

LCB 1402 ECOLOGIA VEGETAL

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA - Bases -

Profs. Renato Lima & Flávio Gandara



PLANO DE AULA

- **Definições e conceitos**
- **Motivações da restauração**
- **Contexto global e nacional**
- **Bases ecológicas**
- **Histórico da restauração no Brasil**



OBJETIVOS DA AULA

Dar elementos para responder:

- O que é restauração ecológica?
- Por que ela é importante?
- Como aumentar as chances de sucesso da restauração?
- Qual o papel do agrônomo na restauração?



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

O que é restauração?

- Ato ou processo de trazer algo à sua condição ou posição original



Estado degradado

Restauração



Estado restaurado

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

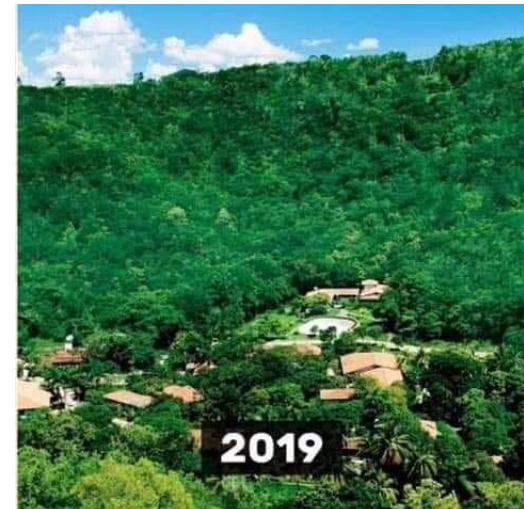
O que é restauração ecológica?

- “Intervenção humana para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica”



Estado degradado

Restauração



Estado restaurado

Objetivos da restauração

- **Recuperar ecossistemas naturais e seus valores ecológicos, econômicos e sociais**
 - Recuperar bens e serviços ambientais
 - Controle climático (e.g. regime de chuvas)
 - Qualidade do solo, ciclo de nutrientes, água no solo, etc.
 - Combate à erosão e lixiviação dos solos
 - Polinização e Controle biológico (pragas e doenças)
 - Promover a conservação da biodiversidade
 - Proteger áreas de fragilidade ambiental
 - Nascentes, margens de rios, encostas íngremes, etc.
 - Geração de empregos, renda e segurança alimentar

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Restauração nem sempre dá certo...

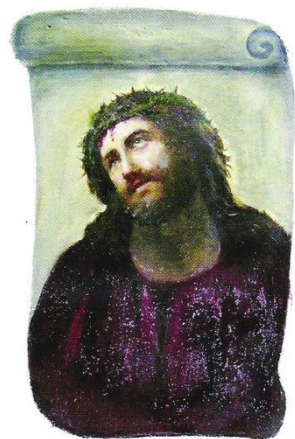
- Melhor conservar do que restaurar!



Degradação



Restauração



Estado original

Estado degradado

Estado restaurado

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Melhor conservar ecossistemas...

- Restauração: muito tempo e/ou muito caro!



Restauração



Estado degradado



Estado restaurado

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Melhor conservar ecossistemas...

- **Habitats remanescentes:** custos e riscos menores, maior biodiversidade
- Melhor conservar do que restaurar!



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Restauração ecológica em diversos ecossistemas!

- Restauração ecológica ≠ restauração florestal



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Restauração do cerrado

- Restauração ecológica ≠ restauração florestal



Ver trabalhos de Daniel Mascia Vieira e demais integrantes do Restaura Cerrado

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Restauração de recifes de corais

- Restauração ecológica ≠ restauração florestal



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Restauração florestal

- Restauração ecológica de ecossistemas florestais



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Outros termos

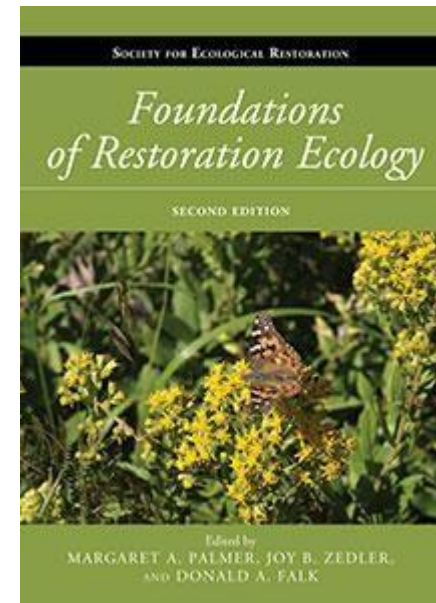
- Restauração ecológica x Ecologia de Restauração

Restauração ecológica



Prática

Ecologia de Restauração



Ciência

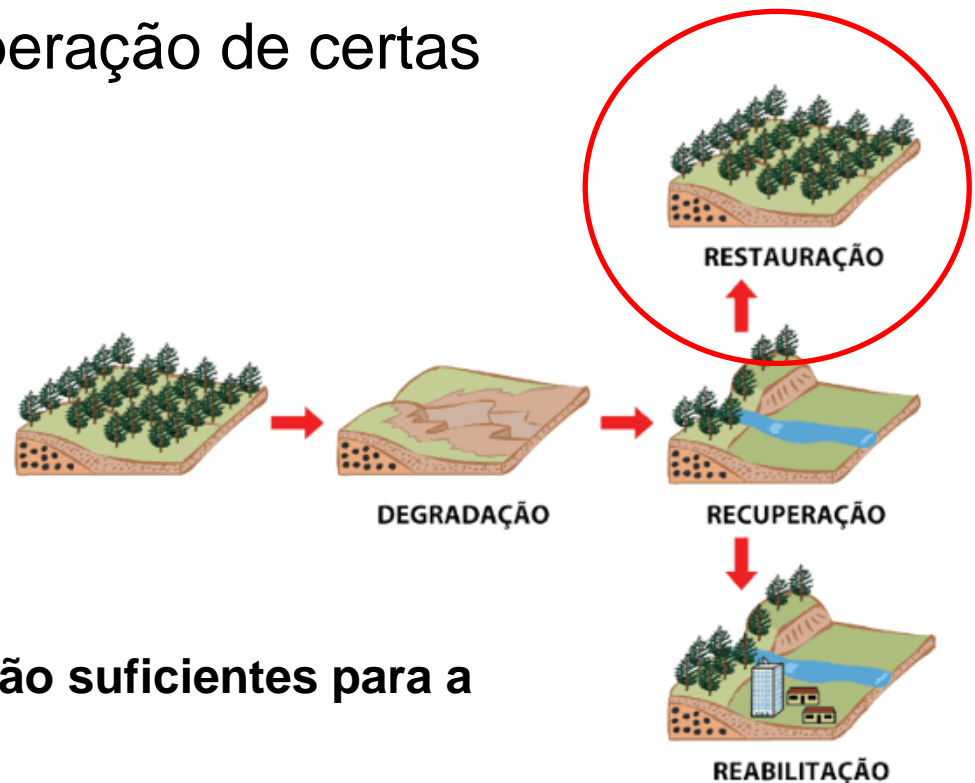
DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Outros termos (não confundir com restauração)

- **Remediação:** Descontaminação de áreas
- **Revegetação:** Replântio de vegetação
- **Recuperação:** Reconstrução após perturbação
- **Reabilitação:** Recuperação de certas funções ambientais



REVEGETAÇÃO



Fazem parte, mas não são suficientes para a restauração!

Por que restaurar?

POR QUE RESTAURAR?

Contexto global

- **Problema: Uso não-eficiente dos recursos naturais**
 - Uso não-eficiente dos recursos naturais



Estado original



Estado degradado

POR QUE RESTAURAR?

Contexto global

- **Perda e degradação de hábitat naturais leva a:**
 - Perda de biodiversidade
 - Perda de bens, serviços e processos ecossistêmicos



POR QUE RESTAURAR?

Contexto global



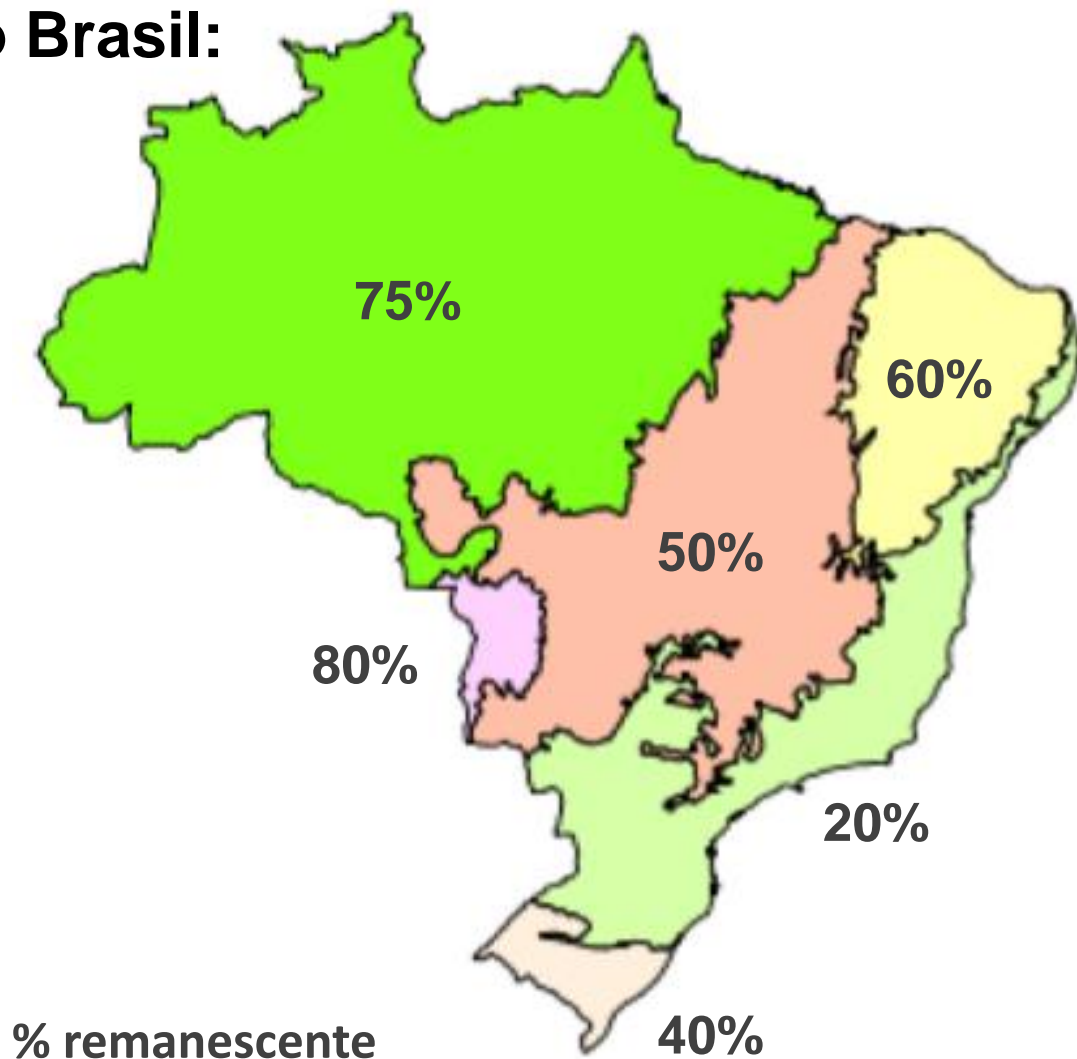
- 75% dos ambientes terrestres e 66% dos mares destruídos ou severamente alterados
- 32 milhões de hectares de florestas desmatadas entre 2010 e 2015
- Perda de **25% da produtividade agrícola** devido à degradação ambiental
- Crise afeta a vida de bilhões de pessoas

POR QUE RESTAURAR?

Contexto nacional

- **Desmatamento no Brasil:**

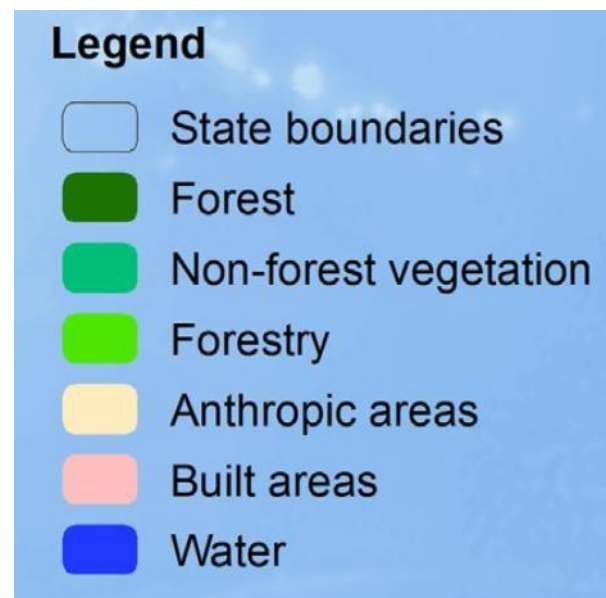
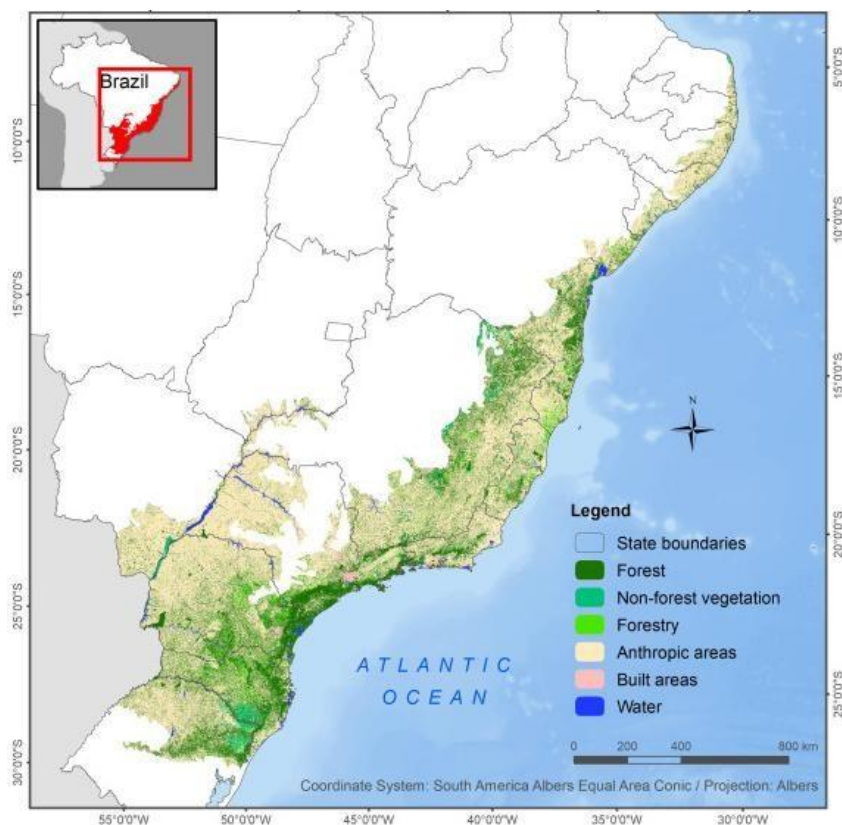
- cobertura vegetal remanescente em 2022



POR QUE RESTAURAR?

Contexto nacional

- **Mata Atlântica:** 11-28% da cobertura original (no Brasil)



POR QUE RESTAURAR?

Uso não-racional dos recursos

Geração de áreas improdutivas no Brasil

- Desmatamento histórica/e acima do permitido/necessário
- Falta de planejamento => baixa eficiência produtiva
- Práticas agrícolas inadequadas



POR QUE RESTAURAR?

Áreas improdutivas no Brasil

- 228 milhões de ha improdutivo (> que o Amazonas)
- Aumento de >70% entre 2003 e 2010
 - Terra improdutivo: abandonadas ou produzindo abaixo da capacidade

Evolução da Concentração da Propriedade da Terra no Brasil Medida pelos Imóveis – 2003/2010

Classificação Imóveis	2003			2010			Crescimento da área por setor 2010/2003
	Número	Área (há.)	Peso s/área total	Número	Área(há.)	Peso s/área total	
1. Minifúndio	2.736.052	38.973.371	9,3%	3.318.077	46.684.657	8,2%	19,7%
2. Pequena Propriedade	1.142.937	74.195.134	17,7%	1.338.300	88.789.805	15,5%	19,7%
3. Média Propriedade	297.220	88.100.414	21,1%	380.584	113.879.540	19,9%	29,3%
4. Grande Propriedade	112.463	214.843.865	51,3%	130.515	318.904.739	55,8%	48,4%
a) Improdutivo	58.331	133.774.802	31,9%	69.235	228.508.510	(40,0%)	71,0%
b) Produtivo	54.132	81.069.063	19,4%	61.282	90.396.229	(15,8%)	11,5%
5. Total- Brasil	4.290.482	418.456.641	100%	5.181.645	571.740.919	100%	36,6%

Fonte: Cadastro do INCRA – Classificação segundo dados declarados pelo proprietário – e de acordo com a Lei Agrária/93

POR QUE RESTAURAR?

Áreas improdutivas no Brasil



**Quais são as
consequências do
uso inadequado do
solo?**

POR QUE RESTAURAR?

Consequências

- **Erosão e deslizamento de encostas**
 - perda de solo produtivo e riscos à população



Vossoroça

POR QUE RESTAURAR?

Consequências

- Perda de solo (em superfície)

68

Tabela 2: Perdas de solo estimadas pelo Método de Erosão Potencial (EPM) para as classes de uso de terra na sub-bacia Hidrográfica do Córrego Pântano II, Alfenas, Minas Gerais, Sudeste do Brasil.

Uso da Terra	Área (ha)	Perda Média (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Perda Total (Mg ano ⁻¹)
Cana-de-açúcar	287,0	1,74	499,38
Pastagem	179,9	0,90	161,91
Eucalipto	32,3	1,63	52,65
Café	21,9	1,34	29,35
Mata Nativa	34,4	0,17	5,85
Solo Exposto	6,7	3,92	26,26
Mineração	5,3	2,86	15,15
Vias de acesso	12,9	2,01	25,93
Área Urbana*	3,8	-	-
Área de Deposição**	34,1	-	-
Drenagem*	5,3	-	-
Total	623,6	-	816,48

*Áreas não consideradas no cálculo de perdas de solo. **Área de deposição: calculada com medições em campo, coberta principalmente com pastagem.

POR QUE RESTAURAR?

Consequências

- **Assoreamento**
 - perda de quantidade e qualidade da água



POR QUE RESTAURAR?

Consequências

- **Poluição ou contaminação dos cursos d'água**
 - uso excessivo de adubos e defensivos químicos



POR QUE RESTAURAR?

Consequências

- **Alagamentos**
 - infiltração reduzida em paisagens desmatadas



POR QUE RESTAURAR?

Consequências

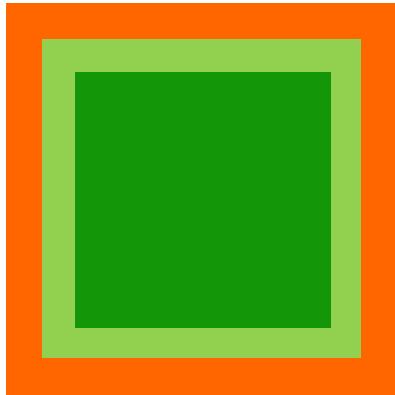
- **Impactos socioeconômicos**
 - 3,2 bilhões de pessoas afetadas pela degradação
 - Alto custo da perda de spp e serviços ecossistêmicos



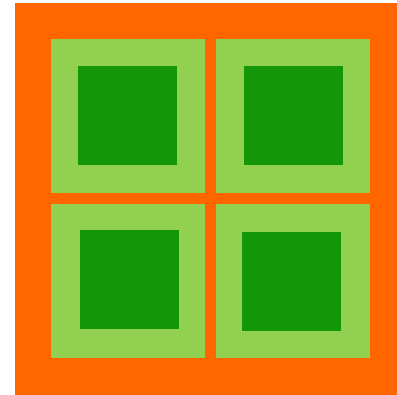
POR QUE RESTAURAR?

Consequências para a biodiversidade

- **Impactos ambientais: fragmentação**
 - menos habitat disponível
 - menor biodiversidade e maior riscos de extinção
 - maior quantidade de borda (hábitats alterados)
 - maior isolamento (menor fluxo gênico)



Habitat “íntegro”



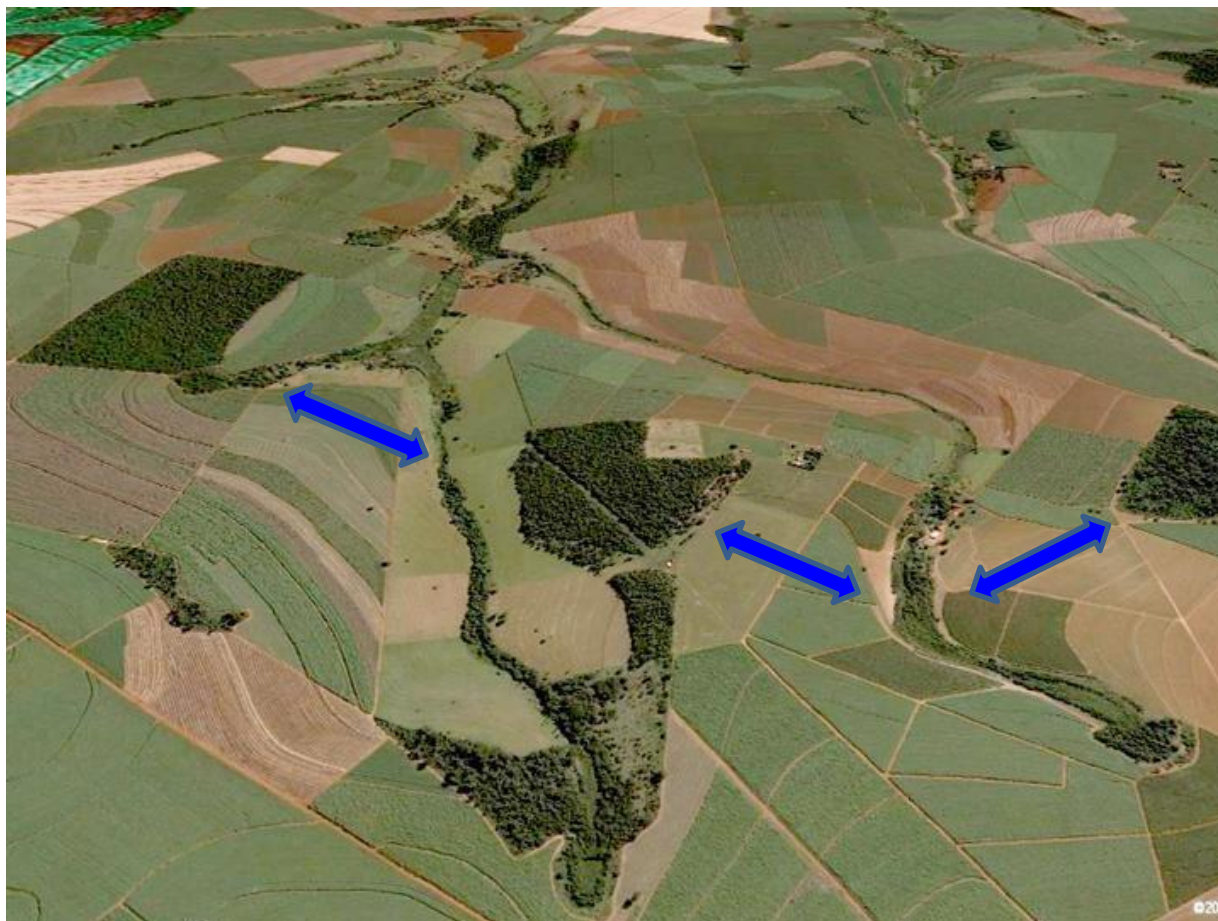
Habitat fragmentado

Benefícios da restauração

POR QUE RESTAURAR?

Benefícios da restauração

- **Aumentar a conectividade da paisagem**
 - menor isolamento (maior fluxo gênico)



POR QUE RESTAURAR?

Benefícios da restauração

- Aumentar a conectividade da paisagem
 - corredores ecológicos



POR QUE RESTAURAR?

Co-benefícios natureza-agricultura

- **Maior biodiversidade => Maior produtividade agrícola**



POR QUE RESTAURAR?

Benefícios da restauração

- Restauração ecológica pode ajudar:
 - Atenuar as crises climática e da biodiversidade
 - Provisão de água e outros serviços ecossistêmicos
 - Segurança alimentar, etc



POR QUE RESTAURAR?

Metas Globais de Restauração

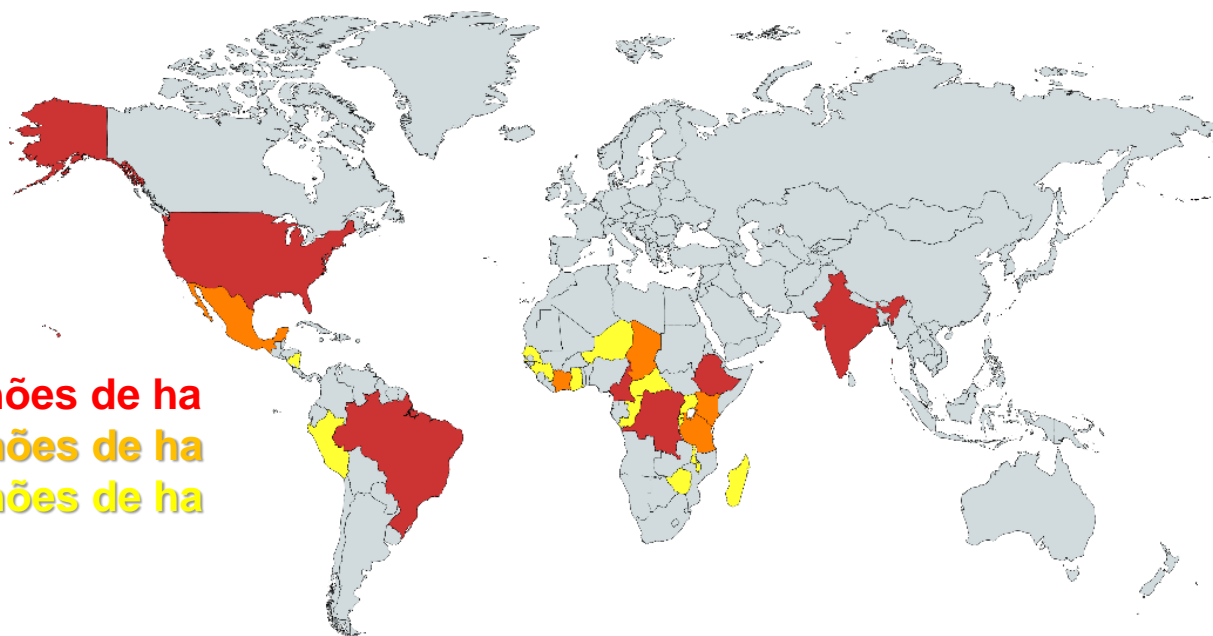
- **2021-2030: Década da Restauração de Ecossistemas**
- ONU + FAO



POR QUE RESTAURAR?

Metas Globais de Restauração

- **Acelerar o processo de restauração**
 - 350 milhões ha até 2030: equivalente a área da Índia
 - 210 milhões ha em 61 países até agora



≥ 8 milhões de ha
5-8 milhões de ha
2-5 milhões de ha



POR QUE RESTAURAR?

Planos e metas nacionais

- **Planaveg: 12 milhões ha até 2030**
 - Parte da Pol. Nac. de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg) (Decreto 8.972/2017)
- **Pacto: 15 milhões ha até 2050**
 - Só na Mata Atlântica



POR QUE RESTAURAR?

No Brasil

Obrigação de restaurar: Lei N°12.651, de 25 de maio de 2012 – Lei de Proteção da Vegetação Nativa



POR QUE RESTAURAR?

Mercado da restauração

- 42 empregos gerados por 100 hectares restaurados
- Potencial no Brasil: 1 a 2,5 milhões de empregos
- cadeia da restauração
 - produção de sementes, mudas, plantio, manutenção e monitoramento, assistência técnica, etc.

Received: 21 July 2021 | Accepted: 24 April 2022



DOI: 10.1002/pan3.10370

RESEARCH ARTICLE

UN decade on ecosystem restoration



Ecosystem restoration job creation potential in Brazil

Pedro H. S. Brancalion^{1,2}  | Ludmila Pugliese de Siqueira^{1,2} | Nino T. Amazonas^{3,4} |
Mayte B. Rizek⁴ | Alex F. Mendes^{1,2} | Edson L. Santiami² | Ricardo Ribeiro Rodrigues⁵ |
Miguel Calmon⁶ | Rubens Benini⁷ | Julio R. C. Tymus⁷ | Karen D. Holl⁸  |
Rafael B. Chaves^{9,10,11}

BASES ECOLÓGICAS DA RESTAURAÇÃO

BASES DA RESTAURAÇÃO

Restauração ecológica

- “Intervenção humana para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica”
 - restaurar processos!



BASES DA RESTAURAÇÃO

Porque restaurar processos?

- Garantir que o ecossistema restaurado evolua e se mantenha sem intervenções futuras



- Alta manutenção e custo
- Menor diversidade



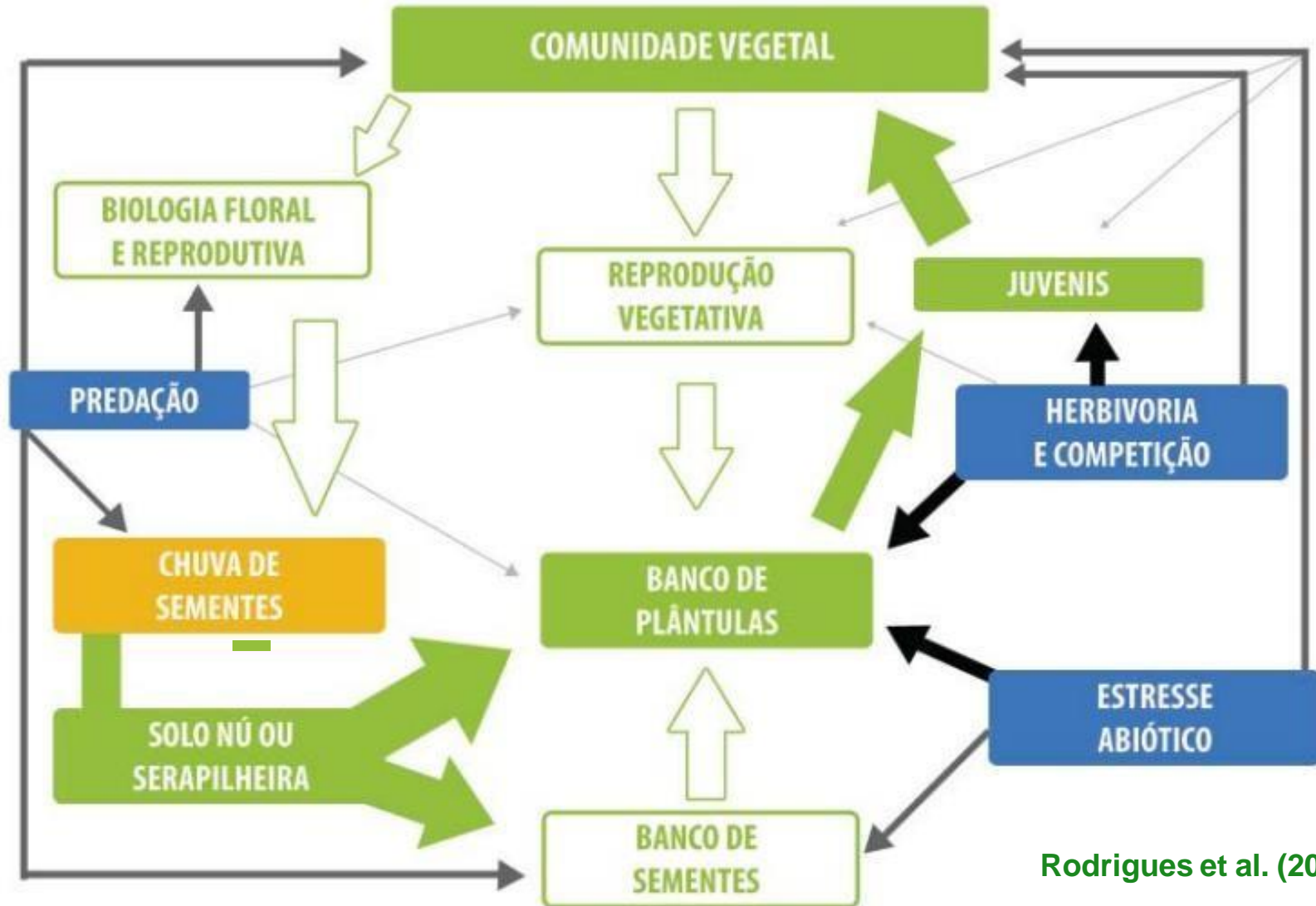
- Sem manutenção ou custo
- Maior diversidade

Quais processos devemos restaurar?

- **Sucessão ecológica**
 - Chegada, crescimento e substituição das espécies
 - Retomada da produtividade primária
- **Ciclos biogeoquímicos (atmosfera e solo)**
 - Ciclagem de nutrientes
 - Escoamento/infiltração/retenção de água no solo
 - Evapotranspiração, matéria orgânica, etc.
- **Interações entre as espécies**
 - Polinização, Dispersão, Predação, Competição

BASES DA RESTAURAÇÃO

Processos ecológicos?



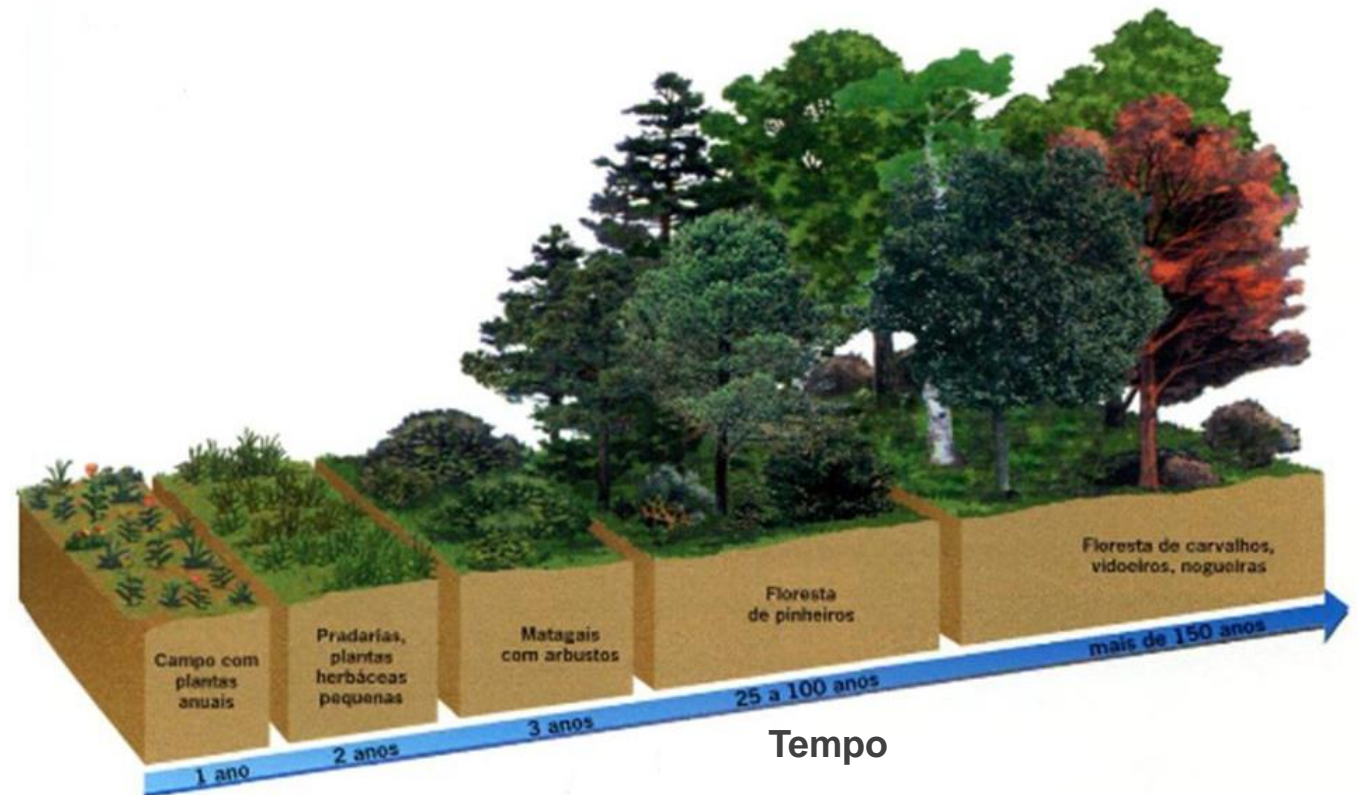
Rodrigues et al. (2009)

BASES DA RESTAURAÇÃO

Quais processos devemos restaurar?

- **Sucessão ecológica**

- Processo contínuo de mudanças ambientais e de composição de espécies ao longo do tempo



BASES DA RESTAURAÇÃO

Quais processos devemos restaurar?

- **Sucessão ecológica**

- Regeneração natural: Indivíduos devem substituir os outros ao longo do tempo
- Regeneração local ou dispersão de outras áreas



Quais processos devemos restaurar?

- **Sucessão ecológica**

- Germinação: estimular a germinação das sementes que permanecem viáveis no solo
- Banco de sementes: pode conter nativas – desejáveis, ou exóticas/invasoras – não desejáveis



BASES DA RESTAURAÇÃO

Quais processos devemos restaurar?

- **Sucessão ecológica**

- Reprodução assexuada: rebrota de troncos e raízes
- Comum em algumas espécies florestais e frequente nas savanas e restingas

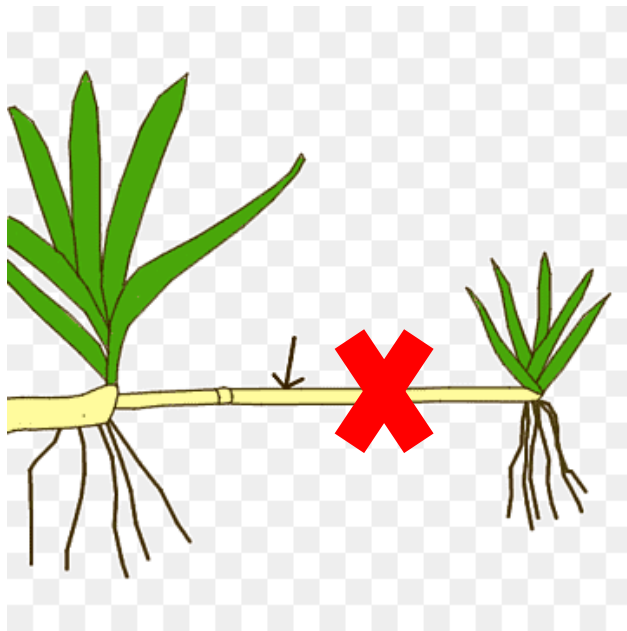


Imagem: Luiz Carlos Vaz

BASES DA RESTAURAÇÃO

Quais processos devemos restaurar?

- Interações entre espécies

- Polinização:

- Há oferta de recursos aos polinizadores o ano todo?
 - Há indivíduos masculinos e femininos das espécies dioicas?
 - Há indivíduos suficiente para manter a diversidade genética?



Zoofilia e alogamia são predominantes em florestas tropicais

BASES DA RESTAURAÇÃO

Quais processos devemos restaurar?

- Interações entre espécies

- Dispersão:

- Fundamental para aumentar/manter a diversidade, em especial para as espécies não plantadas
 - Há abrigo e recursos para os dispersores o ano todo?



Zoocoria é predominante em florestas tropicais

**E se todos os
processos
ecológicos foram
perdidos?**

BASES DA RESTAURAÇÃO

Os processos foram todos perdidos?

- **Necessidade de restauração (ativa)**
 - Área não se recuperará sem intervenção humana



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- 3 Fases: Estruturação, Consolidação e Maturação



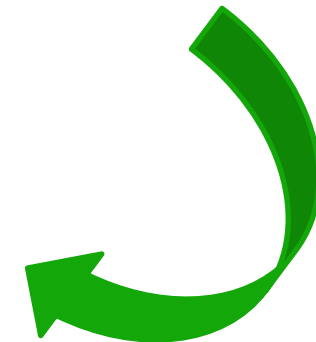
1 ano (estruturação)



10 anos (consolidação)



40 anos (maturação)



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- Divisão didática de um processo contínuo
- Esquema desenvolvido para florestas fechadas



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- **Fase de estruturação** (0-10 anos, em geral)
 - Início da criação da estrutura da vegetação
 - Primeiro dossel - “teto” de pioneiras
 - Exclusão de espécies exóticas



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- **Fase de consolidação** (10-30 anos, em geral)
 - Primeiro dossel (pioneiras) entra em senescência
 - Secundárias iniciais começam a ocupar espaço



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

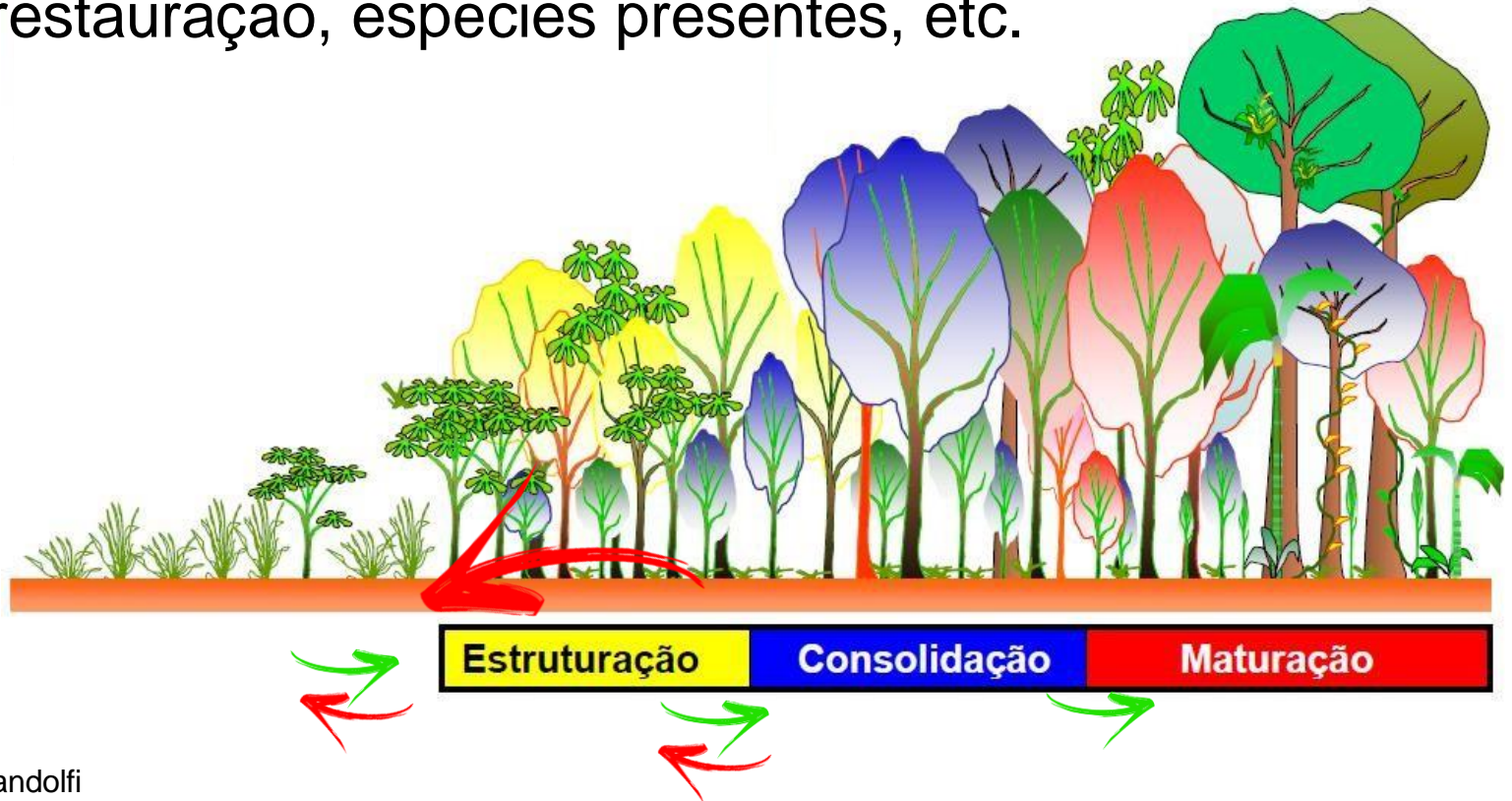
- **Fase de maturação** (a partir de 30 anos, em geral)
 - Lenta acumulação de novas espécies e estrutura
 - Fase mais longa, sem fim definido
 - Dinâmica de clareiras no dossel



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- **Reforçando: Divisão didática!**
 - Área pode estagnar ou regredir a fases anteriores
 - Duração das fases varia com clima, solo, método de restauração, espécies presentes, etc.



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- Falha na estruturação
 - Gramíneas exóticas não excluídas



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- **Sucesso na estruturação**
 - Gramíneas exóticas excluídas



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- Final da estruturação e início da consolidação
 - Dossel inicial sendo substituído



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- **Sucesso na consolidação**
 - sombreamento mantido, dispersão/regeneração local e início da maturação



BASES DA RESTAURAÇÃO

Fases da restauração

- **Sucesso na consolidação**
 - Diversidade compatível com o sistema sendo restaurado (e.g. floresta, cerrado, restinga, etc.)

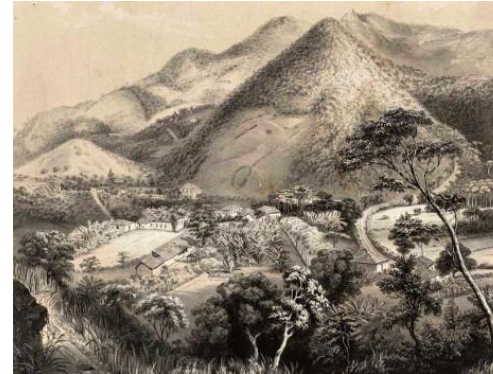


**HISTÓRICO DA
RESTAURAÇÃO
NO BRASIL**

HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 1: 1862-1892, Parque Nacional da Tijuca**
 - Crise hídrica no Rio de Janeiro (devido ao desmatamento)
 - Ordenado por Dom Pedro II - início da restauração no BR



HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 1: 1906, Parque da ESALQ**
 - 15 ha de áreas degradadas por café e algodão
 - Restauro com mudas nativas (e algumas exóticas)



<https://www.esalq.usp.br/parque/toppage1.htm>

HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 1: Década de 60, Cosmópolis**
 - Restauro com mais de 55 anos de idade
 - Plantio de nativas e exóticas, alto custo



HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 1: Plantios sem muitos critérios**
 - Restauração ecológica não era uma disciplina
 - “Plantios de proteção” – s/ preocupação com diversidade
 - Espécies nativas e exóticas, principalmente madeiras
 - Muito tempo/manutenção para atingir fisionomia florestal



HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 2: fim dos anos 1970**
 - Redução do tempo para atingir uma fisionomia florestal
 - Base na sucessão ecológica (uso de pioneiras)
 - Foco em nativas brasileiras (mas não regionais)
 - Poucas espécies nos viveiros (baixa divers.: máx. 30 spp.)
 - Baixo sucesso dos plantios (baixa dispersão pós-plantio)



Restauração no Brasil

- **Fase 3: 1980 a 1990**

- Tentativa de cópia das florestas remanescentes bem conservadas (ecossistemas de referência)
- Aceitava-se ideia de comunidade clímax única
- Plantio de mudas (previsibilidade), alta diversidade

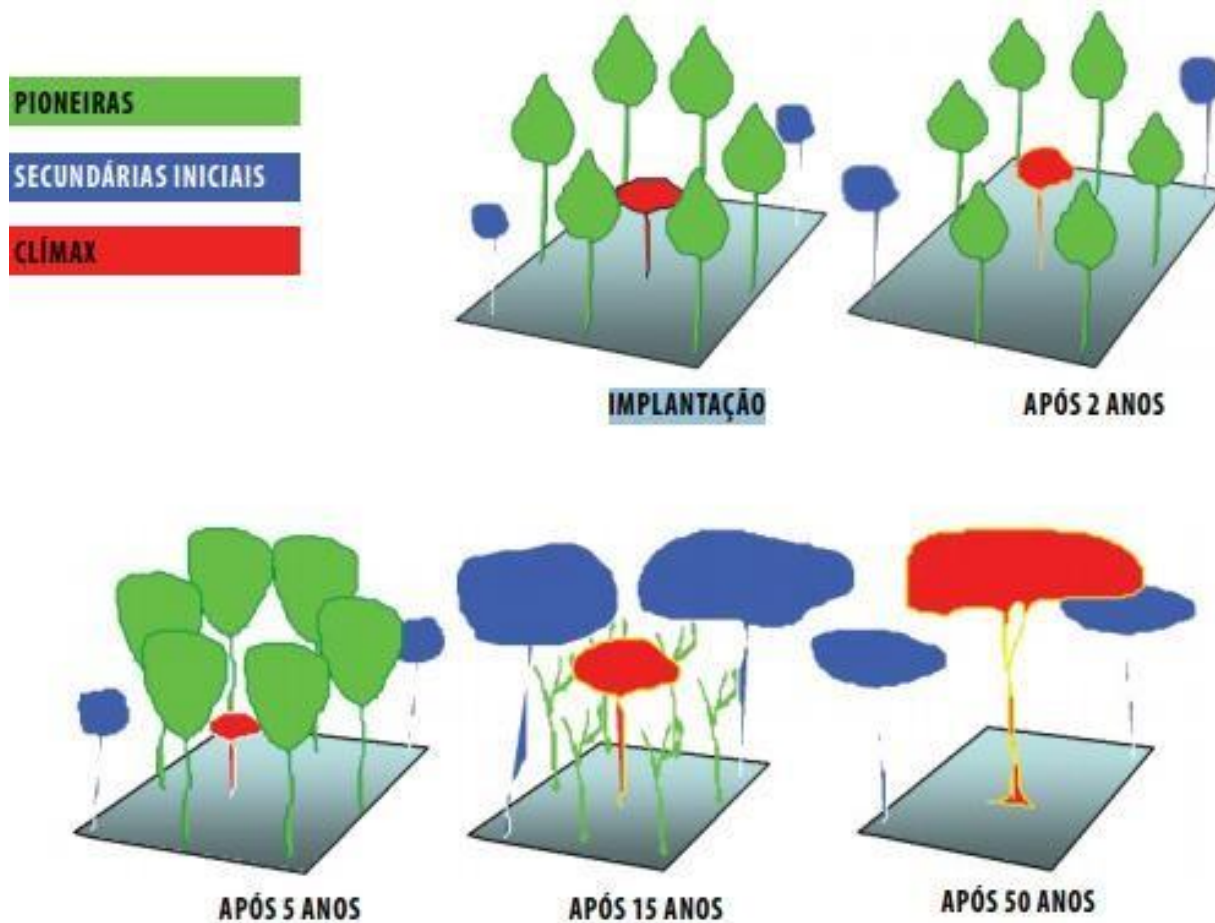
Iracamépolis-SP



HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- Fase 3: 1980 a 1990



Restauração no Brasil

- **Fase 4: 1990 a 2010**

- Sucessão ecológica não determinística
- Foco na recuperação de processos ecológicos
manutenção da floresta
- Alta diversidade (80 a 90 espécies por hectare)
- Adoção de métodos alternativos ao plantio de mudas

HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- Fase 4: 1990 a 2010
 - Sucessão ecológica não determinística

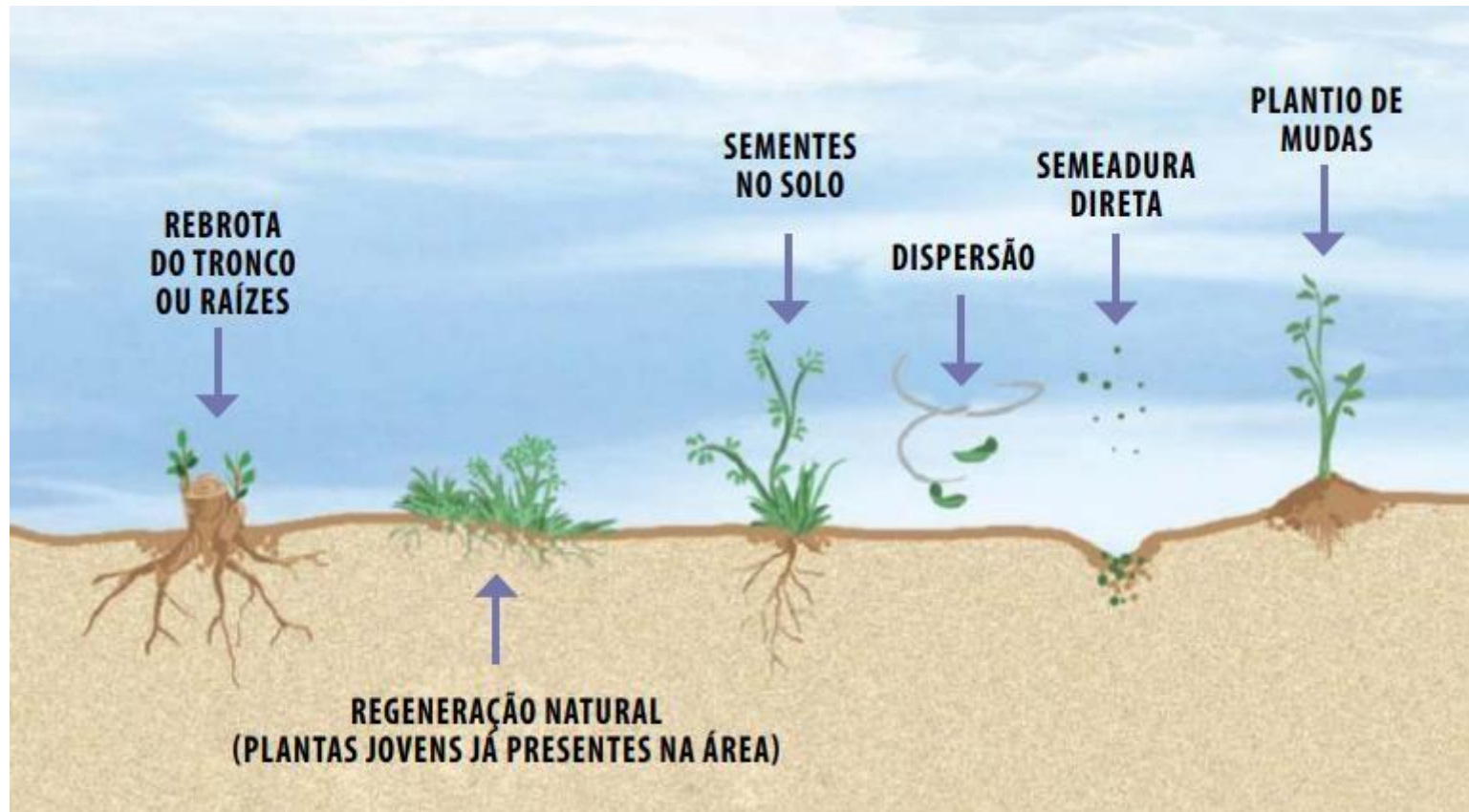


HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 4: 1990 a 2010**

- Aceitação de métodos menos previsíveis (e custosos!)



HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 5: a partir de 2010 (fase atual)**
 - Mesmos princípios da fase 4, buscando reduzir custos
 - Tentativa de aumentar a adesão de produtores
 - De que adianta ter a técnica se o produtor não tiver motivação a fazê-lo?



HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 5 (fase atual): dar escala à restauração**
 - Pagamento por serviços ambientais
 - Uso econômico da restauração
 - Uso de mudas menores e semeadura direta
 - Envolvimento de múltiplos atores (empresas, viveiros, governos,...)



HISTÓRICO DA RESTAURAÇÃO

Restauração no Brasil

- **Fase 5 (fase atual): dar escala à restauração**
 - Uso econômico de florestas em restauração



https://www.youtube.com/watch?time_continue=16&v=Sz9sHP39cgQ

Finalizando...

PARA SABER MAIS...



BRANCALION, P.H.S., GANDOLFI, S. & RODRIGUES, R.R. (2015). **Restauração Florestal**. 1ª ed, Oficina de Textos, São Paulo. Capítulos 1 a 3 e 5.



RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Org.) (2009). **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Instituto BioAtlântica, São Paulo

<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/produtos/livros/pacto2009.pdf>

PARA SABER MAIS...

Vídeos e reportagens atuais

Reportagem da Pesquisa FAPESP:

[http://agencia.fapesp.br/reflorestar-sim-
mas-e-preciso-saber-
onde-e-como/31709/](http://agencia.fapesp.br/reflorestar-sim-mas-e-preciso-saber-onde-e-como/31709/)

Restauração de corais:

[https://www.youtube.com/watch?time_
continue=124&v=BMC
fiLnncg8&feature=
emb_logo](https://www.youtube.com/watch?time_continue=124&v=BMCfiLnncg8&feature=emb_logo)

Plantio escalonado:

<https://www.youtube.com/watch?v=Z2tqWyYsrBU>

Uso econômico de Reserva Legal:

[https://www.youtube.com/watch?time_
continue=16&v=Sz9sH
P39cgQ](https://www.youtube.com/watch?time_continue=16&v=Sz9sHP39cgQ)

Pagamento por serviços ambientais:

<https://www.youtube.com/watch?v=i6GLOfoXTNU>

LEITURA COMPLEMENTAR

INSIGHTS

PERSPECTIVES

ECOLOGY

Tree planting is not a simple solution

Tree planting must be carefully planned and implemented to achieve desired outcomes

By Karen D. Holl¹ and Pedro H. S. Brancalion²

A plethora of articles suggest that tree planting can overcome a host of environmental problems, including climate change, water shortages, and the sixth mass extinction (1–3). Business leaders and politicians have jumped on the tree-planting bandwagon, and numerous nonprofit organizations and governments worldwide have started initiatives to plant billions or even trillions of trees for a host of social, ecological, and



This mixed-species tree-planting project is part of a larger-scale initiative to restore 15 million hectares of Brazil's Atlantic Forest.

at Univer



PLANTIO DE ÁRVORES NÃO É UMA SOLUÇÃO SIMPLES

Karen D. Holl, Pedro H. S. Brancalion

Science 08 May 2020:
Vol. 368, Issue 6491, pp. 580-581
DOI: 10.1126/science.aba8232
Tradução: Ricardo Gomes César

O plantio de árvores deve ser planejado e implementado cuidadosamente para alcançarmos os benefícios da restauração.

Tradução de: Holl KD, Brancalion PH (2020) **Tree planting is not a simple solution.** Science 368(6491):580-581.

<http://bemambiental.org.br/site/wp-content/uploads/2020/06/plantio-nao-solucao.pdf>

LEITURA SUGERIDA

Biological Conservation 142 (2009) 1242–1251



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Biological Conservation

journal homepage: www.elsevier.com/locate/biocon



On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest

Ricardo R. Rodrigues, Renato A.F. Lima *, Sérgio Gandolfi, André G. Nave

Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF), Departamento de Ciências Biológicas, ESALQ - Universidade de São Paulo. Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, P.O. Box 9, Piracicaba, São Paulo, Brazil

Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S., Nave, A.G. (2009) **On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest.** *Biological conservation* 142(6): 1242-1251.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320708004771>

PARA LEVAR PRA CASA...

- **Melhor conservar que restaurar**
- Recuperar **ecossistemas**, mas também seus **valores econômicos e sociais**
- Restauração de **processos ecológicos** e não apenas plantar florestas
- Adequação ambiental traz **benefícios para a produtividade agrícola**
- Desafio atual: **dar escala à restauração**