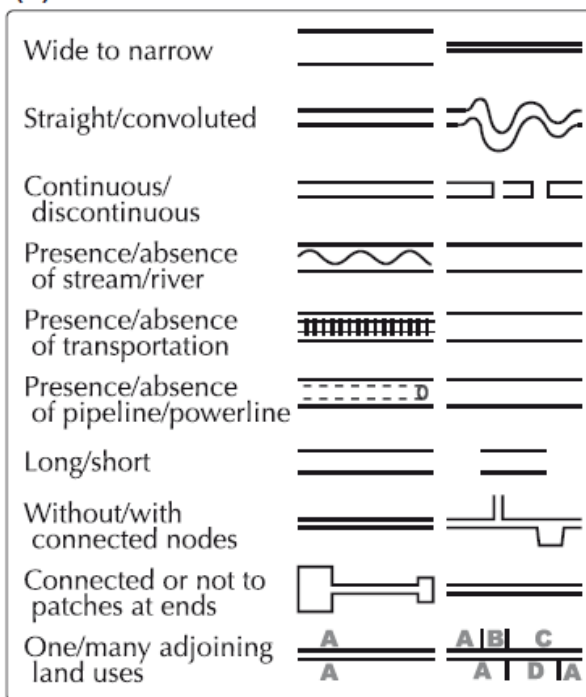
(a) Patch



(c) Matrix

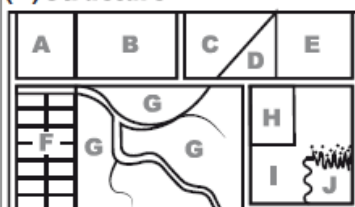


(b) Corridor

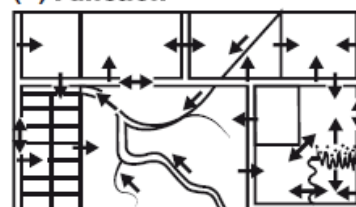


A, B, C land-use types
 ↔ Major flows, movements
 ** Frequent intense changes
 * Infrequent intense changes
 + Frequent minor changes
 - Relatively stable

(d) Structure



(e) Function



(f) Change



Figure 2.6. Patch–corridor–matrix and structure–function–change characteristics of a land mosaic. See Turner (1989), Forman (1995), Burel and Baudry (1999), Ingegnoli (2002), Farina (2006), Coulson and Tchakerian (2010).

Urban Ecology

Richard T. T. Forman