

SUCESSÃO ECOLÓGICA

Profs. Flávio B. Gandara & Renato Lima



PLANO DE AULA

- **Definições e conceitos**
- **Histórico**
- **Fatores condicionantes da sucessão**
- **Estratégias das espécies**
- **Dinâmica da vegetação**



OBJETIVOS DA AULA

Dar elementos para responder:

- O que é sucessão ecológica?
- Porque ela é importante?
- O que determina o resultado da sucessão?
- O que são grupos ecológicos de espécies?
- Como a vegetação madura se mantém no tempo?



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

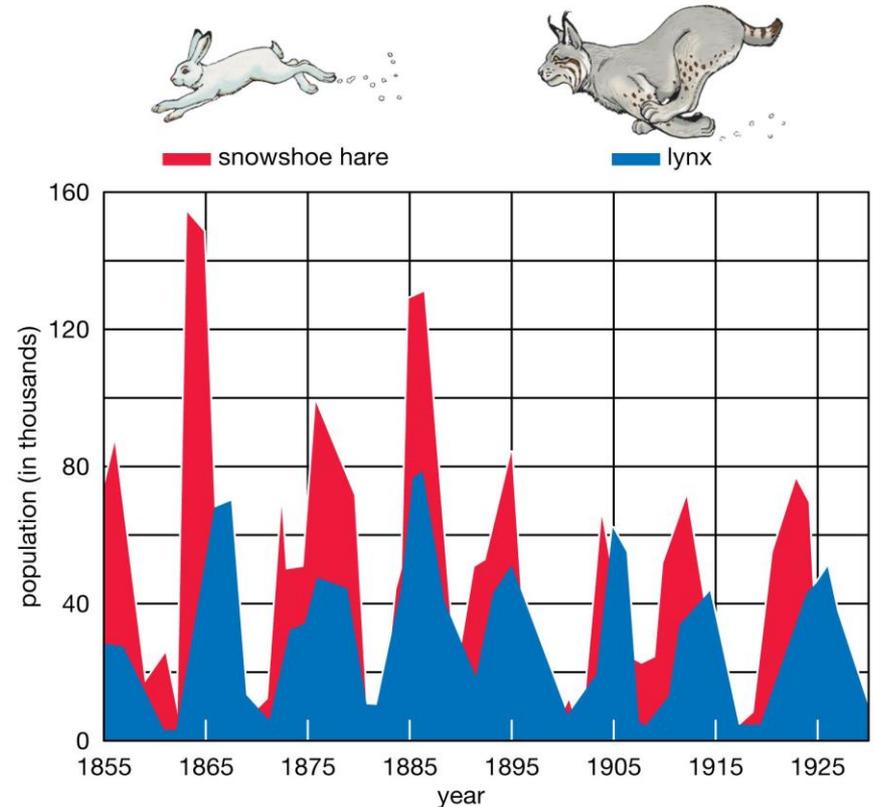
DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Natureza em contínua mudança

- Mudanças cíclicas
 - Sazonalidade climática ou dinâmica de populações



Sazonalidade



Dinâmica de populações

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Natureza em contínua mudança

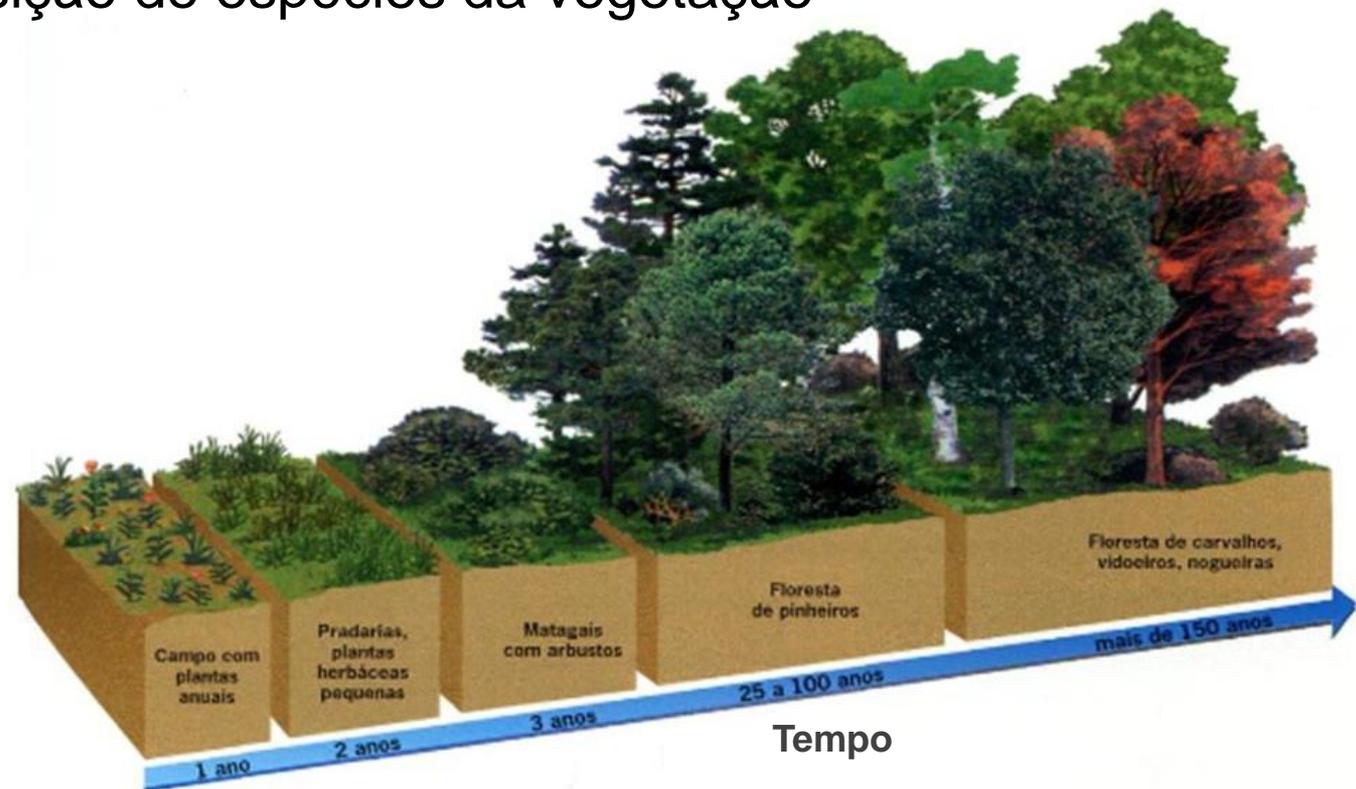
- Mudanças direcionais → sucessão ecológica
 - Mais longas que as estações do ano
 - Criação de novos ambientes ou recuperação da vegetação pré-existente



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

O que é sucessão ecológica?

- **Definição**: Processo contínuo de mudanças* em um local ao longo do tempo
 - *mudanças: no ambiente físico e na estrutura e composição de espécies da vegetação



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Sucessão ecológica

- Conceito desenvolvido por ecólogos vegetais, mas não se restringe apenas à vegetação



Recifes de corais



Costões rochosos



Carcças de animais

DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Sucessão primária

- Sucessão em locais não ocupados anteriormente
 - Processo mais lento (centenas de anos)
 - Ambiente recém-formados
 - Exemplo: ilhas vulcânicas



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Sucessão primária

- Sucessão em locais não ocupados anteriormente
 - Processo mais lento (centenas de anos)
 - Ambiente recém-formados
 - Exemplo: rochas expostas



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Sucessão primária

- Sucessão em locais não ocupados anteriormente
 - Processo mais lento (centenas de anos)
 - Ambiente recém-formados
 - Exemplo: dunas arenosas

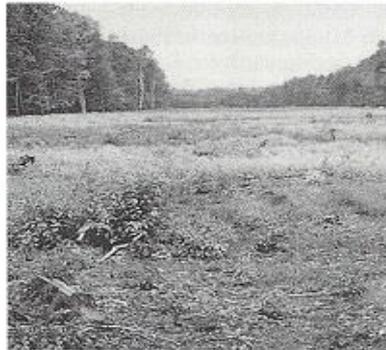


DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Sucessão secundária

- Sucessão em locais já ocupados que foram alterados
 - Processo mais rápido (décadas)
 - Exemplo: pasto abandonado após corte-raso

(a) Abandono



(b) 7 anos



(c) 15 anos



(d) 30 anos



(e) 95 anos



(f) >120 anos



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Sucessão secundária

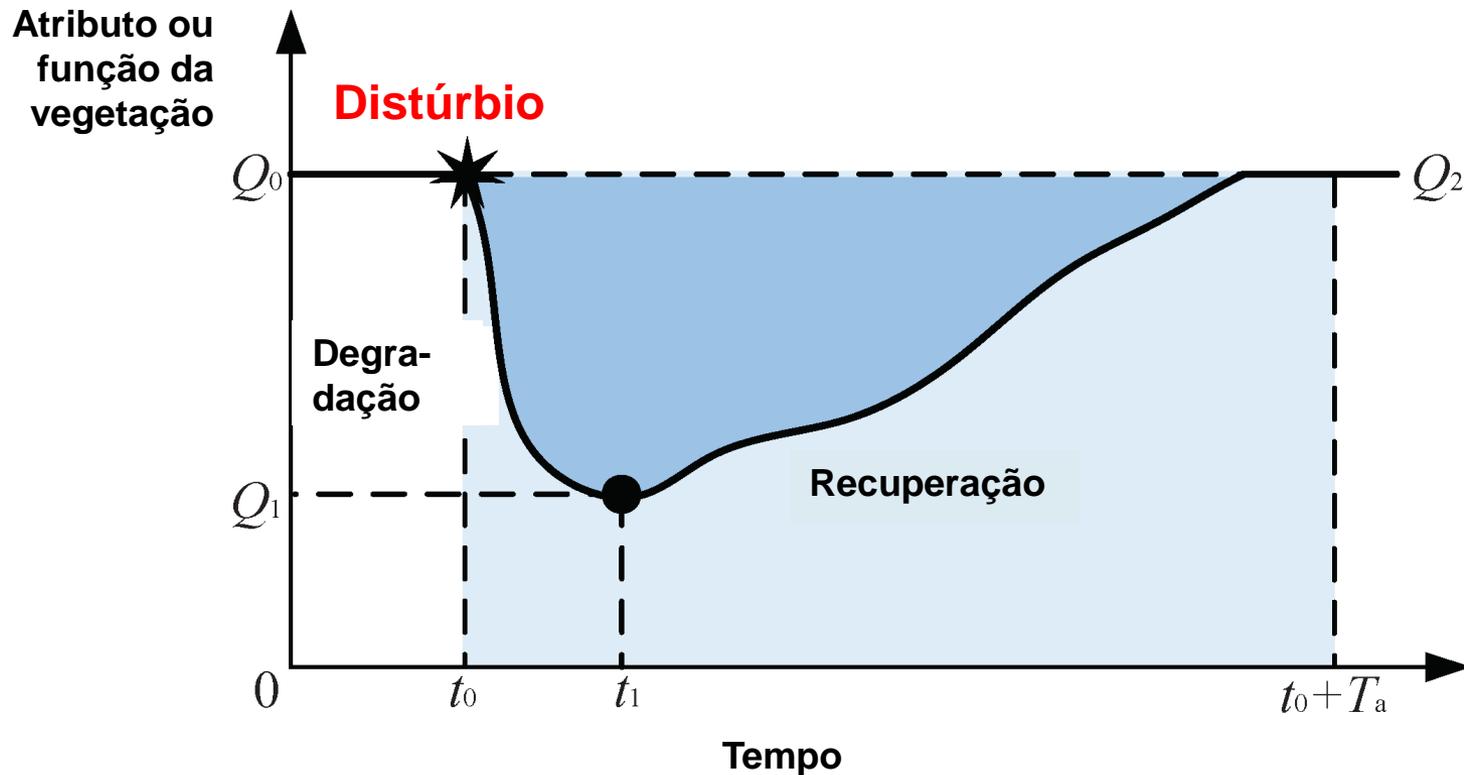
- Sucessão em locais já ocupados que foram alterados
 - Processo mais rápido (décadas)
 - Exemplo: fogo



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Sucessão secundária

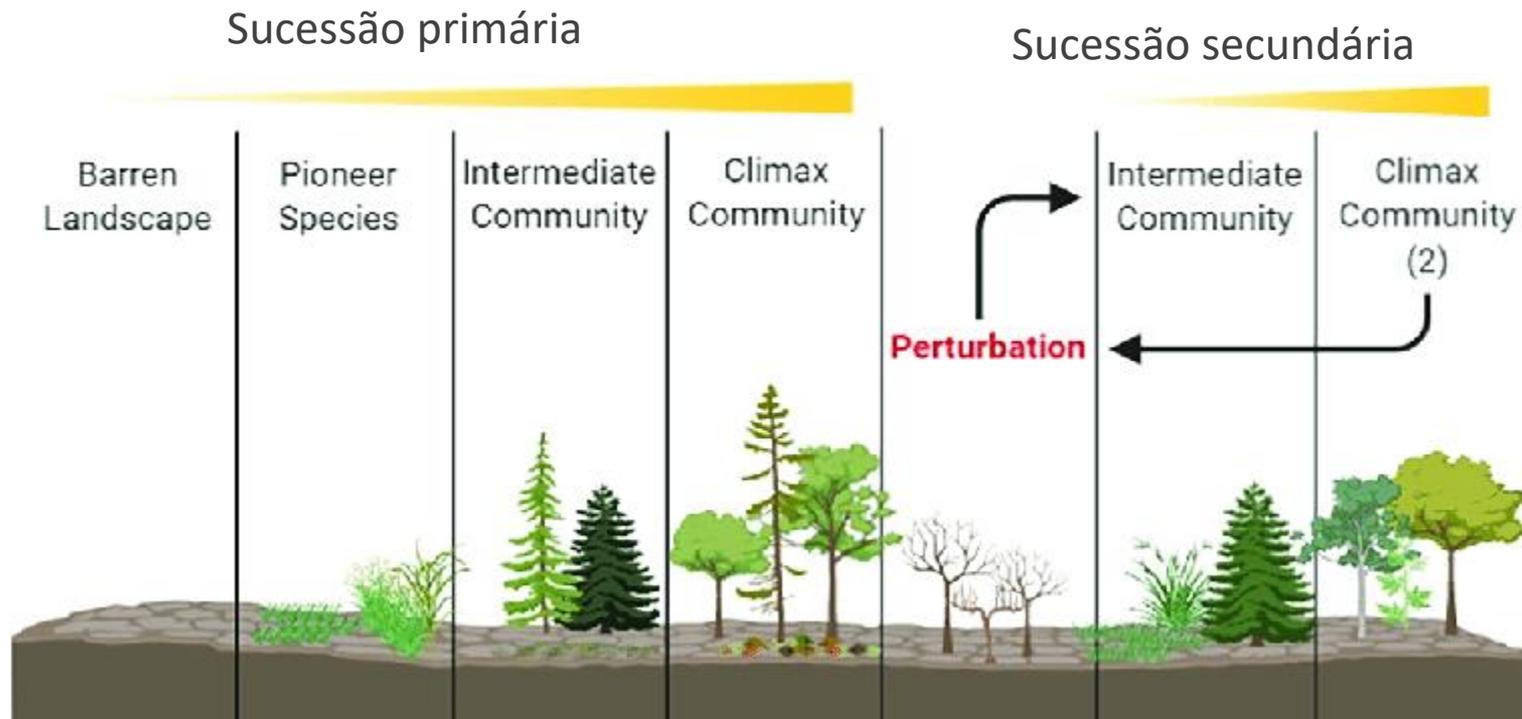
- Se inicia após um distúrbio ou perturbação
 - Distúrbio remove parte da vegetação ou toda ela



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Sucessão primária ou secundária?

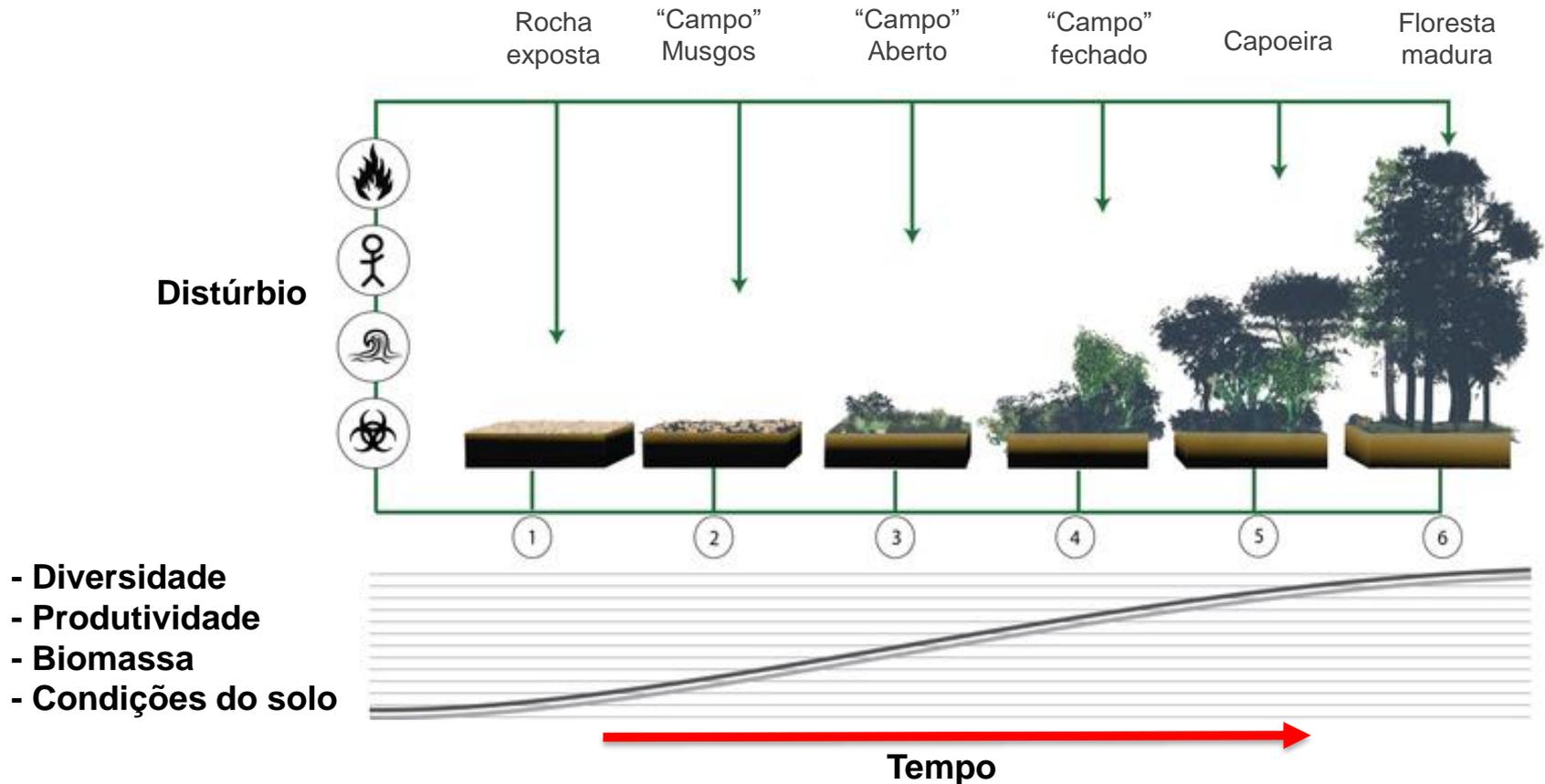
- Sucessão como processo contínuo e dinâmico de mudanças



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Tendências sucessionais

- **Trajétoria esperada** (dentro da visão tradicional)
 - Aumento da diversidade, complexidade e produtividade



DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Importância da sucessão ecológica

- **Conservação dos ecossistemas naturais**
 - Controle de invasoras, fogo controlado, etc.
- **Restauração de áreas degradadas**
 - Definição de objetivos, métodos e nível de intervenção
- **Planejamento agrícola**
 - Plantio sombreado, manejo florestal e sistemas de corte/queima/pousio



Manejo do fogo



Restauração ecológica



Manejo florestal

SUCESSÃO ECOLÓGICA

HISTÓRICO

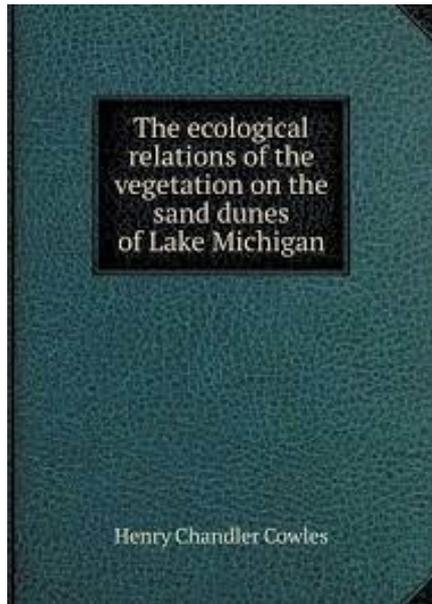
HISTÓRICO

Conceito de sucessão

- **H.C. Cowles (1899)**
 - Vegetação em dunas de diferentes idades representam diferentes estágios sucessionais
 - Dunas ao redor do lago Michigan (E.U.A.)



Henry C. Cowles
(1869-1939)



Conceito de sucessão

- **Visão tradicional**
 - Processo ordenado e com fases previsíveis
 - Substituição previsível de espécies
 - Convergência para uma vegetação clímax e estável
 - Visão determinística, tradicional ou clássica:



Frederick Clements
(1874-1945)



Conceito de sucessão

- **Críticas à visão tradicional**

- H. A. Gleason

- Mais peso a fatores aleatórios (ex.: dispersão)
 - Sucessão menos previsível
 - Comunidade: conjunto de espécies independentes



Henry Gleason
(1882 – 1975)

- A. G. Tansley

- Não há um clímax único: comunidade clímax varia de acordo com o clima, solo e topografia
 - Sucessão também pode ser regressiva



Arthur Tansley
(1871 – 1955)

HISTÓRICO

Conceito de sucessão

- Evidências de campo

- Relação plantas e condições ambientais

- Não há duas vegetações iguais:

- Cada espécie tem requisitos diferentes (luz, T^oC, água)

- Plantas se distribuem individualmente nos gradientes

- Não há subdivisões claramente definidas

Robert H. Whittaker (1920-1980)



John T. Curtis (1913-1961)



gradiente de umidade

January, 1956

VEGETATION OF THE GREAT SMOKY MOUNTAINS

9

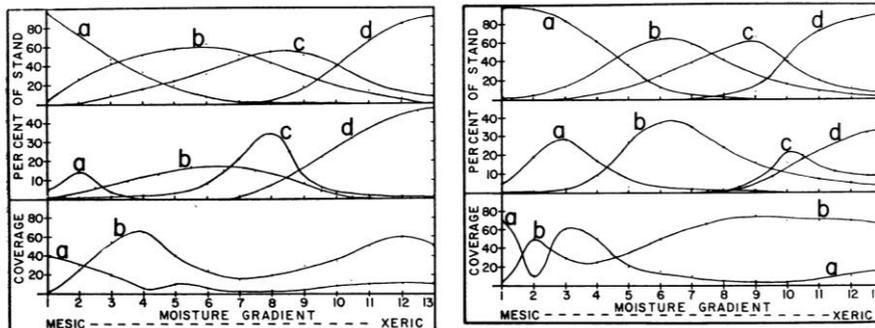


FIG. 2. Transect of the moisture gradient, 1500-2500 ft. Top—curves for tree classes: a, mesic; b, submesic; c, subxeric; d, xeric. Middle—curves for tree species: a, *Betula allegheniensis*; b, *Cornus florida*; c, *Quercus prinus*; d, *Pinus virginiana*. Bottom—curves for undergrowth coverages: a, herbs; b, shrubs.

FIG. 3. Transect of the moisture gradient, 2500-3500 ft. Top—curves for tree classes: a, mesic; b, submesic; c, subxeric; d, xeric. Middle—curves for tree species: a, *Halesia monticola*; b, *Acer rubrum*; c, *Quercus coccinea*; d, *Pinus rigida*. Bottom—curves for undergrowth coverages: a, herbs; b, shrubs.

gradiente de altitude

GREAT SMOKY MOUNTAINS

15

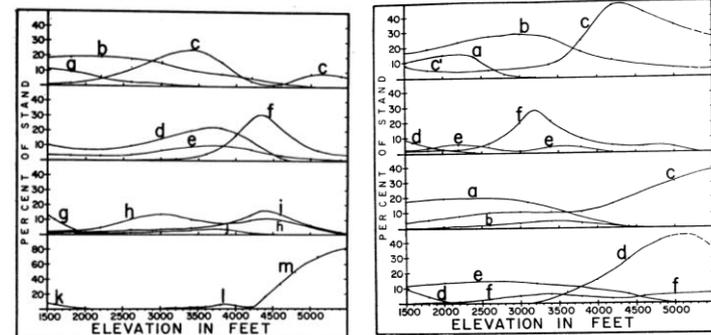


FIG. 8. Elevation transect in mesic sites, smoothed curves for tree species: a, *Liriodendron tulipifera*; b, *Tsuga canadensis*; c, *Halesia monticola*; d, *Tilia heterophylla*; e, *Acer saccharum*; f, *Acer spicatum*; g, *Carpinus caroliniana*; h, *Betula allegheniensis*; i, *Aesculus octandra*; j, *Fraxinus americana*; k, white, l, red, and m, gray populations of *Fagus grandifolia* (based on data for 200-foot intervals).

FIG. 9. Elevation transects in submesic and subxeric sites, smoothed curves for tree species. Above—submesic sites: a, *Cornus florida*; b, *Acer rubrum*; c and c', *Quercus borealis* and var. *maxima*; d, *Carya tomentosa*; e, *Carya glabra*; f, *Hamamelis virginiana*. Below—subxeric sites: a, *Quercus prinus*; b, *Sassafras albidum*; c, *Castanea dentata*; d, *Quercus alba*; e, *Oxydendrum arboreum*; f, *Robinia pseudoacacia*.

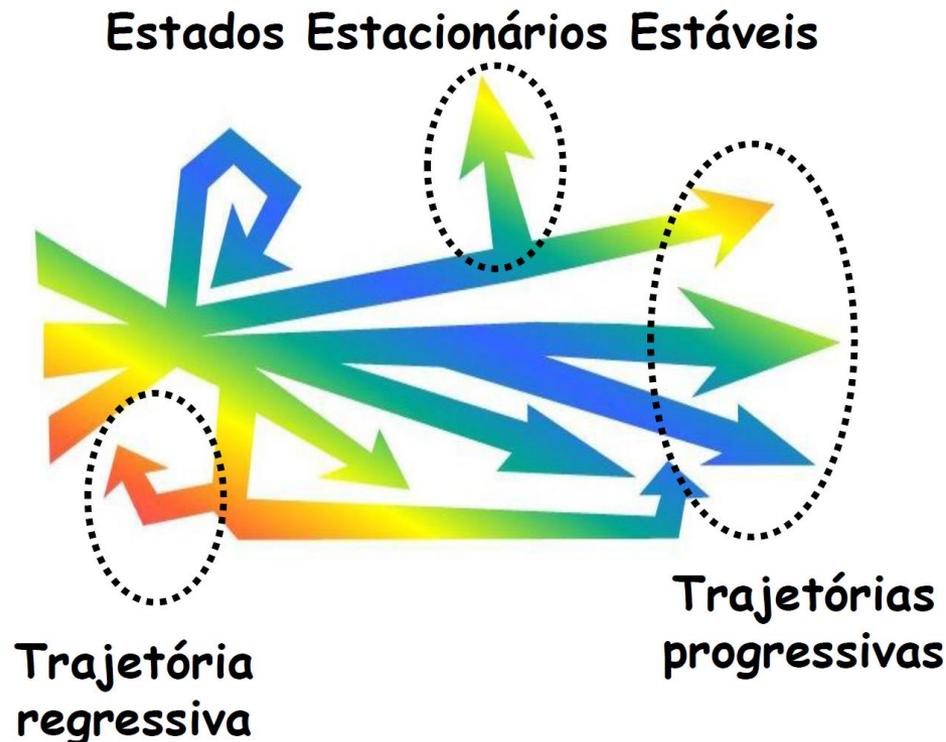
Conceito de sucessão

- **Mudança de paradigma! Visão contemporânea:**
 - Sucessão depende da combinação dos fatores
 - Processo aleatório: distúrbios, dispersão, histórico, etc.



Conceito de sucessão

- **Mudança de paradigma! Visão contemporânea:**
 - Várias trajetórias sucessionais possíveis
 - Várias vegetações finais possíveis



Conceito de sucessão

- **Mudança de paradigma! Visão contemporânea:**
 - Sucessão não é uma fatalidade



2002

Conceito de sucessão

- **Mudança de paradigma! Visão contemporânea:**
 - Sucessão não é uma fatalidade



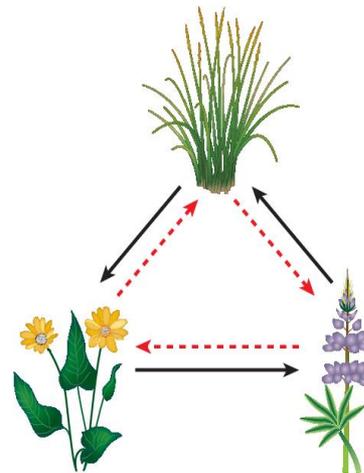
2012 (10 anos
depois)

FATORES CONDICIONANTES DA SUCESSÃO

FATORES CONDICIONANTES

Fatores condicionantes da sucessão

- Distúrbios e suas características
- Vegetação e/ou ambiente pré-existente
- Interações entre espécies presentes
- Eventos aleatórios: dispersão, efeito-de-fundador, invasões biológicas



FATORES CONDICIONANTES

Distúrbios

- **Distúrbio: “eventos relativamente discretos que causam mudanças na estrutura física* do ambiente”**
 - *estrutura física = vegetação + solo superficial
 - Parte integrante de comunidades naturais
 - Alteram a estrutura, composição e funcionamento da comunidade, além da disponibilidade de recursos



FATORES CONDICIONANTES

Distúrbios

- **Distúrbio:** mais genérico; inclui perturbação e catástrofe
 - Perturbação: flutuações normais da condição do sistema
 - Catástrofe: eventos destrutivos não habituais
- **Influência na comunidade depende:**
 - Características do distúrbio (regime de distúrbio)
 - Características da própria comunidade



Regime de distúrbio

- **Características**

- Tipos de agentes (ou fontes):
 - Naturais ou antrópicos
 - Físicos ou bióticos
 - Endógenos ou exógenos
- Tamanho (ou área): pequeno a grande
- Magnitude
- Frequência: rara a comum
- Previsibilidade: baixa a alta
- Entre outras características (não apresentadas aqui):
 - Distribuição espacial: restrita a ampla
 - Sinergia: baixa a alta

FATORES CONDICIONANTES

Tipos de agentes de distúrbio

- **Distúrbios naturais**

- Chuvas, tempestades, fogo, raios, ciclones/furacões, deslizamentos de terra, terremotos, geadas, enchentes e animais

Inundações



Herbivoria em massa

Chuvas excepcionais



Neves e geadas excepcionais (1918, 28 e 75 em SP)

FATORES CONDICIONANTES

Tipos de agentes de distúrbio

- **Distúrbios antrópicos**

- Corte seletivo, corte raso, gado, fogo, poluição, etc.



FATORES CONDICIONANTES

Tipos de agentes de distúrbio

- Distúrbios físicos e bióticos
 - Ação de agentes físicos ou de animais



Físico

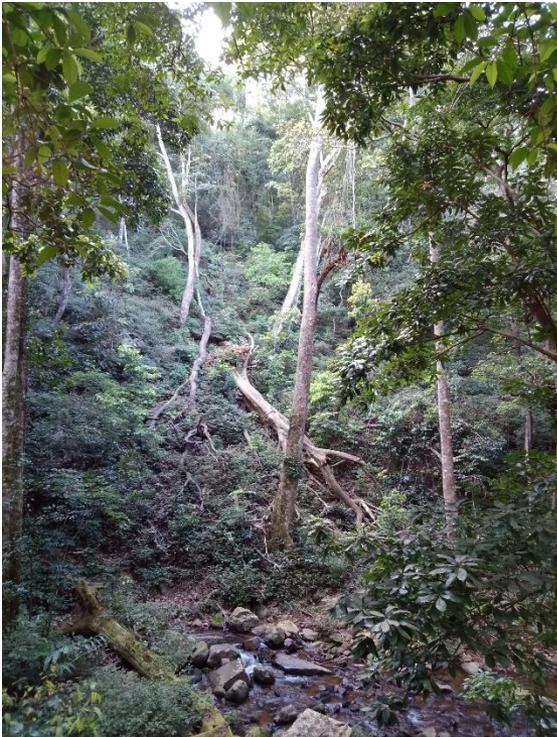
Biótico

FATORES CONDICIONANTES

Regime de distúrbio

- **Tamanho ou área (extensão espacial)**
 - Remoção de parte de um indivíduo até vários indivíduos
 - Modificações microclimáticas dependem do tamanho

Queda de
uma árvore



Distúrbio pequeno



Queda de
dezenas de
árvores

Distúrbio grande

FATORES CONDICIONANTES

Regime de distúrbio

- **Magnitude**

- Intensidade (força física) e severidade (impacto)
- Principal determinante da resposta da comunidade
 - distúrbio leve: afeta o desempenho dos indivíduos
 - distúrbio severo: influencia as taxas vitais das populações da comunidade toda



Menor magnitude



Maior magnitude

FATORES CONDICIONANTES

Regime de distúrbio

- **Magnitude**

- Relação entre tamanho e magnitude pode existir, mas não é obrigatória

Vento em
10ha



Menor magnitude



Maior magnitude

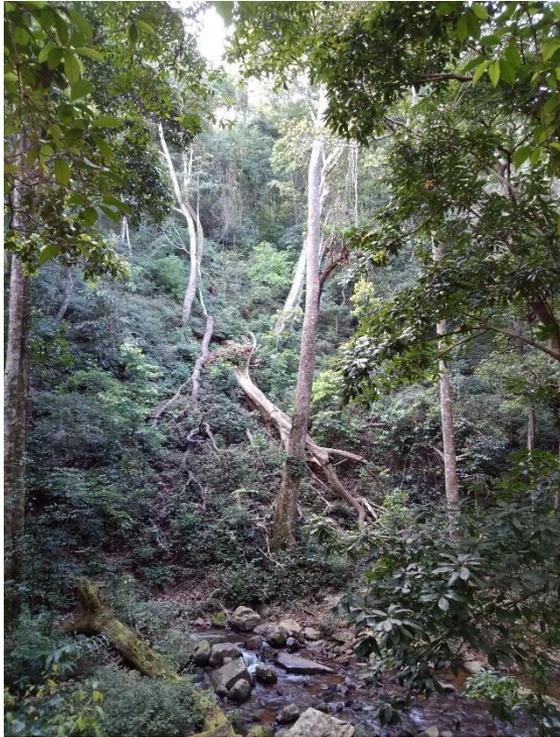
Fogo em
10ha

FATORES CONDICIONANTES

Regime de distúrbio

- **Frequência**
 - Chuva e ventos são frequentes
 - Deslizes, terremotos, etc. são menos frequentes

Queda de
árvores na
floresta



Alta frequência (comum)

Deslize de
encosta



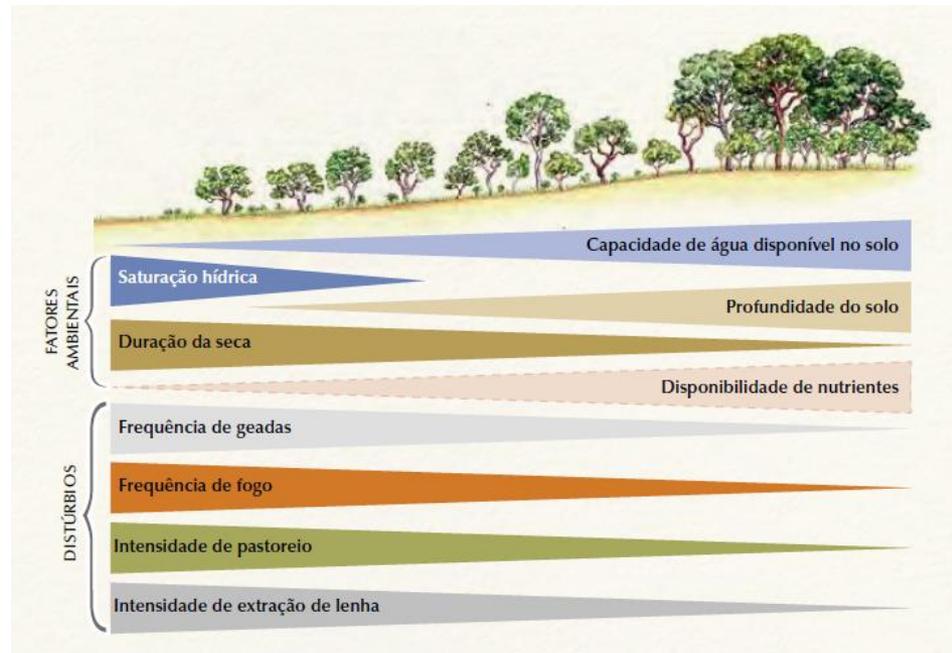
Baixa frequência (raro) White e Pickett (1985)

FATORES CONDICIONANTES

Regime de distúrbio

- **Fogo no Cerrado**

- Fogo com frequência e época corretas (fim da estação seca, início da chuvosa) é benéfico
 - Estímulo da floração, deiscência de frutos, germinação, ...
 - Mantém a diversidade de espécies não arbóreas



FATORES CONDICIONANTES

Regime de distúrbio

- **Fogo no Cerrado**

- Fogo antrópico: maior intensidade, frequência e em qualquer época do ano pode gerar perdas de biodiversidade



FATORES CONDICIONANTES

Regime de distúrbio

- Previsibilidade

- Estação do ano pode influencia a previsibilidade dos distúrbios

Queda de
árvores na
floresta



Estação chuvosa

Fogo no Cerrado



Estação seca

Outros fatores importantes...

FATORES CONDICIONANTES

Comunidade pré-existente

- **Mesmo distúrbio, mas comunidades diferentes**
 - Ocorrência ou não de espécies adaptadas a uma determinada condição ambiental ou histórico de distúrbios
 - Exemplo: fogo em floresta úmida X fogo em savana



Floresta



Savana

FATORES CONDICIONANTES

Comunidade pré-existente

- Mesmo distúrbio, mas comunidades diferentes
 - Clareira em floresta fechada X de dossel mais aberto

Cerradão



Restinga

Mata Seca



Floresta
Ombrófila
Densa



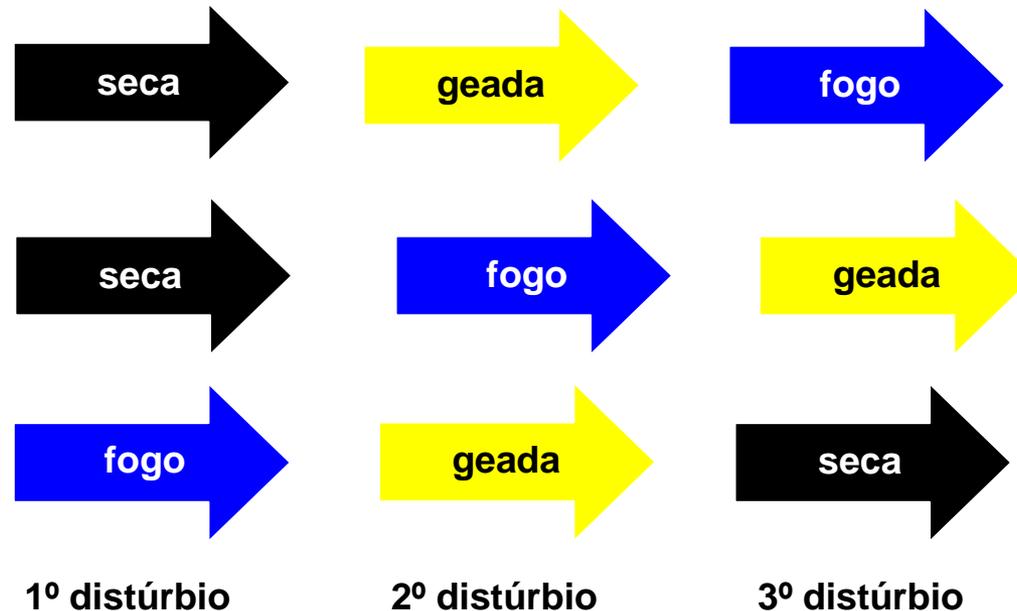
Floresta de dossel fechado

Floresta de dossel aberto

FATORES CONDICIONANTES

Condições ambientais locais

- **Capacidade de recuperação frente a um distúrbio**
 - Fertilidade dos solos, umidade, clima
 - Histórico de distúrbios (ou de uso da terra): a sequencia temporal de distúrbios importa!



FATORES CONDICIONANTES

Contexto (paisagem ao redor)

- **Mesmo tipo de distúrbio, mas contextos diferentes**
 - Resiliência da paisagem: algumas paisagens favorecem a sucessão na área perturbada
 - chance de chegada de propágulos
 - mudanças ambientais (ex.: microclima)
 - exposição a novos distúrbios (ex.: facilidade de acesso)



Baixa resiliência



Alta resiliência

Eventos aleatórios

- **Timing ecológico e dispersão**
 - qual é a disponibilidade de propágulos e espécies no momento do distúrbio?
 - Efeito-de-prioridade: espécie que chega primeiro tem prioridade de colonização e tem um efeito:
 - inibitório: diminui a chance da chegada de outras spp
 - facilitador: aumenta a chance da chegada de outras spp

FATORES CONDICIONANTES

Eventos aleatórios

- Invasões biológicas
 - Espécies altamente competitivas (efeito inibitório)



Gramíneas exóticas (braquiária)



Arbóreas exóticas (Leucena)

FATORES CONDICIONANTES

Eventos aleatórios

- **Invasões biológicas**
 - Presença de espécies que causam distúrbios recorrentes (regressão ou estagnação sucessional)



Javalis



Gado

FATORES CONDICIONANTES

Interações ecológicas

- Facilitação: o processo pelo qual uma espécie aumenta a probabilidade de uma segunda se estabelecer
- Inibição: a inibição de uma devido a presença da outra.
Ex.: alelopatia
- Tolerância: A espécie não é influenciada por interações diretas, mas devem ter capacidade de tolerar as condições físicas da comunidade (e.g. sombreamento)



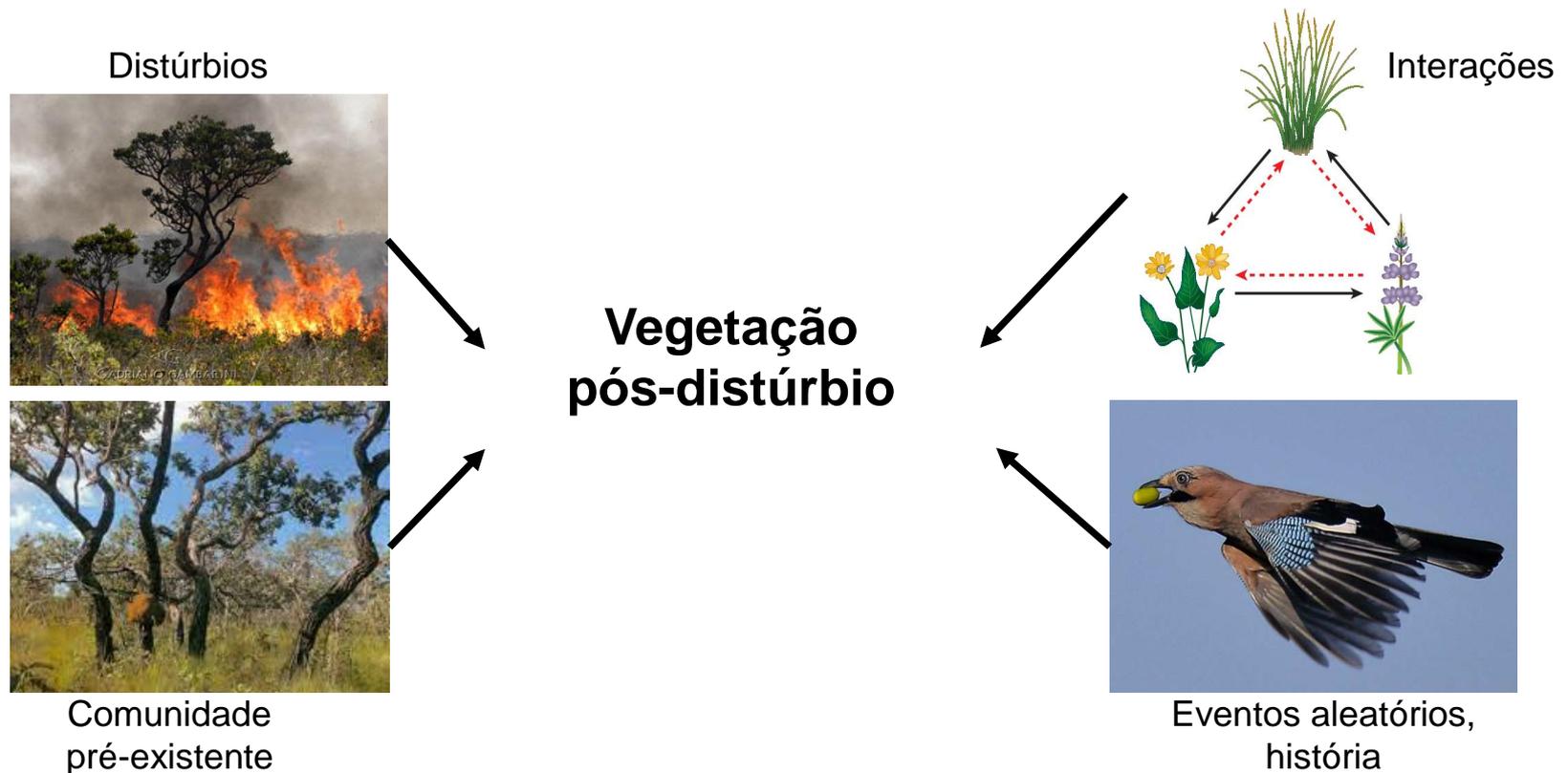
SUCESSÃO ECOLÓGICA

Qual é o resultado final da sucessão?

FATORES CONDICIONANTES

Resultado da sucessão

- **Depende! Combinação dos fatores**
 - Distúrbios, vegetação pré-existente, interações e eventos aleatórios



FATORES CONDICIONANTES

Resultado da sucessão

- **Velocidade e direção nem sempre são previsíveis**
 - Exemplo: duas áreas próximas (Santos – SP), mesmo contexto, abandonadas no mesmo período

Sucessão progressiva



Sucessão estagnada



2009

2021

FATORES CONDICIONANTES

Resultado da sucessão

- **Sucessão estagnada ('arrested succession')**
 - Distúrbios intensos ou crônicos
 - Espécie fundadora altamente competitiva



Distúrbio intenso

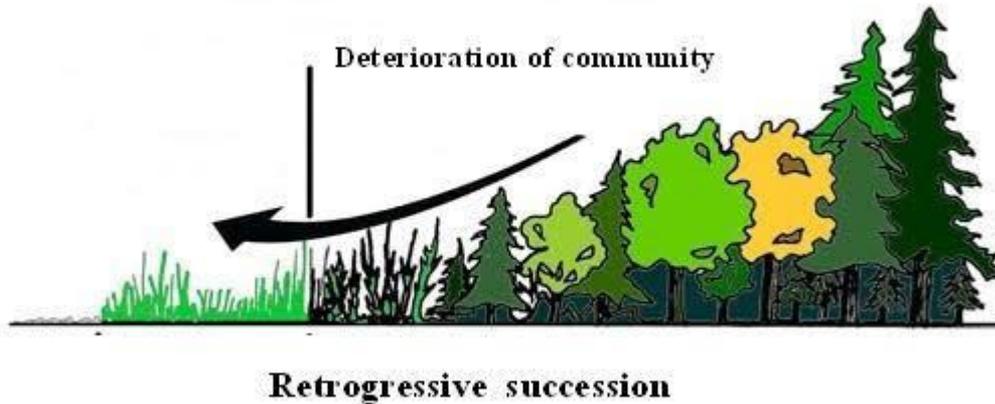


Samambaia-de-barranco (*Gleichenia*)

FATORES CONDICIONANTES

Resultado da sucessão

- Sucessão regressiva ('retrogressive succession')
 - Degradação da comunidade com o tempo
 - Comunidades mais simples e menos diversas

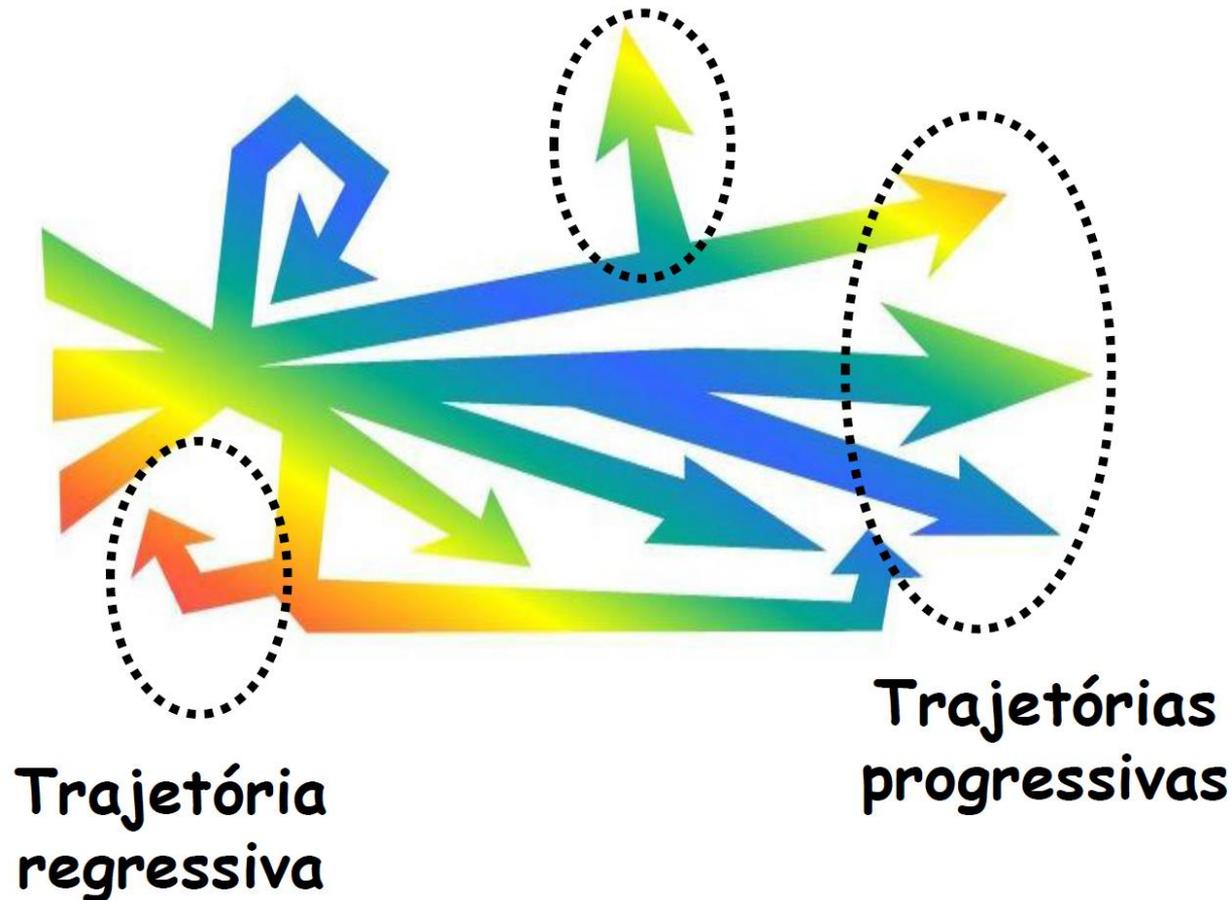


FATORES CONDICIONANTES

Resultado da sucessão

- Visão contemporânea

Estados Estacionários Estáveis



ESTRATÉGIAS ECOLÓGICAS DAS ESPÉCIES

ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

História de vida

- **Aspectos biológicos da vida das espécies**
 - Tamanho, ciclo de vida, comportamento e suas relações com o ambiente
 - Teoria: aspectos selecionados para maximizar o sucesso reprodutivo

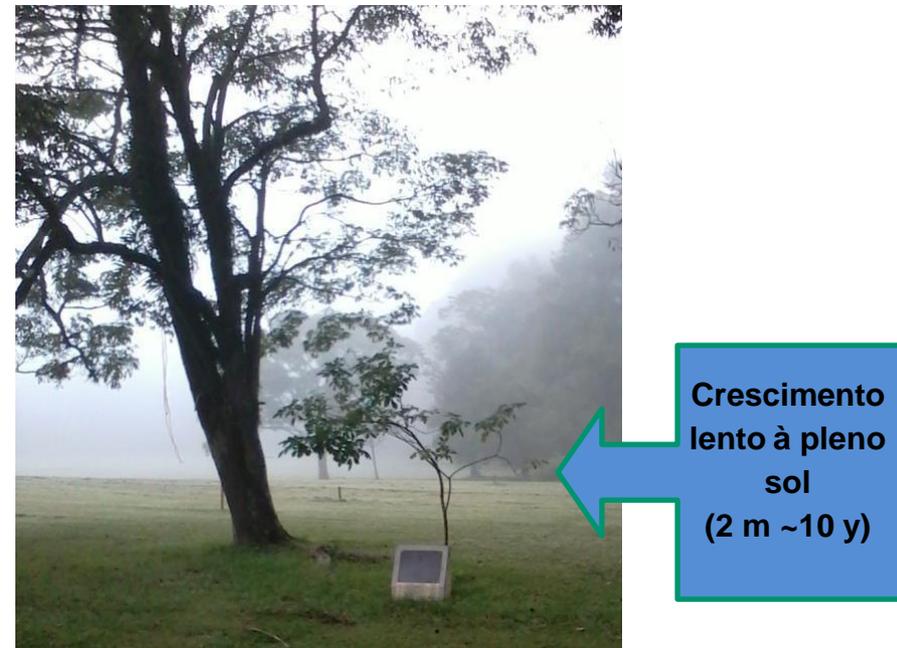


Mesmo ambiente, mas com histórias de vida distintas

ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

Respostas das espécies vegetais

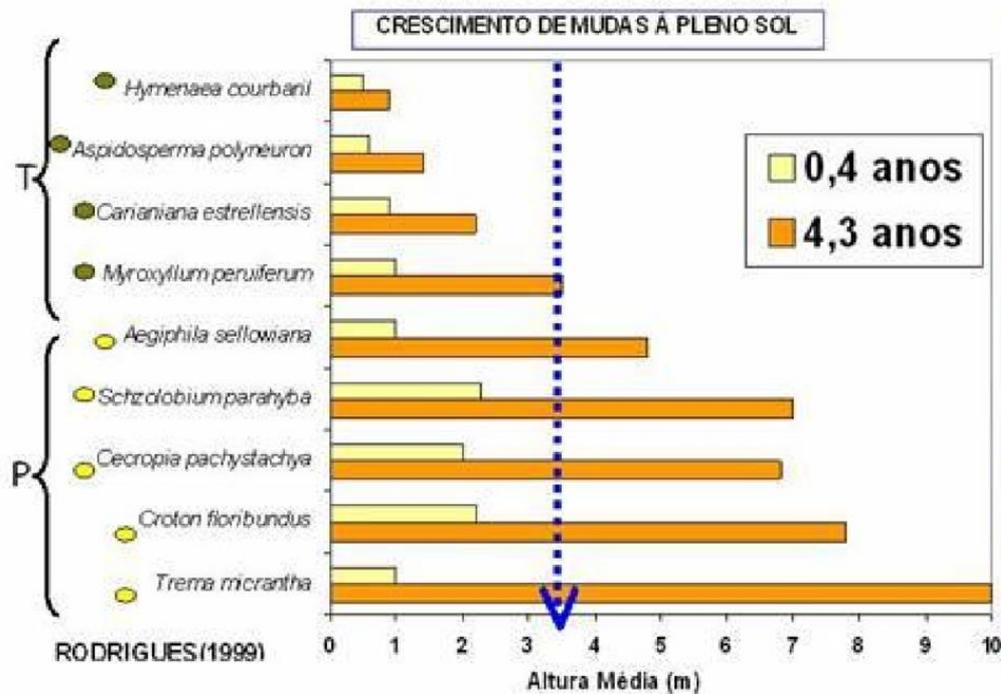
- Diferem ao longo do gradiente sucessional
 - Radiação/luz, umidade, nutrientes, danos físicos, etc. mudam ao longo da sucessão
 - Respostas: germinação, crescimento e reprodução



ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

Respostas das espécies vegetais

- Espécies tem performances diferentes
 - Crescimento de árvores em plantio de mudas

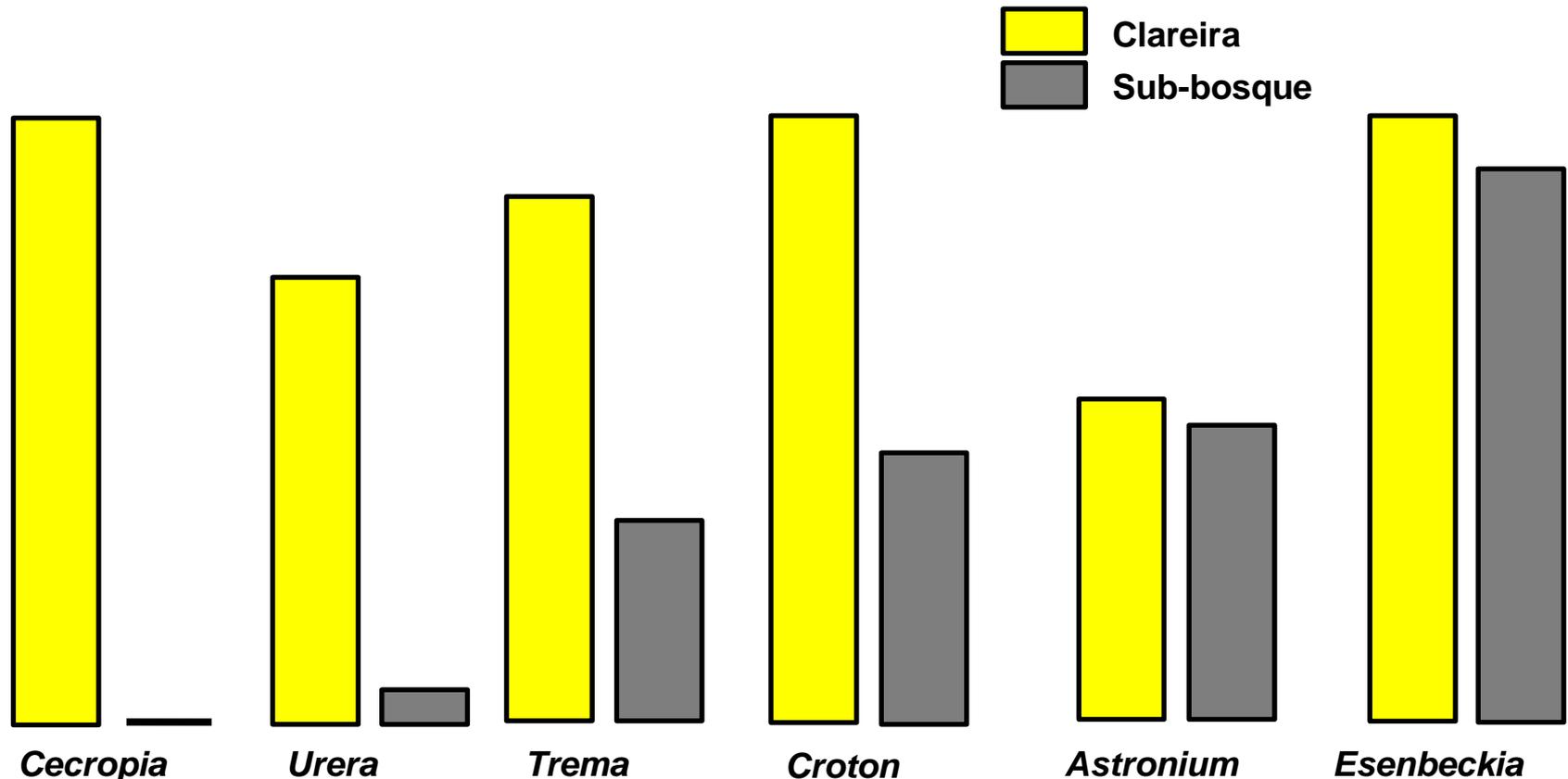


ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

Respostas das espécies vegetais

- Espécies tem performances diferentes

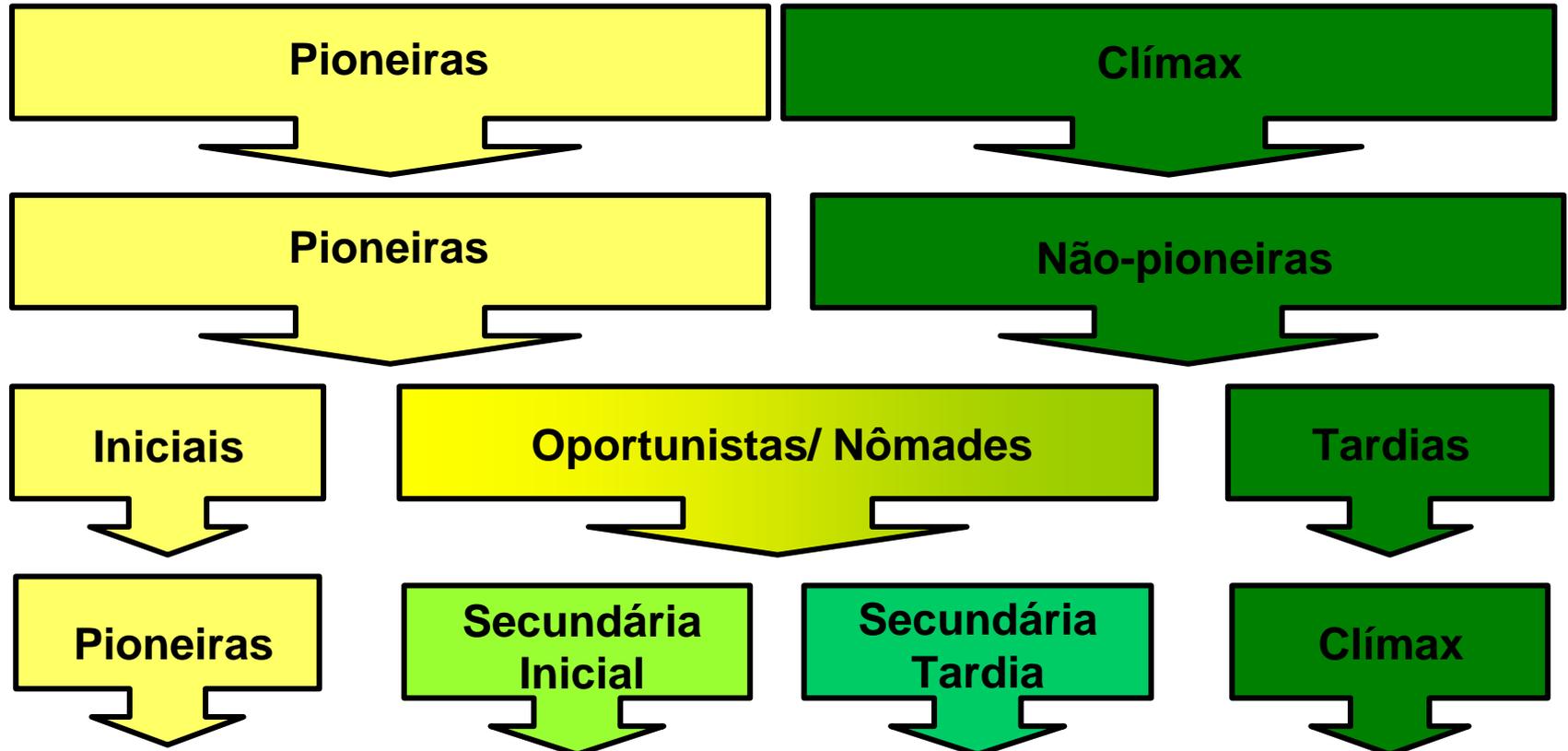
- % de sobrevivência após 30 dias em duas condições



ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

Grupos ecológicos ou sucessionais

- Tentado colocar espécies em “caixas”
 - Várias propostas para encaixotar espécies vegetais



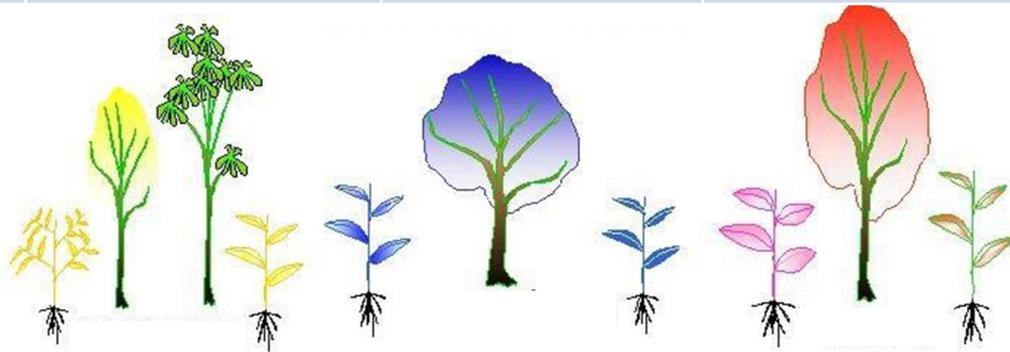
ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

Grupos ecológicos ou sucessionais

- Árvores na floresta

- Luz é o principal fator limitante

	Pioneiras	Secundárias	Tardias
Germinação	Pleno sol	Sol/Sombra	Sombra
Dormência	Comum	Frequente	Raro
Longevidade	Curta	Média	Longa
Crescimento	Rápido	Moderado	Lento
Sementes	Pequenas	Pequenas/ Médias	Médias/ Grandes



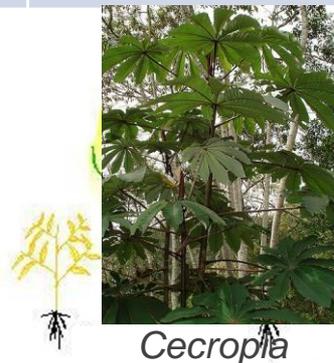
ESTRATÉGIAS DAS ESPÉCIES

Grupos ecológicos ou sucessionais

- Árvores na floresta

- Luz é o principal fator limitante

	Pioneiras	Secundárias	Tardias
Germinação	Pleno sol	Sol/Sombra	Sombra
Dormência	Comum	Frequente	Raro
Longevidade	Curta	Média	Longa
Crescimento	Rápido	Moderado	Lento
Sementes	Pequenas	Pequenas/ Médias	Médias/ Grandes



DINÂMICA NO FINAL DA SUCESSÃO

DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- **Como a vegetação madura se mantém no tempo?**
 - O que acontece na ausência de grandes distúrbios?



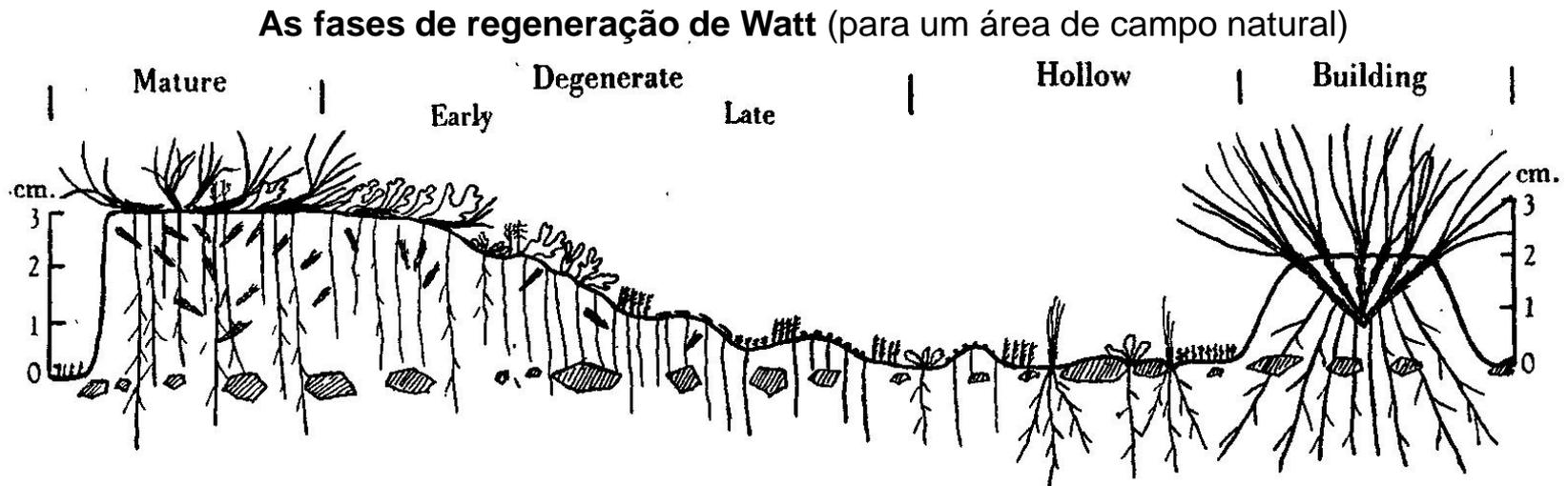
DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- Dinâmica de manchas
 - Sucessão também ocorre dentro da comunidade
 - Distúrbios menores geram um mosaico de fases de regeneração



Alexander S. Watt
(1892-1985)



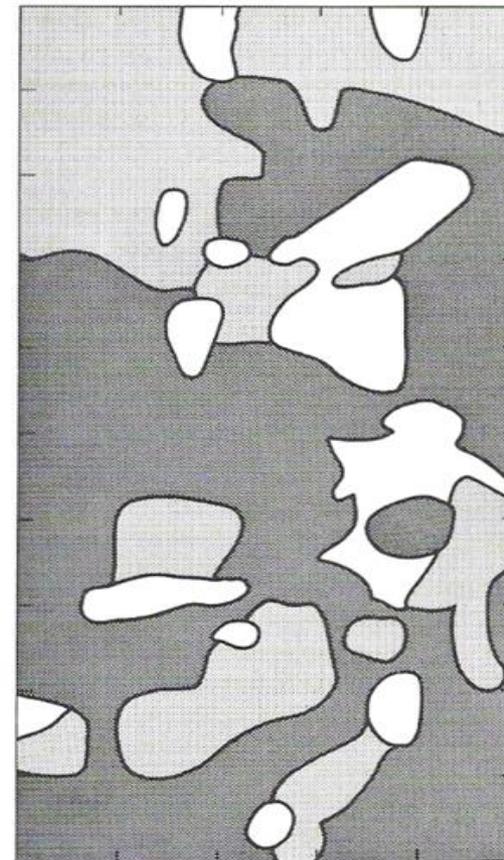
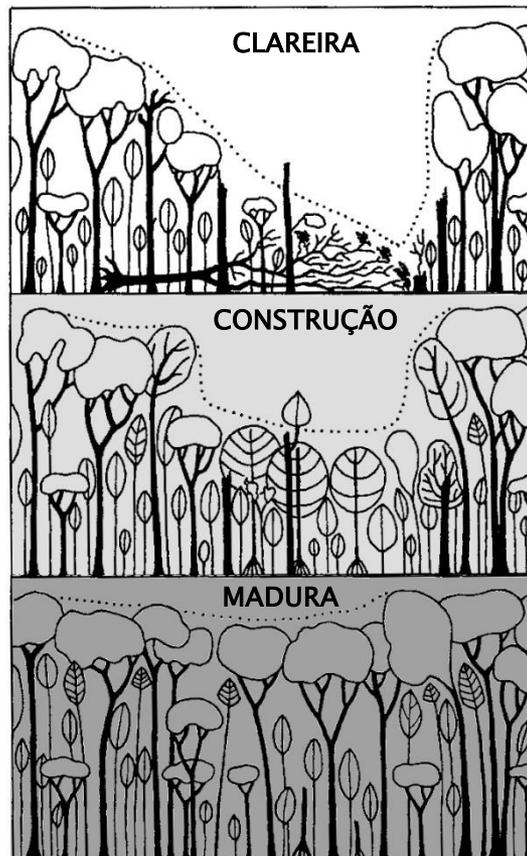
DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

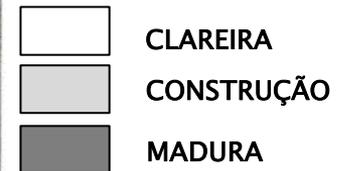
- Dinâmica de manchas

- Em florestas: dinâmica de manchas = din. de clareiras

As fases de regeneração



O mosaico visto de cima

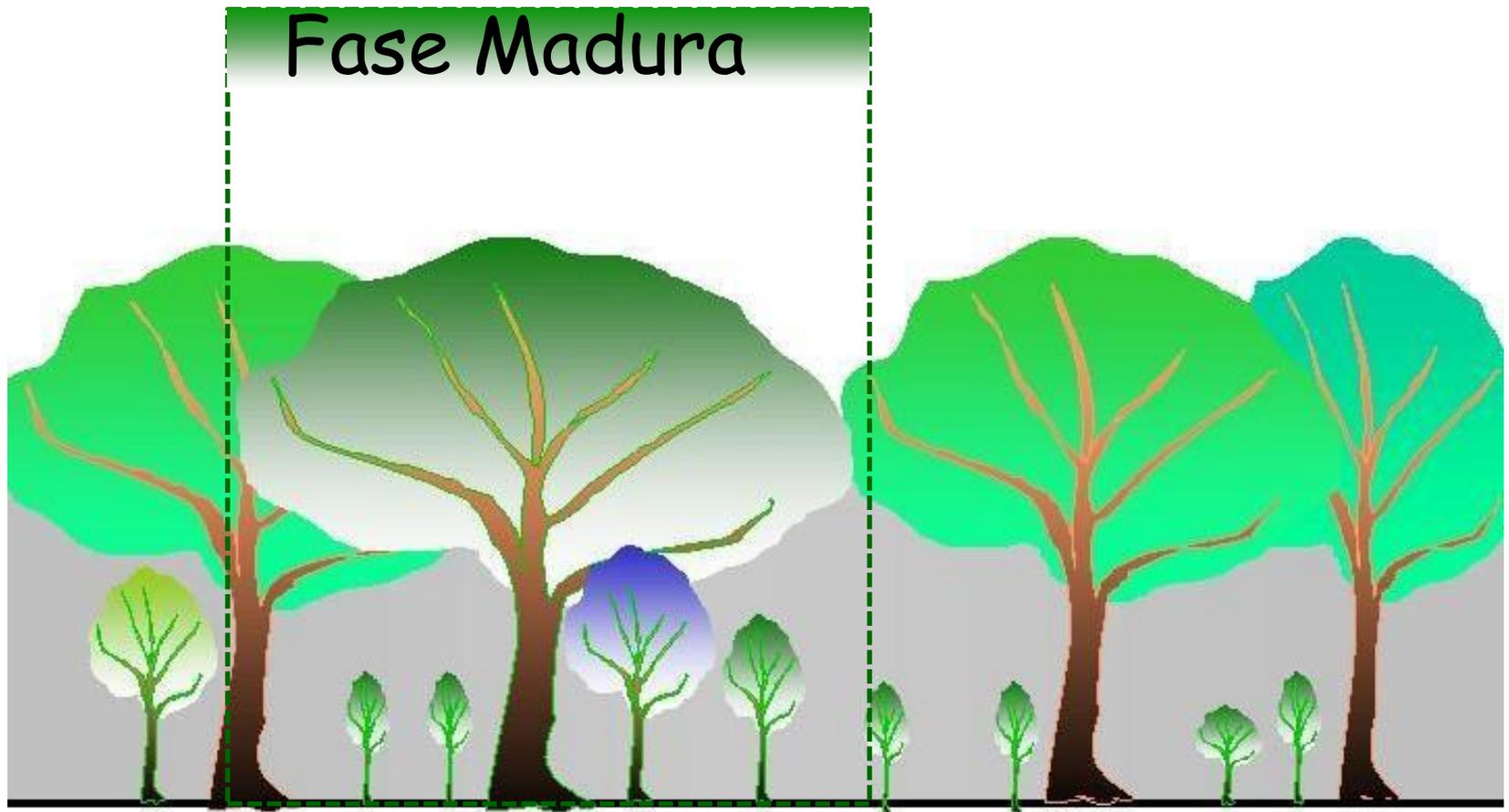


DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- Fase Madura

- Dossel de uma comunidade em fase final de sucessão

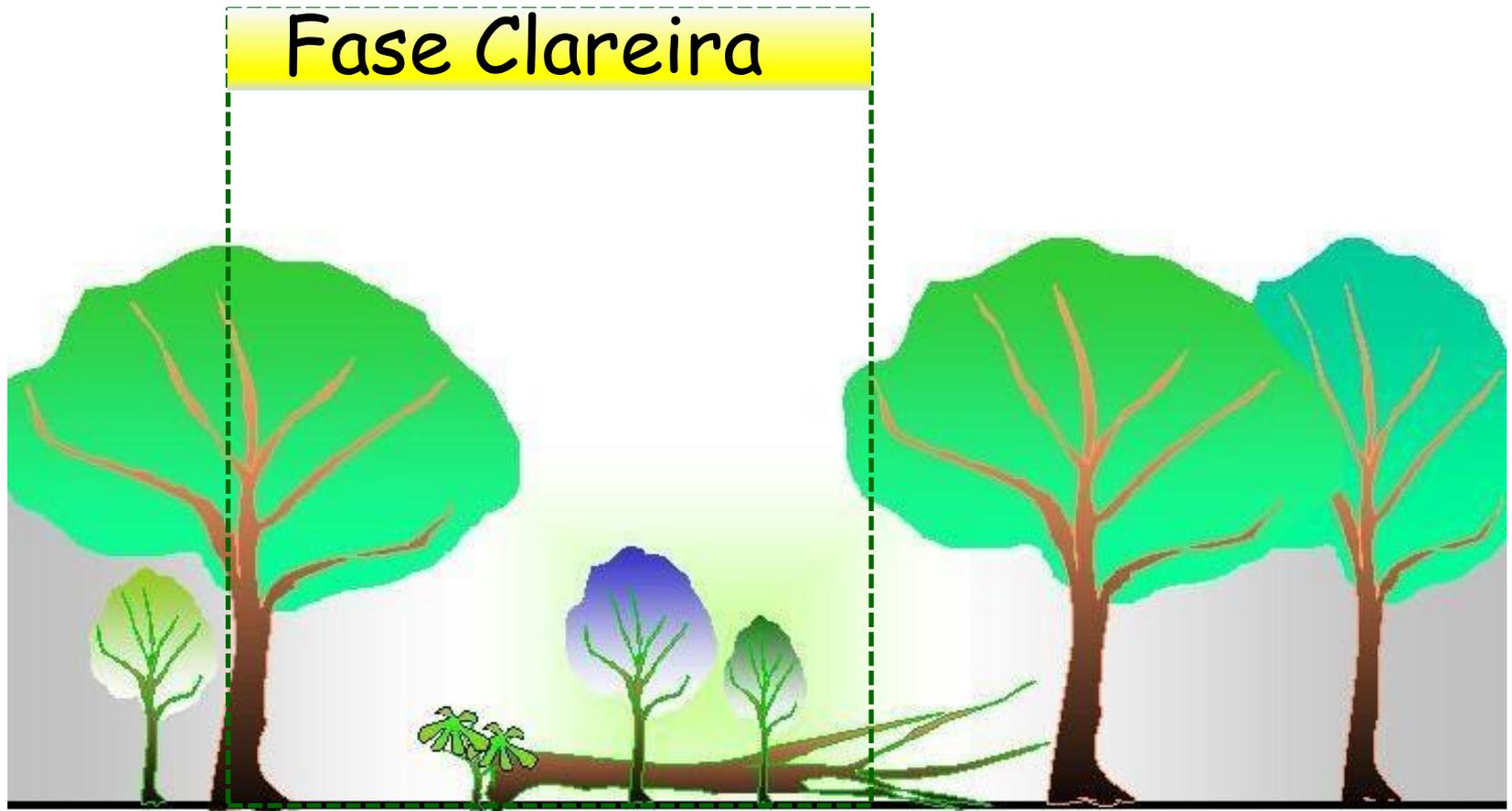


DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- Fase Clareira

- Distúrbio causando a morte de uma árvore do dossel

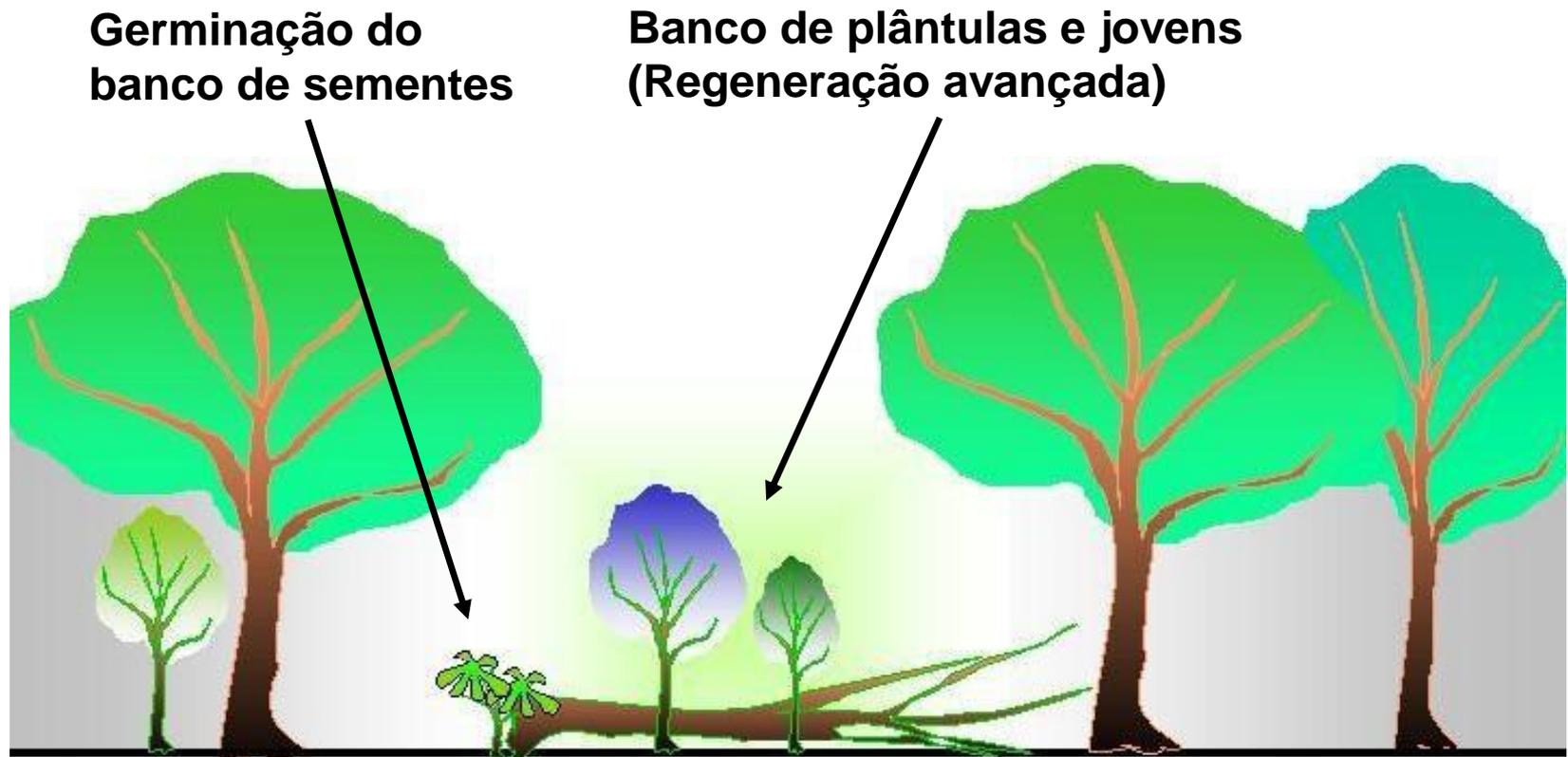


DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- **Fase Clareira**

- Novo ambiente criado: mais luz e espaço disponíveis

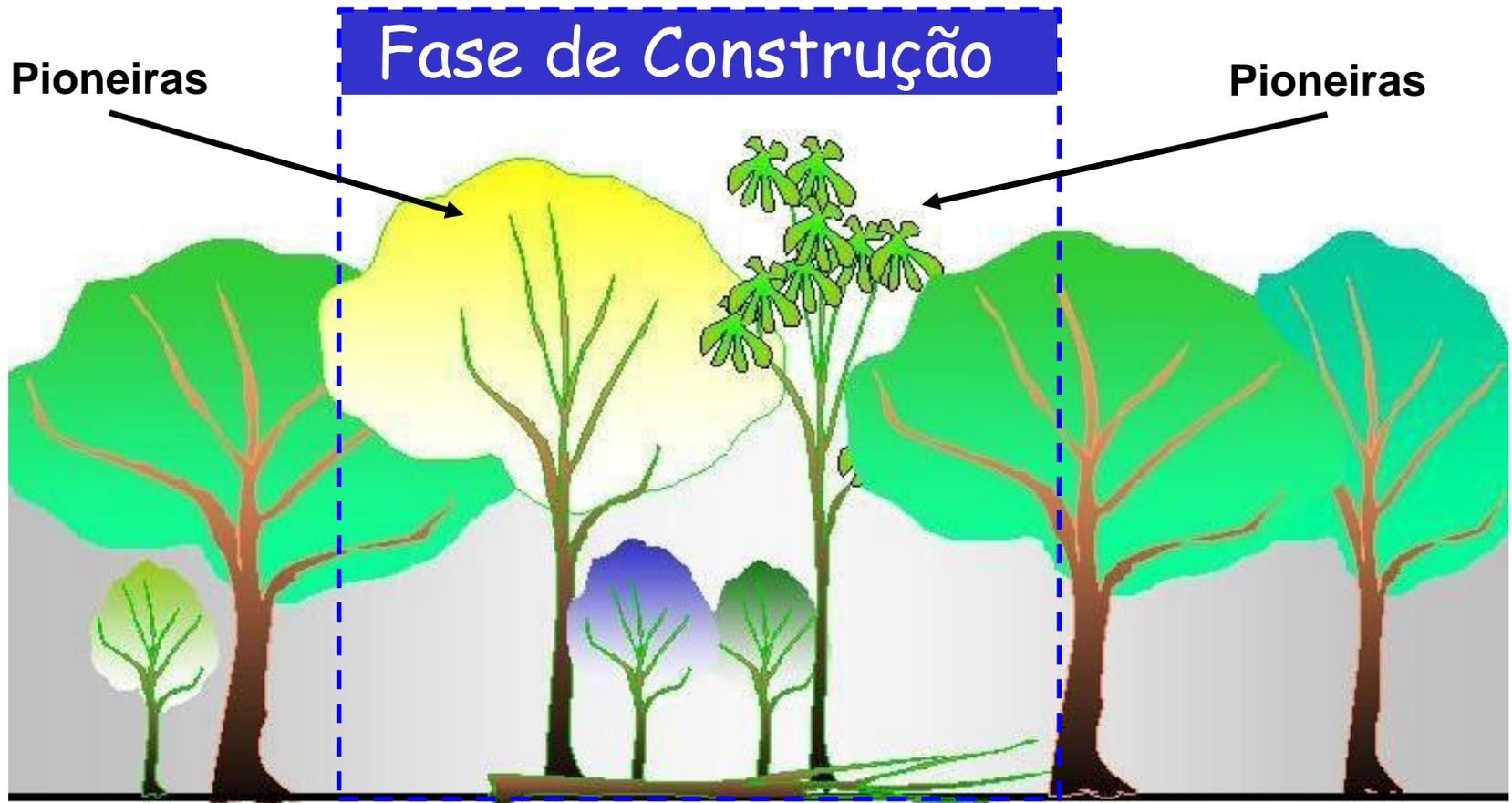


DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- **Fase Construção**

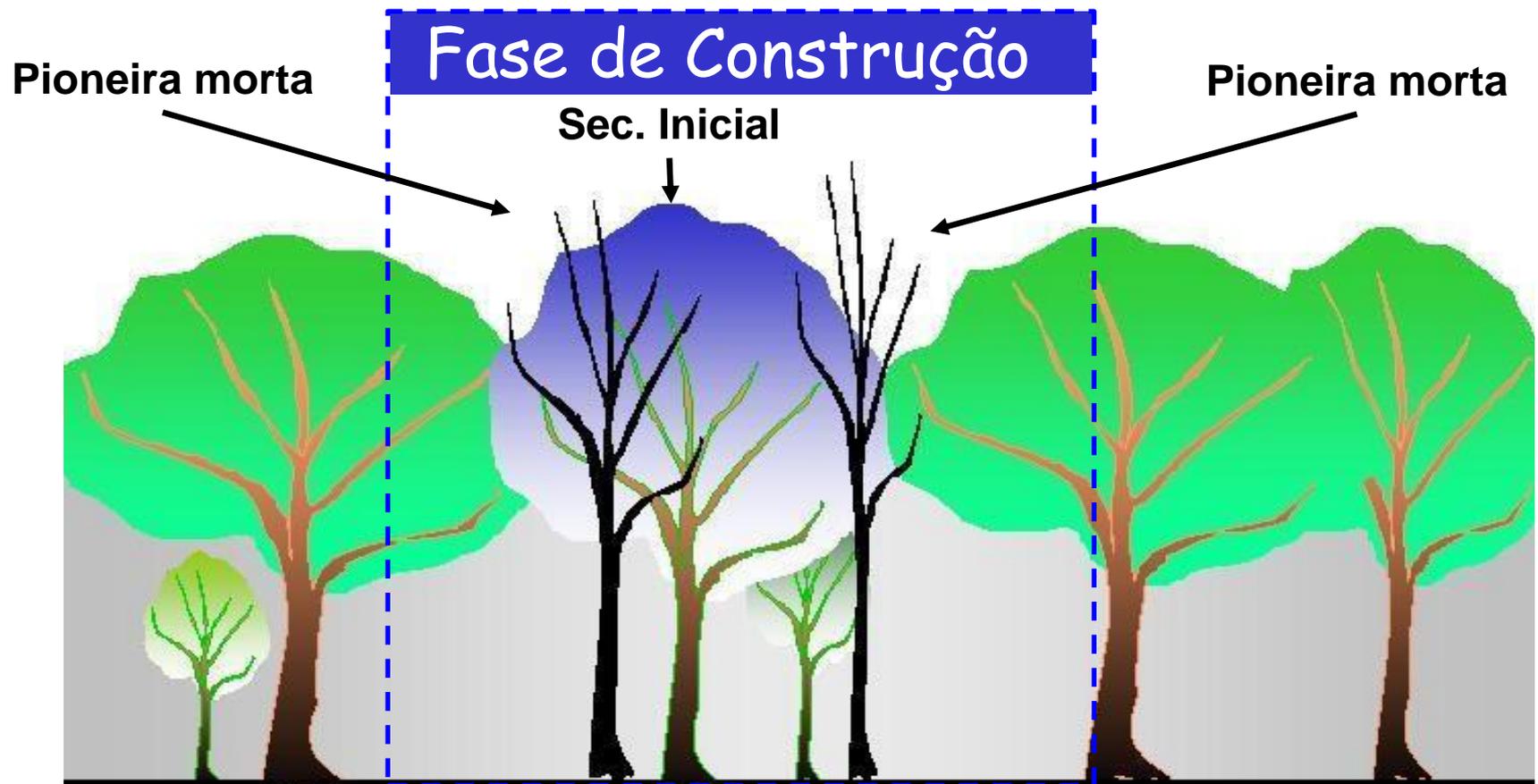
- Crescimento das espécies iniciais de sucessão



DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- Fase Construção
 - Senescência das pioneiras

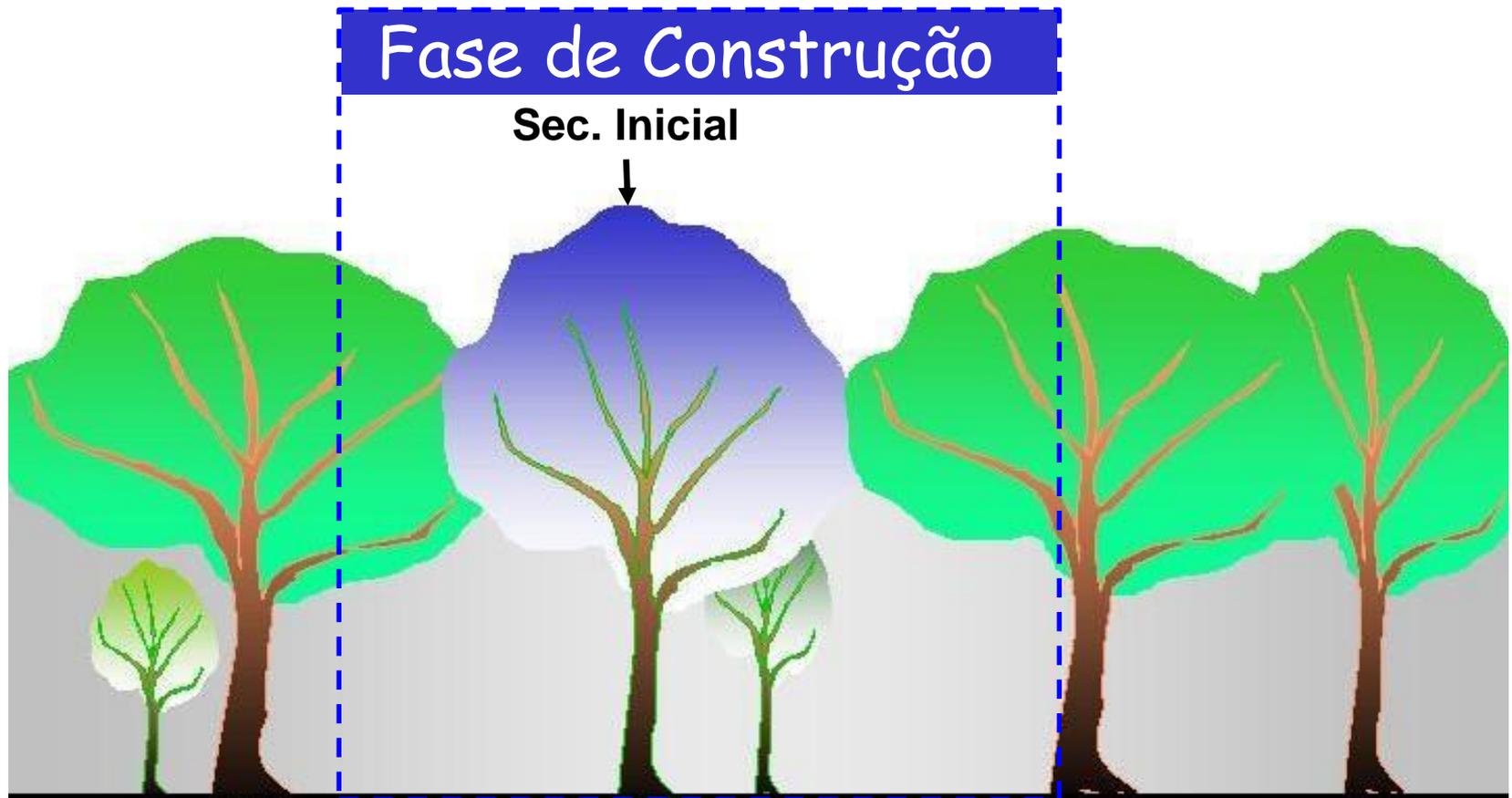


DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- **Fase Construção**

- Espécies secundárias crescendo e ocupando o dossel

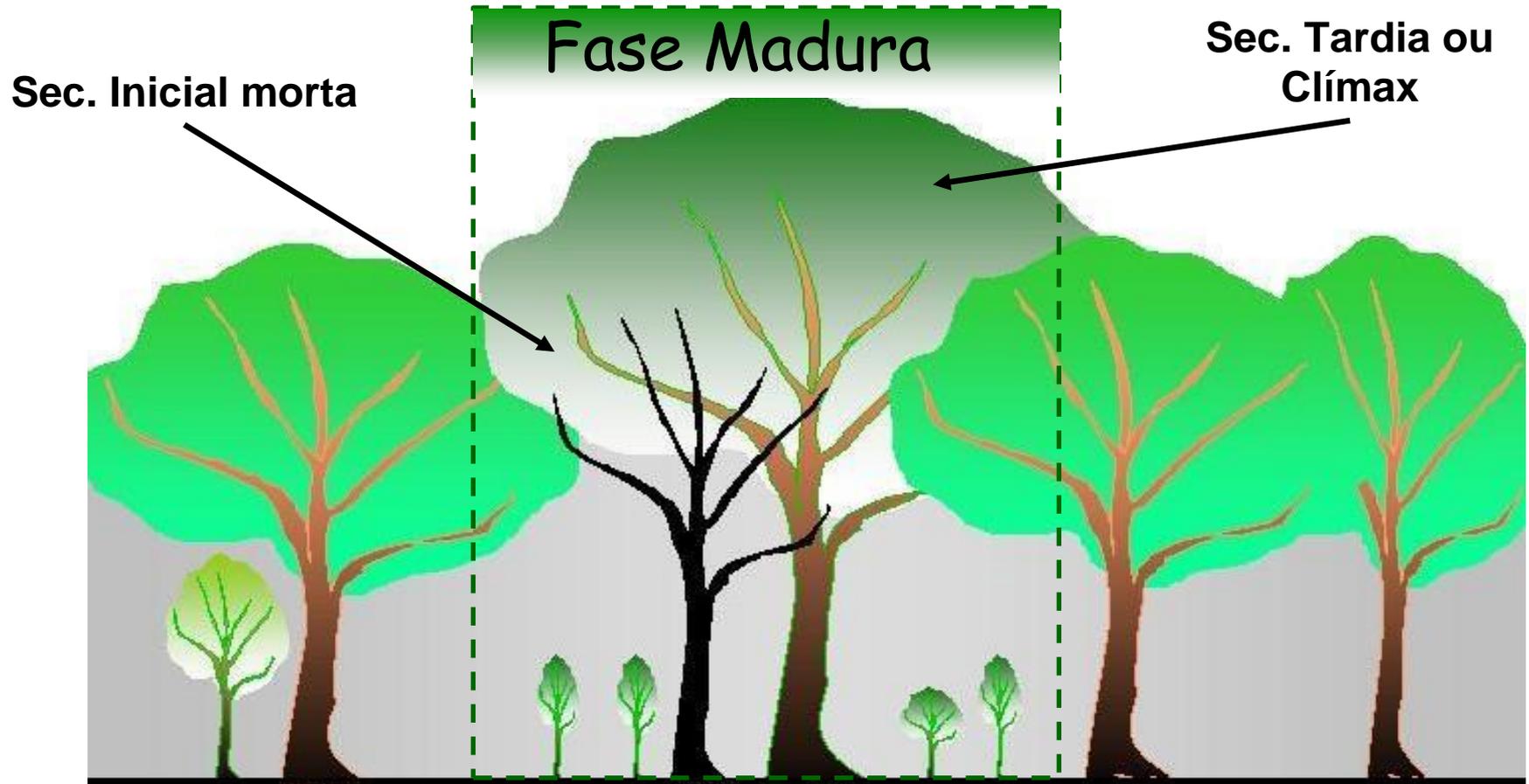


DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- Fase Madura (Nova)

- Crescimento das espécies de final de sucessão



DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

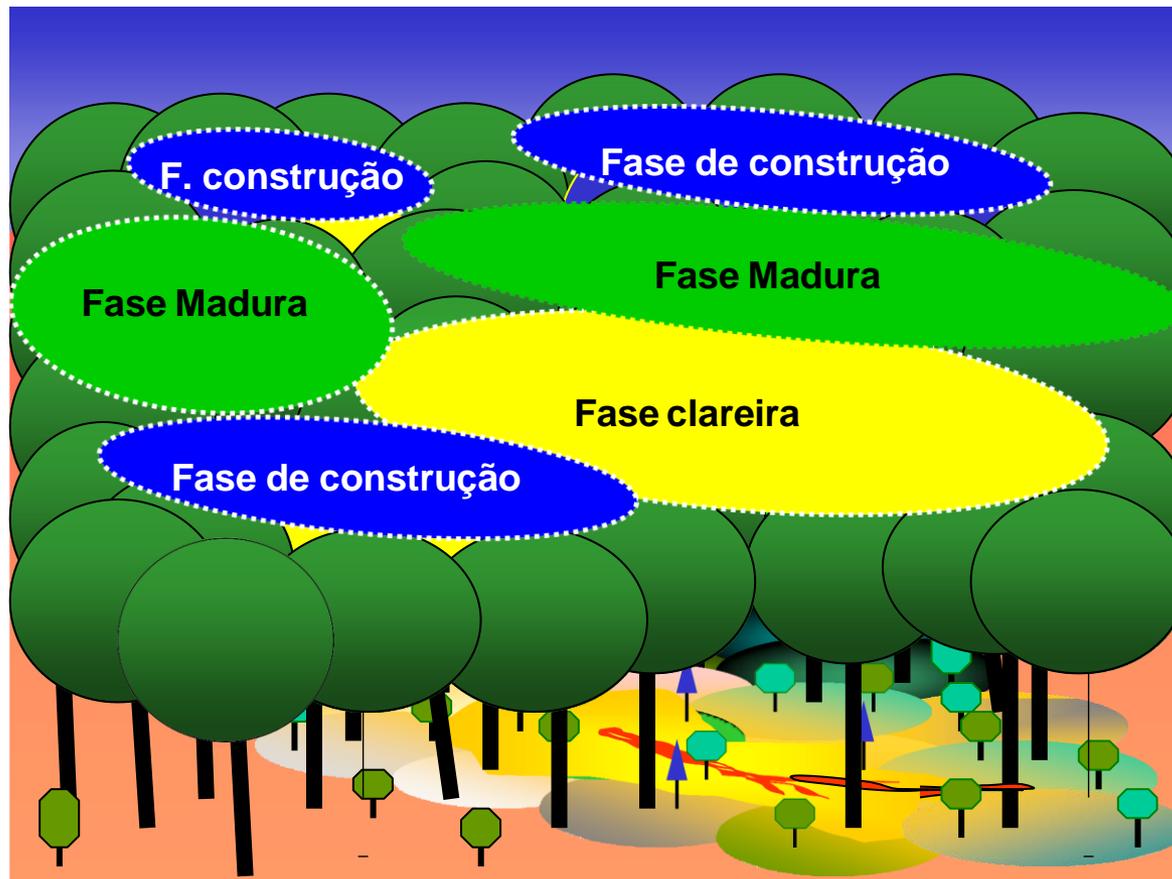
- **Dinâmica de clareiras**
 - Floresta é um mosaico dinâmico de manchas



DINÂMICA DA VEGETAÇÃO

Manutenção da vegetação

- Dinâmica de clareiras
 - Floresta é um mosaico dinâmico de manchas

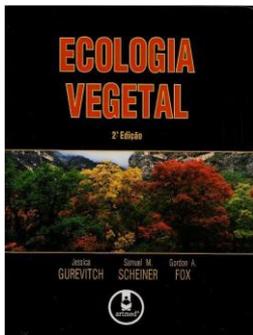
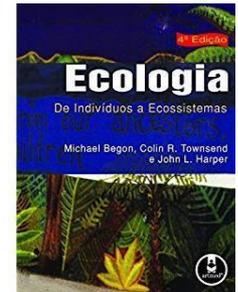


SUCESSÃO ECOLÓGICA

Finalizando...

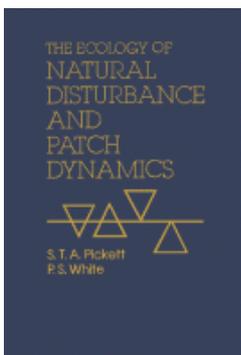
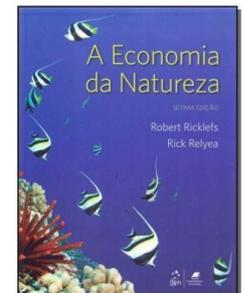
PARA SABER MAIS...

BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. (2007) **Ecologia de Indivíduos a Ecosistemas**. 4ª edição, Artmed, Porto Alegre – Capítulos 16 e 21.



GUREVITCH, J., SCHEINER, S.M., FOX, G.A. (2009). **Ecologia Vegetal**. Editora Artmed.

RICKLEFS, R.E. RELYEA, R. (2018) **A Economia da Natureza**. 7ª edição, Guanabara/Koogan, Rio de Janeiro – Capítulo 23.



S.T.A. PICKETT, S.T.A. & WHITE, P.S. (1985) **The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics**, Academic Press.

Revista Brasil. Bot., V.28, n.4, p.651-670, out.-dez. 2005

Review paper/Artigo de revisão

Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais

RENATO A. FERREIRA DE LIMA¹

LIMA, R.A.F, 2005. **Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais**. Brazilian Journal of Botany 28: 651-670.

<https://doi.org/10.1590/S0100-84042005000400002>

**LER APENAS: RESUMO, INTRODUÇÃO E SEÇÃO 'Regeneração de clareiras'
(PAGINAS 658-664)**

PARA LEVAR PRA CASA...

- **Sucessão:** processo contínuo de mudanças em um local ao longo do tempo
- **Visão contemporânea:** várias trajetórias sucessionais possíveis (combinação dos fatores)
- **Fatores:** Distúrbios, comunidade pré-existente, interações e eventos aleatórios (dispersão, invasões, história)
- Diferentes **espécies respondem de maneira diferente** ao gradiente sucessional
- **Vegetação madura = mosaico dinâmico de fases de regeneração**