

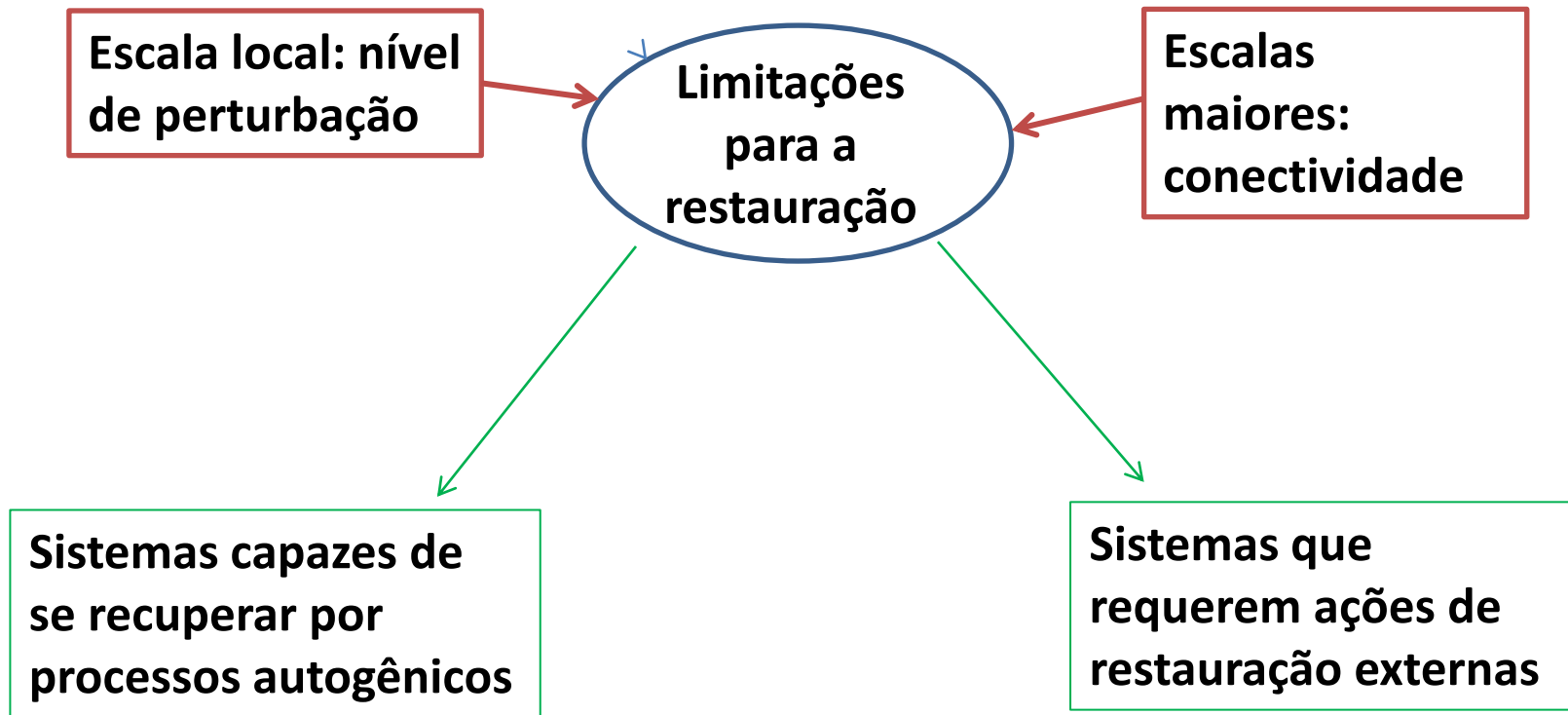
**Title:** A framework to optimize biodiversity restoration efforts based on landscape cover and connectivity

Leandro Reverberi Tambosi<sup>1,3</sup>, Alexandre Camargo Martensen<sup>1</sup>,  
Milton César Ribeiro<sup>2</sup>, Jean Paul Metzger<sup>1</sup>

---

**Uma abordagem para otimizar os esforços de restauração da biodiversidade baseados na cobertura e conectividade da paisagem**  
**Artigo submetido na *Restoration Ecology***

Camila, Daniel, Rossi e Thayná



**Proposta de metodologia com objetivo de aumentar a conectividade da paisagem e otimizar a relação custo/benefício dos esforços de restauração**



**Sistemas com níveis intermediários de perda de habitat:**

- Altos níveis de biodiversidade e potencial de recolonização**
- Perto de sofrer extinções**

**Incorpora o contexto de paisagem no planejamento da restauração**

**Não requer informações detalhadas sobre a distribuição das espécies ou condições locais**

**Não prioriza áreas muito degradadas**

**a** Local scale

Step 1: Landscape cover and connectivity analysis

Partition of study area in focal landscapes (FL)



% Habitat cover and PC index inside focal landscapes

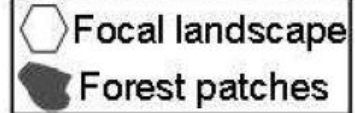
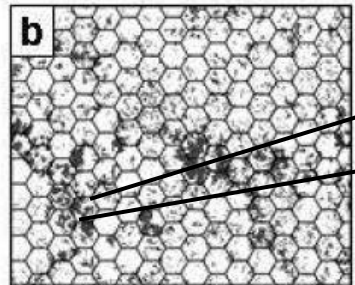
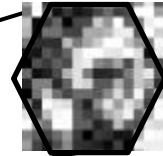


Em cada hexágono = Paisagem focal (PF)

Fragmentos são os nós

[+ respectivos atributos (área, biodiversidade Biomassa)]

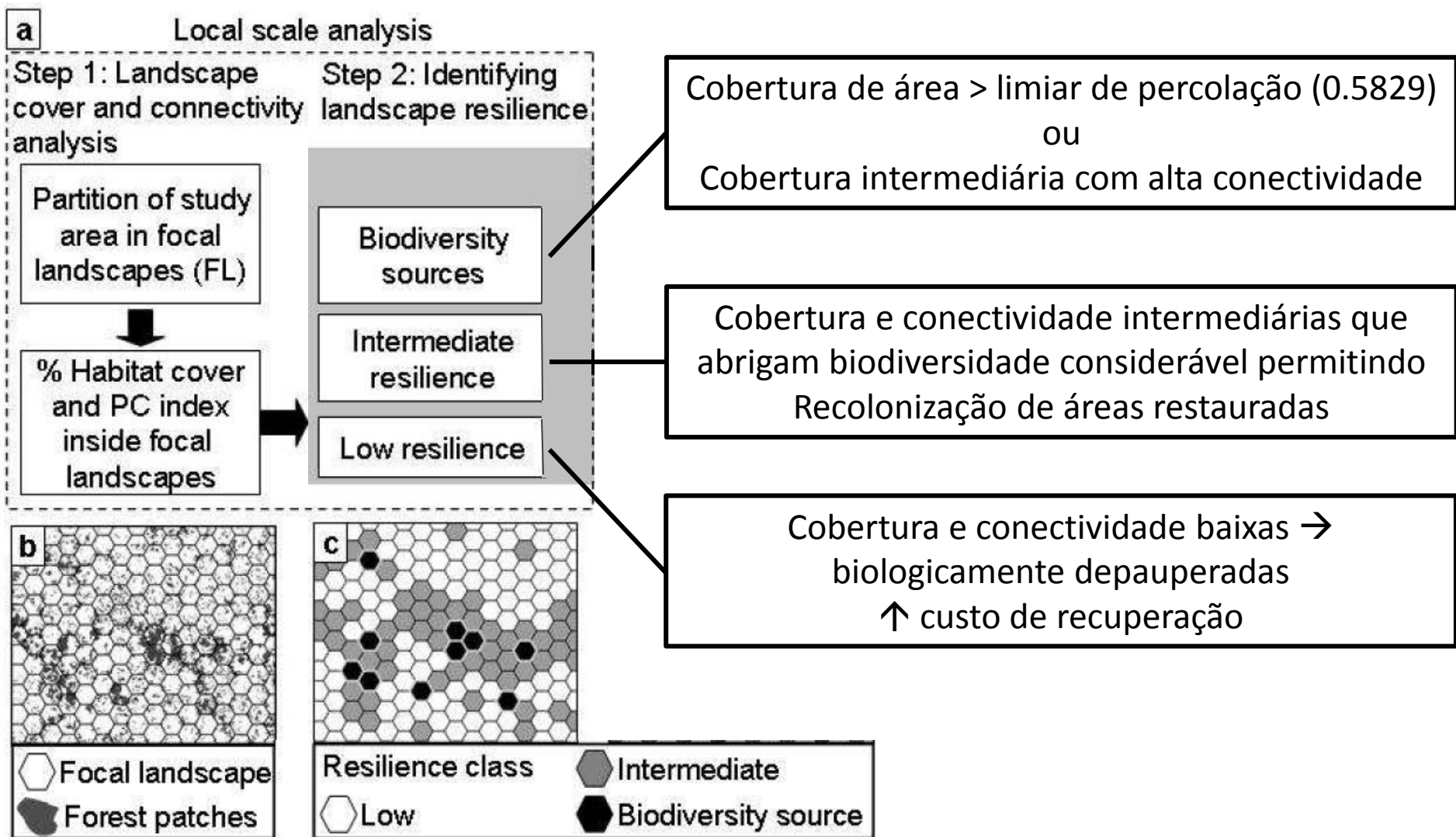
Área = Atributo



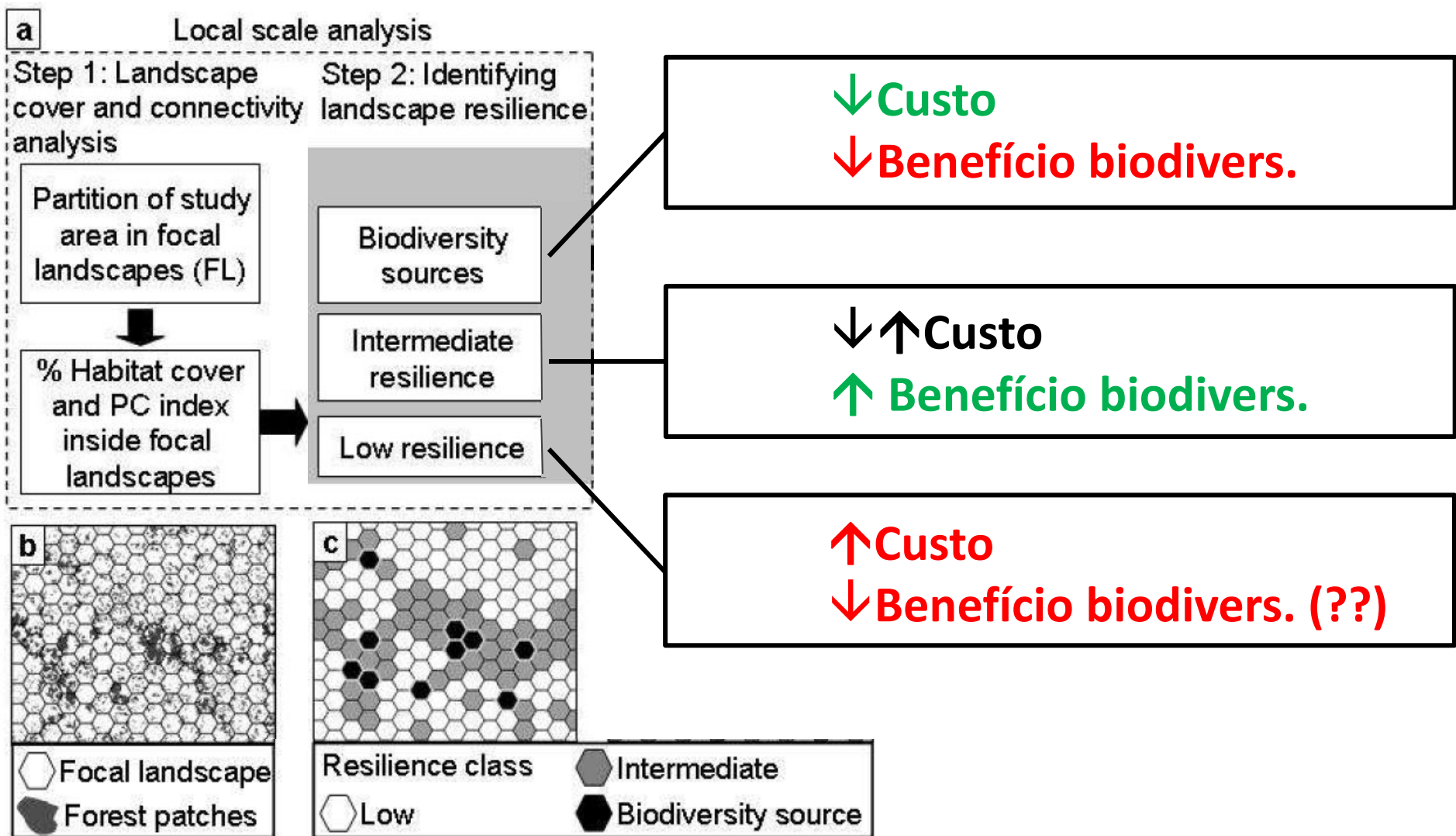
Numerador do Índice de Probabilidade de Conectividade (PC)

(capacidade de dispersão → conectividade funcional nas PFs)

Teoria dos grafos

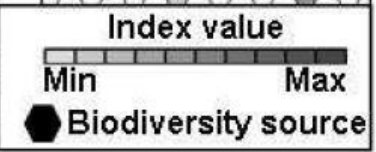
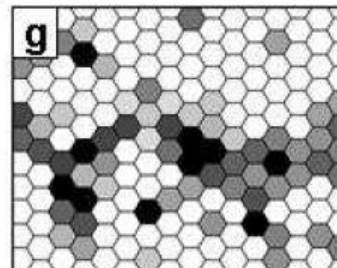
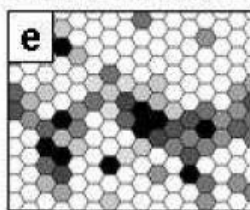
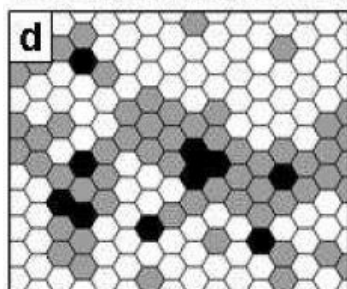
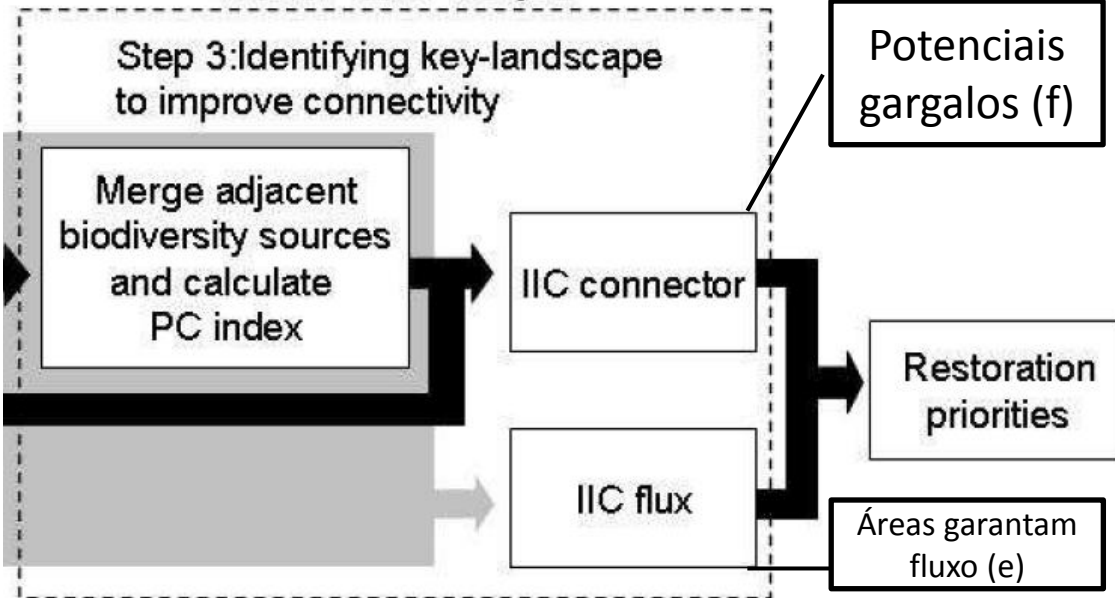


**Teoria dos grafos**



Teoria dos grafos

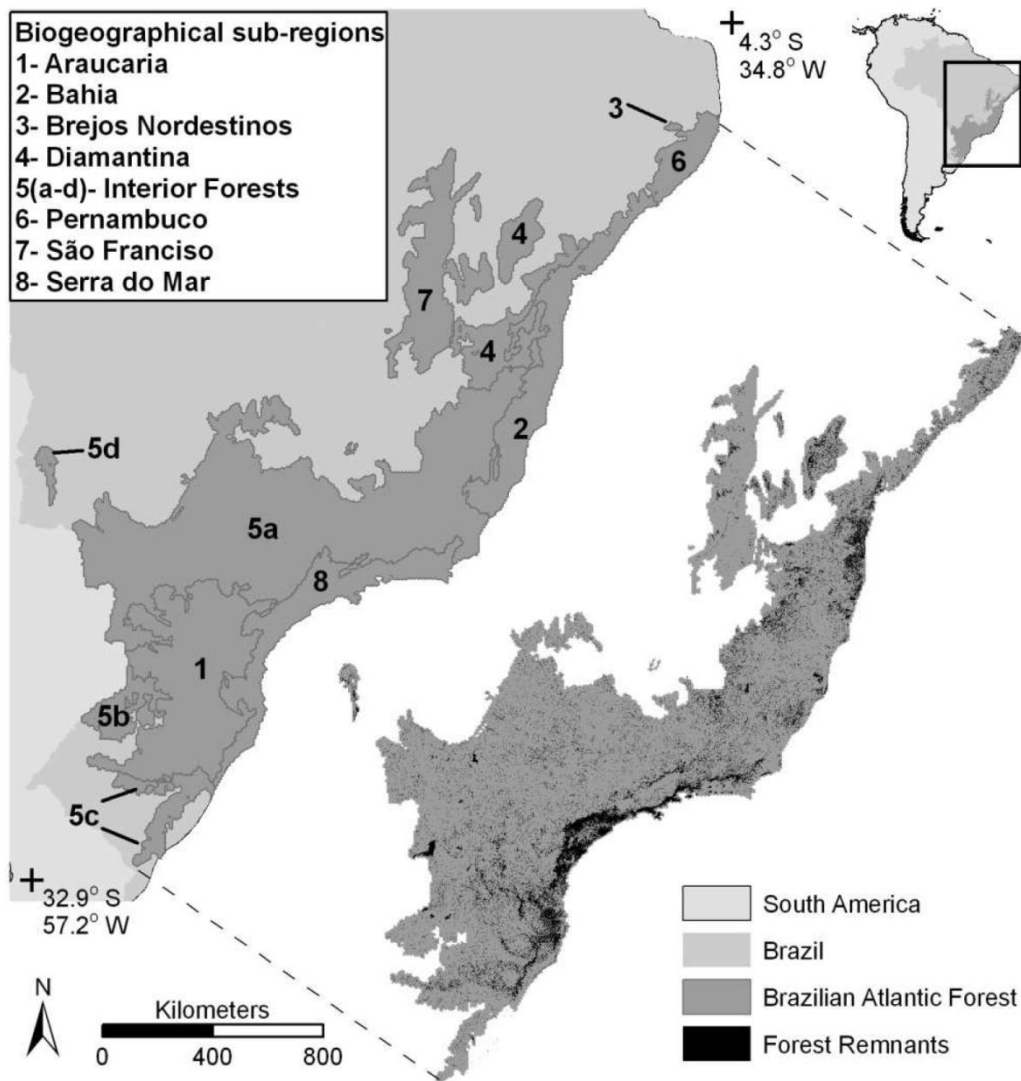
Broader scale analysis



Teoria dos grafos

- 1) Nós → PFs
  - 2) União das PFs fonte
  - 3) Recálculo das métricas na nova escala (regional)
  - 4) Retirada de PFs intermediárias
  - 5) Efeito da retirada sobre os grafos e conectividade PF fontes
  - 6) Voltar ao passo 3
- Varição conect. = importância da PF intermediária





## Aplicação sobre Mata Atlântica

(conhecimento histórico do desmatamento/fragmentação consideráveis)

## Espacialmente heterogêneo

[características biológicas e ambientais/graus de fragmentação – perda de hábitat]

Sub-regiões não possuem cobertura mínima definida pelo CF  
**JUSTIFICATIVA PARA RECUPERAÇÃO**

Analizadas separadamente

**Definição de paisagem**  
 (para qual grupo biológico?)



**Espécies de sensibilidade intermediária**

Table 1. Total number of focal landscapes (FL) and forest cover (km<sup>2</sup>) according to the resilience class inside each Atlantic Forest biogeographical sub-region (BSR). Values inside parentheses refer to the percentages of FL and forest cover in each BSR.

BSR	Low resilience		Intermediate resilience		High resilience (Biodiversity source)	
	FL	Forest cover	FL	Forest cover	FL	Forest cover
Araucaria	4,080 (82%)	13,394 (43.8%)	709 (14%)	10,762 (35.2%)	206 (4%)	6,449 (21.1%)
Bahia	1,924 (73%)	6,308 (29.5%)	496 (19%)	7,940 (37.2%)	224 (8%)	7,121 (33.3%)
Brejos	23 (82%)	61 (44.9%)	4 (14%)	53 (39.0%)	1 (4%)	22 (16.2%)
Nordestinos						
Diamantina	1,506 (80%)	4,679 (50.2%)	302 (16%)	4,595 (49.3%)	70 (4%)	42 (0.5%)
Interior	13,373 (94%)	33,263 (68.5%)	721 (5%)	10,295 (21.2%)	147 (1%)	4,972 (10.2%)
Pernambuco	635 (86%)	2,258 (59.6%)	95 (13%)	1,329 (35.1%)	7 (1%)	204 (5.4%)
São Francisco	2,405 (94%)	2,407 (47.6%)	125 (5%)	1,927 (38.1%)	26 (1%)	723 (14.3%)
Serra do Mar	1,110 (46%)	4,005 (9.9%)	619 (26%)	10,196 (25.2%)	697 (29%)	26,257 (64.9%)
<b>Atlantic Forest</b>	<b>25,056 (85%)</b>	<b>66,374 (41.7%)</b>	<b>3,071 (10%)</b>	<b>47,097 (29.6%)</b>	<b>1,378 (5%)</b>	<b>45,789 (28.8%)</b>

Table 1. Total number of focal landscapes (FL) and forest cover (km<sup>2</sup>) according to the resilience class inside each Atlantic Forest biogeographical sub-region (BSR). Values inside parentheses refer to the percentages of FL and forest cover in each BSR.

BSR	Low resilience		Intermediate resilience		High resilience	
	<b>&lt; 20% área florestal</b>		<b>&gt; 20% área florestal</b>		<b>&gt; 60% área florestal</b>	
Araucaria	4,080 (82%)	13,394 (43.8%)	709 (14%)	10,762 (35.2%)	206 (4%)	6,449 (21.1%)
Bahia	1,924 (73%)	6,308 (29.5%)	496 (19%)	7,940 (37.2%)	224 (8%)	7,121 (33.3%)
Brejos	23 (82%)	61 (44.9%)	4 (14%)	53 (39.0%)	1 (4%)	22 (16.2%)
Nordestinos						
Diamantina	1,506 (80%)	4,679 (50.2%)	302 (16%)	4,595 (49.3%)	70 (4%)	42 (0.5%)
Interior	13,373 (94%)	33,263 (68.5%)	721 (5%)	10,295 (21.2%)	147 (1%)	4,972 (10.2%)
Pernambuco	635 (86%)	2,258 (59.6%)	95 (13%)	1,329 (35.1%)	7 (1%)	204 (5.4%)
São Francisco	2,405 (94%)	2,407 (47.6%)	125 (5%)	1,927 (38.1%)	26 (1%)	723 (14.3%)
Serra do Mar	1,110 (46%)	4,005 (9.9%)	619 (26%)	10,196 (25.2%)	697 (29%)	26,257 (64.9%)
<b>Atlantic Forest</b>	<b>25,056 (85%)</b>	<b>66,374 (41.7%)</b>	<b>3,071 (10%)</b>	<b>47,097 (29.6%)</b>	<b>1,378 (5%)</b>	<b>45,789 (28.8%)</b>

Table 1. Total number of focal landscapes (FL) and forest cover (km<sup>2</sup>) according to the resilience class inside each Atlantic Forest biogeographical sub-region (BSR). Values inside parentheses refer to the percentages of FL and forest cover in each BSR.

BSR	Low resilience		Intermediate resilience		High resilience (Biodiversity source)	
	FL	Forest cover	FL	Forest cover	FL	Forest cover
Araucaria	4,080 (82%)	13,394 (43.8%)	709 (14%)	10,762 (35.2%)	206 (4%)	6,449 (21.1%)
Bahia	1,924 (73%)	6,308 (29.5%)	496 (19%)	7,940 (37.2%)	224 (8%)	7,121 (33.3%)
Brejos	23 (82%)	61 (44.9%)	4 (14%)	53 (39.0%)	1 (4%)	22 (16.2%)
Nordestinos						
Diamantina	1,506 (80%)	4,679 (50.2%)	302 (16%)	4,595 (49.3%)	70 (4%)	42 (0.5%)
Interior	13,373 (94%)	33,263 (68.5%)	721 (5%)	10,295 (21.2%)	147 (1%)	4,972 (10.2%)
Pernambuco	635 (86%)	2,258 (59.6%)	95 (13%)	1,329 (35.1%)	7 (1%)	204 (5.4%)
São Francisco	2,405 (94%)	2,407 (47.6%)	125 (5%)	1,927 (38.1%)	26 (1%)	723 (14.3%)
Serra do Mar	1,110 (46%)	4,005 (9.9%)	619 (26%)	10,196 (25.2%)	697 (29%)	26,257 (64.9%)
<b>Atlantic Forest</b>	<b>25,055 (85%)</b>	<b>66,374 (41.7%)</b>	<b>3,071 (10%)</b>	<b>47,097 (29.6%)</b>	<b>1,378 (5%)</b>	<b>45,789 (28.8%)</b>

Table 1. Total number of focal landscapes (FL) and forest cover (km<sup>2</sup>) according to the resilience class inside each Atlantic Forest biogeographical sub-region (BSR). Values inside parentheses refer to the percentages of FL and forest cover in each BSR.

BSR	Low resilience		Intermediate resilience		High resilience (Biodiversity source)	
	FL	Forest cover	FL	Forest cover	FL	Forest cover
Araucaria	4,080 (82%)	13,394 (43.8%)	709 (14%)	10,762 (35.2%)	206 (4%)	6,449 (21.1%)
Bahia	1,924 (73%)	6,308 (29.5%)	496 (19%)	7,940 (37.2%)	224 (8%)	7,121 (33.3%)
Brejos	23 (82%)	61 (44.9%)	4 (14%)	53 (39.0%)	1 (4%)	22 (16.2%)
Nordestinos						
Diamantina	1,506 (80%)	4,679 (50.2%)	302 (16%)	4,595 (49.3%)	70 (4%)	42 (0.5%)
Interior	13,373 (94%)	33,263 (68.5%)	721 (5%)	10,295 (21.2%)	147 (1%)	4,972 (10.2%)
Pernambuco	635 (86%)	2,258 (59.6%)	95 (13%)	1,329 (35.1%)	7 (1%)	204 (5.4%)
São Francisco	2,405 (94%)	2,407 (47.6%)	125 (5%)	1,927 (38.1%)	26 (1%)	723 (14.3%)
Serra do Mar	1,110 (46%)	4,005 (9.9%)	619 (26%)	10,196 (25.2%)	697 (29%)	26,257 (64.9%)
<b>Atlantic Forest</b>	<b>25,056 (85%)</b>	<b>66,374 (41.7%)</b>	<b>3,071 (10%)</b>	<b>47,097 (29.6%)</b>	<b>1,378 (5%)</b>	<b>45,789 (28.8%)</b>

Table 1. Total number of focal landscapes (FL) and forest cover (km<sup>2</sup>) according to the resilience class inside each Atlantic Forest biogeographical sub-region (BSR). Values inside parentheses refer to the percentages of FL and forest cover in each BSR.

BSR	Low resilience		Intermediate resilience		High resilience (Biodiversity source)	
	FL	Forest cover	FL	Forest cover	FL	Forest cover
Araucaria	4,080 (82%)	13,394 (43.8%)	709 (14%)	10,762 (35.2%)	206 (4%)	6,449 (21.1%)
Bahia	1,924 (73%)	6,308 (29.5%)	496 (19%)	7,940 (37.2%)	224 (8%)	7,121 (33.3%)
Brejos	23 (82%)	61 (44.9%)	4 (14%)	53 (39.0%)	1 (4%)	22 (16.2%)
Nordestinos						
Diamantina	1,506 (80%)	4,679 (50.2%)	302 (16%)	4,595 (49.3%)	70 (4%)	42 (0.5%)
Interior	13,373 (94%)	33,263 (68.5%)	721 (5%)	10,295 (21.2%)	147 (1%)	4,972 (10.2%)
Pernambuco	635 (86%)	2,258 (59.6%)	95 (13%)	1,329 (35.1%)	7 (1%)	204 (5.4%)
São Francisco	2,405 (94%)	2,407 (47.6%)	125 (5%)	1,927 (38.1%)	26 (1%)	723 (14.3%)
Serra do Mar	1,110 (46%)	4,005 (9.9%)	619 (26%)	10,196 (25.2%)	697 (29%)	26,257 (64.9%)
<b>Atlantic Forest</b>	<b>25,056 (85%)</b>	<b>66,374 (41.7%)</b>	<b>3,071 (10%)</b>	<b>47,097 (29.6%)</b>	<b>1,378 (5%)</b>	<b>45,789 (28.8%)</b>

60%  
Cobertura  
florestal  
remanescente

Table 1. Total number of focal landscapes (FL) and forest cover (km<sup>2</sup>) according to the resilience class inside each Atlantic Forest biogeographical sub-region (BSR). Values inside parentheses refer to the percentages of FL and forest cover in each BSR.

BSR	Low resilience		Intermediate resilience		High resilience (Biodiversity source)	
	FL	Forest cover	FL	Forest cover	FL	Forest cover
Araucaria	4,080 (82%)	13,394 (43.8%)	709 (14%)	10,762 (35.2%)	206 (4%)	6,449 (21.1%)
Bahia	1,924 (73%)	6,308 (29.5%)	496 (19%)	7,940 (37.2%)	224 (8%)	7,121 (33.3%)
Brejos	23 (82%)	61 (44.9%)	4 (14%)	53 (39.0%)	1 (4%)	22 (16.2%)
Nordestinos						
Diamantina	1,506 (80%)	4,679 (50.2%)	302 (16%)	4,595 (49.3%)	70 (4%)	42 (0.5%)
→ Interior	13,373 (94%)	33,263 (68.5%)	721 (5%)	10,295 (21.2%)	147 (1%)	4,972 (10.2%)
Pernambuco	635 (86%)	2,258 (59.6%)	95 (13%)	1,329 (35.1%)	7 (1%)	204 (5.4%)
→ São Francisco	2,405 (94%)	2,407 (47.6%)	125 (5%)	1,927 (38.1%)	26 (1%)	723 (14.3%)
→ Serra do Mar	1,110 (46%)	4,005 (9.9%)	619 (26%)	10,196 (25.2%)	697 (29%)	26,257 (64.9%)
<b>Atlantic Forest</b>	<b>25,056 (85%)</b>	<b>66,374 (41.7%)</b>	<b>3,071 (10%)</b>	<b>47,097 (29.6%)</b>	<b>1,378 (5%)</b>	<b>45,789 (28.8%)</b>

# Landscape resilience classes

Low resilience

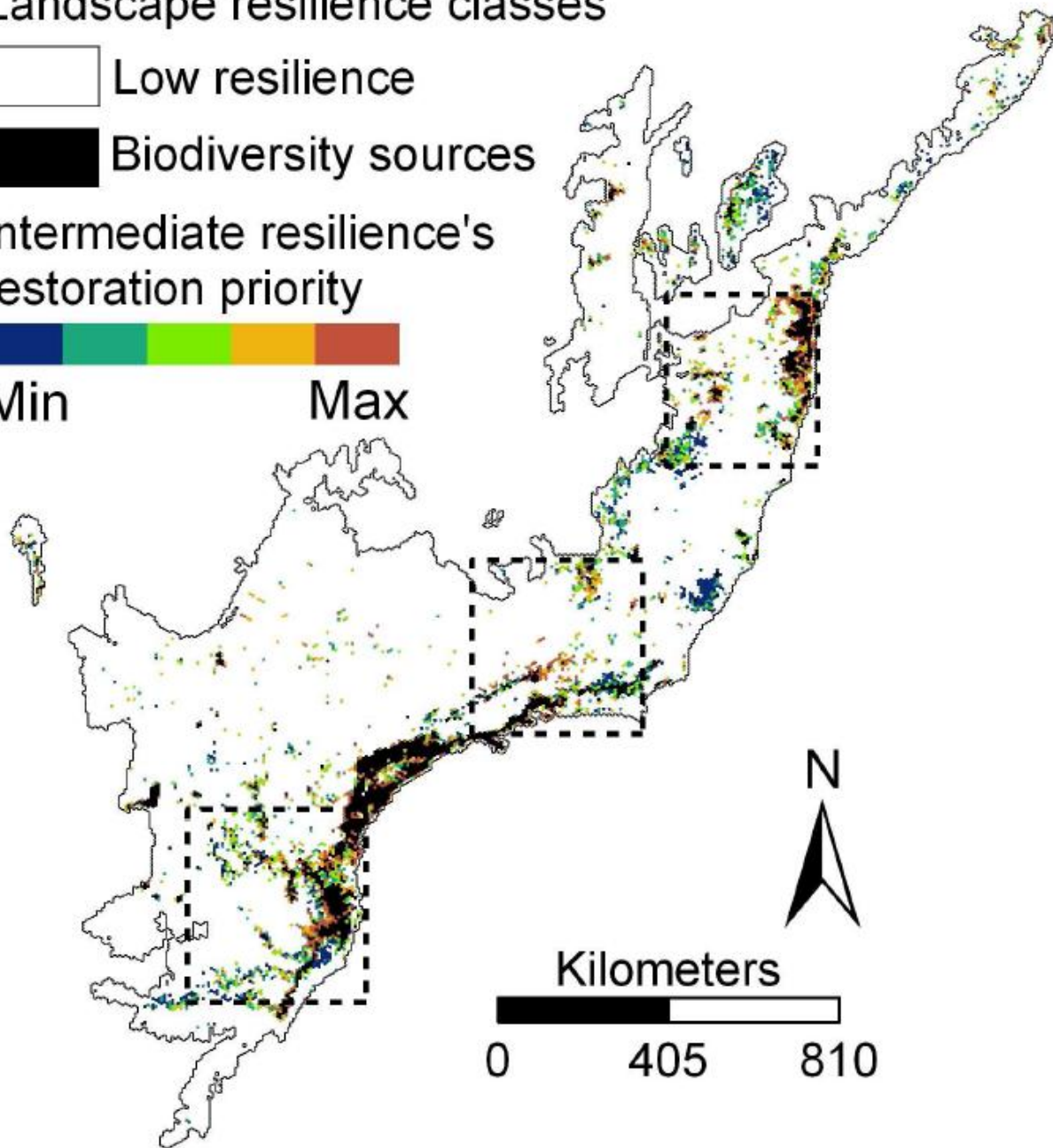
Biodiversity sources

Intermediate resilience's restoration priority



Min

Max





# Landscape resilience classes

□ Low resilience

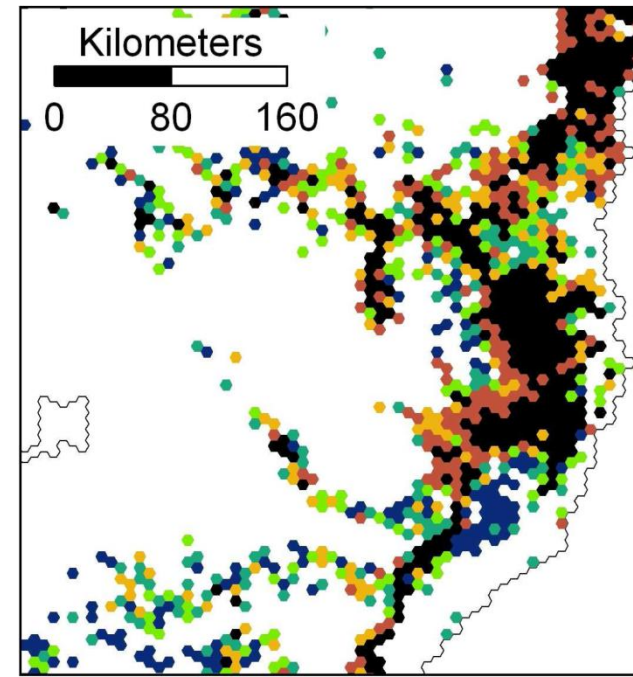
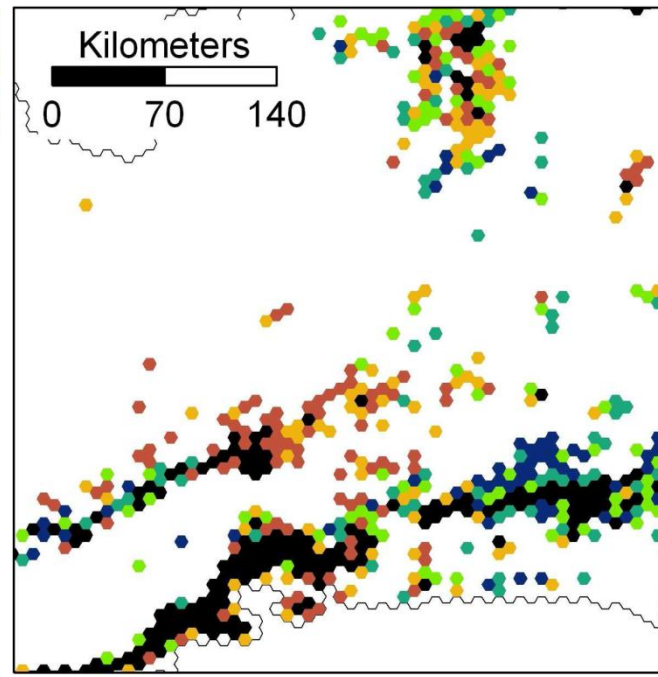
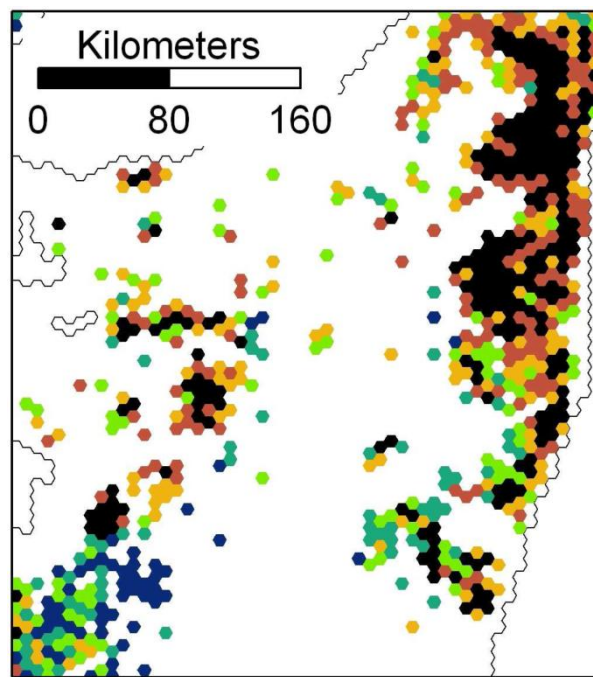
■ Biodiversity sources

Intermediate resilience's  
restoration priority



Min

Max



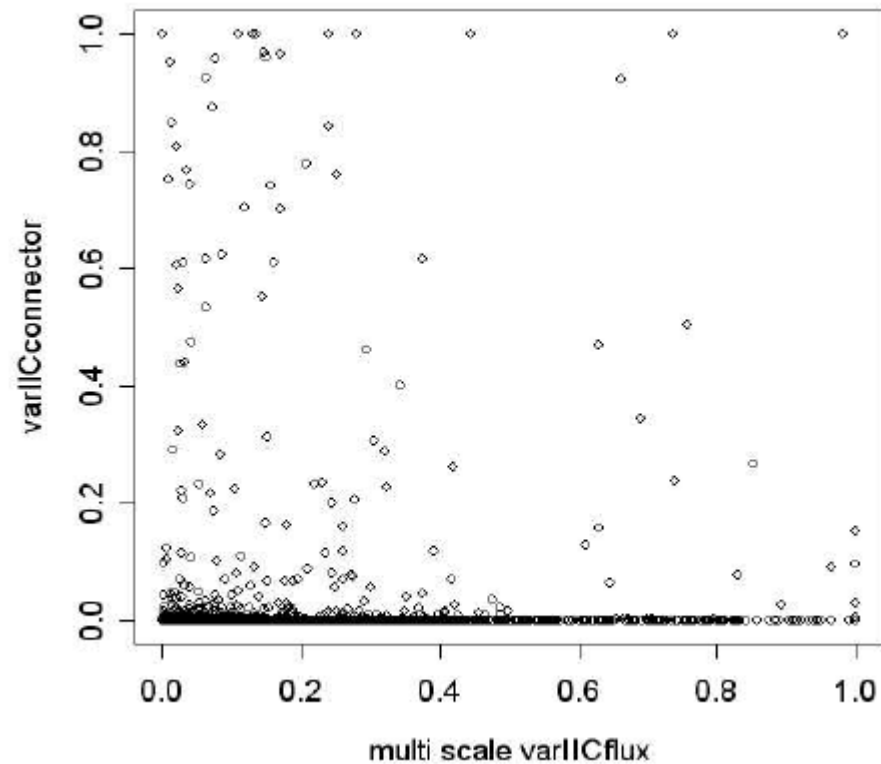


Figure 5. Importance of each focal landscape (FL) for biological flow among FLs (multi-scale varIICflux) and as key elements for maintaining connectivity among FLs (varIICconnector) in biogeographical sub-regions in the Atlantic Forest (refer to text for detailed information on variables definitions and calculation).

'bottlenecks' de dispersão

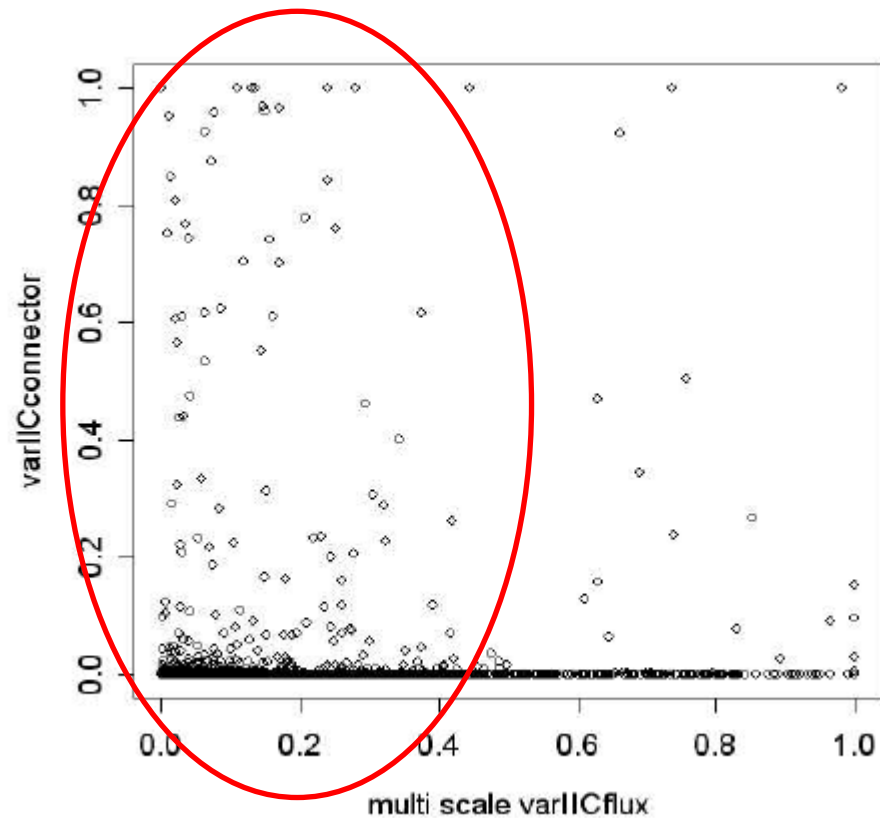
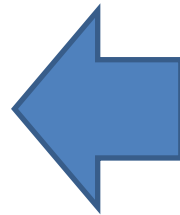


Figure 5. Importance of each focal landscape (FL) for biological flow among FLs (multi-scale varIICflux) and as key elements for maintaining connectivity among FLs (varIICconnector) in biogeographical sub-regions in the Atlantic Forest (refer to text for detailed information on variables definitions and calculation).

**O modelo utilizado pode ser considerado o primeiro passo no planejamento da restauração, otimizando a relação de custo/benefício**



**“ Onde restaurar em um cenário de milhões de hectares de ambientes degradados e recursos escassos?”**

O modelo utilizado pode ser considerado o primeiro passo no planejamento da restauração, otimizando a relação de custo/benefício



“ Onde restaurar em um cenário de milhões de hectares de ambientes degradados e recursos escassos?”

Áreas de baixa resiliência



Elevados custos de restauração e baixo retorno em conservação da biodiversidade

Prioridade: áreas de resiliência intermediária



Eficiente alocação de recursos e garantia de sucesso de conservação da biodiversidade

Áreas de alta resiliência



Baixos custos de restauração são necessários para a conservação da biodiversidade

**Metodologia de ampla flexibilidade: conectividade da paisagem pode considerar ampla gama de espécies com diferentes capacidades de dispersão (espécies focais ou guarda-chuvas) → diferentes conectividades funcionais**

**A teoria dos grafos permite análises de conectividade da paisagem com poucos dados biológicos ou até mesmo com dados de ‘espécies virtuais’**



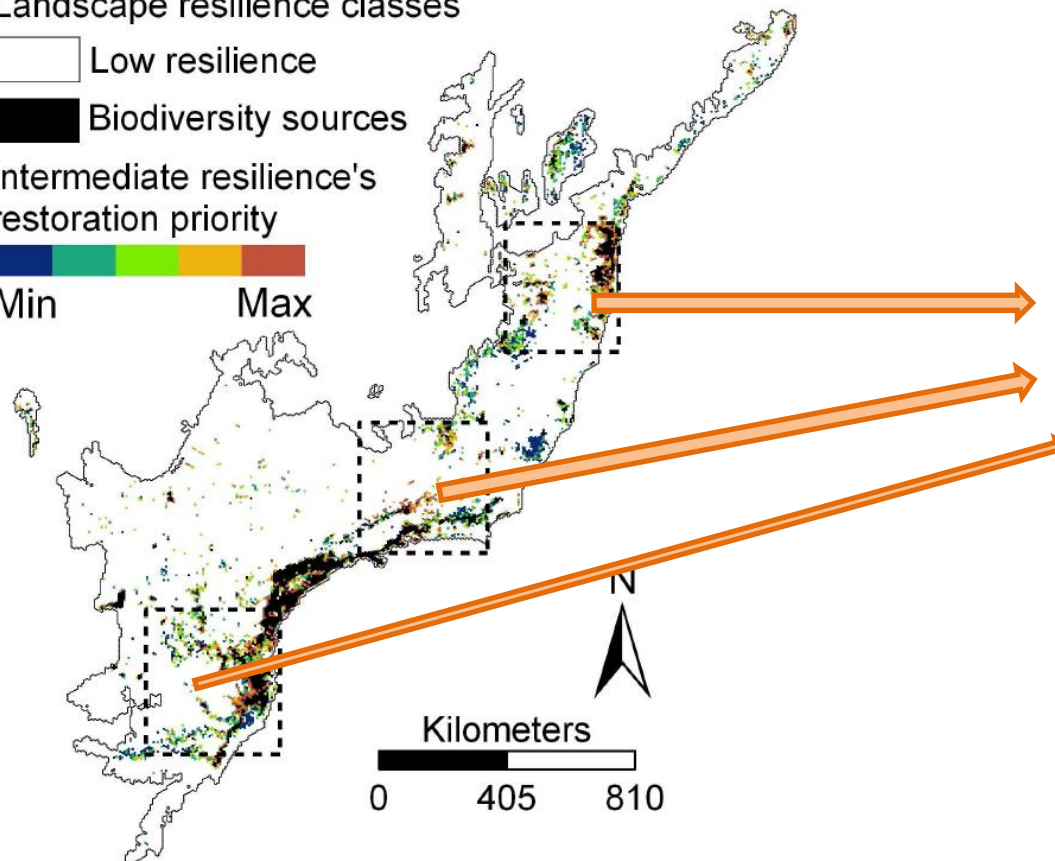
**Integrar amplas informações: permeabilidade da matriz, efeito dos corredores, qualidade de habitat e riqueza de espécies**

Landscape resilience classes

Low resilience

Biodiversity sources

Intermediate resilience's  
restoration priority



**Aplicação em regiões heterogêneas para uma escala regional de planos de restauração**

**Ferramenta importante para delinear novos experimentos de restauração e avaliar sua efetividade em comparação a projetos de restauração passados, considerando não somente a resiliência local, mas também o contexto regional e da paisagem.**





# QUESTÕES

**1. O artigo em seu título diz *restoration*:**

RESTAURAÇÃO (*restoration*) é definido como o retorno ao estado **original**, com reprodução das condições exatas do local, tais como eram antes de serem alteradas.

**A metodologia realmente otimiza os esforços para a restauração da cobertura e conectividade da paisagem?**

**Definição: RECUPERAÇÃO (*recuperation*) ou REABILITAÇÃO (*rehabilitation*)**

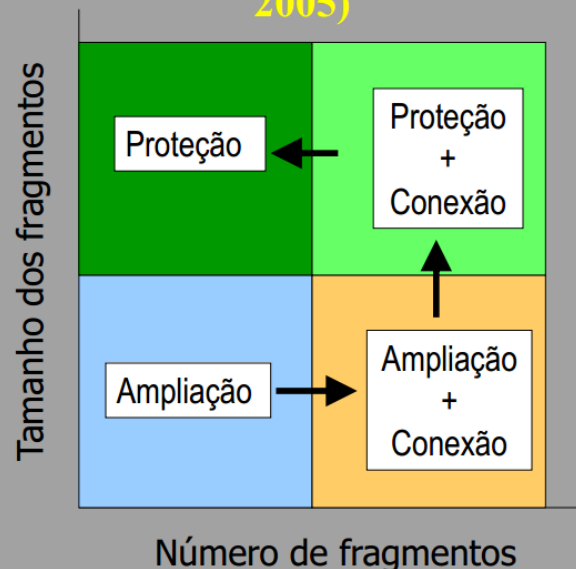
Retorno a uma condição ou status anterior. Sendo o inverso de “degradação”, trata-se de intervenção que leva a condições próximas às anteriores, mantendo o equilíbrio e a estabilidade dos processos atuantes.

- 2. Como a metodologia proposta se relaciona com os tópicos discutidos até agora na disciplina (matriz, débito de extinção, uso de dados biológicos, etc.)?**

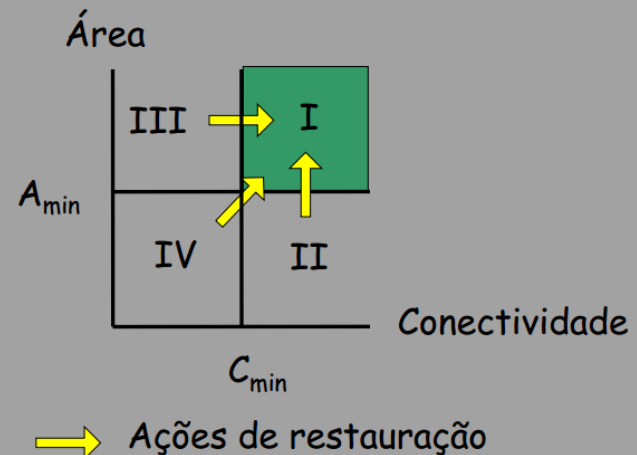
**Quais seriam as limitações do abordagem?**

### 3. Quais as semelhanças e diferenças (vantagens e desvantagens) entre a metodologia proposta e as apresentadas abaixo?

Estratégia baseada unicamente na estrutura da paisagem: o diagnóstico do estado de Goiás (WWF 2005)



Definindo prioridades para a restauração



(Metzger 2003)



Obrigado!