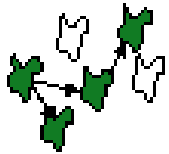


# Dinâmica Populacional: Metapopulações



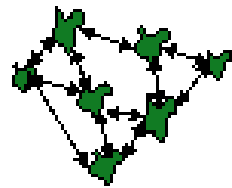
Classic (Levins)  
metapopulation



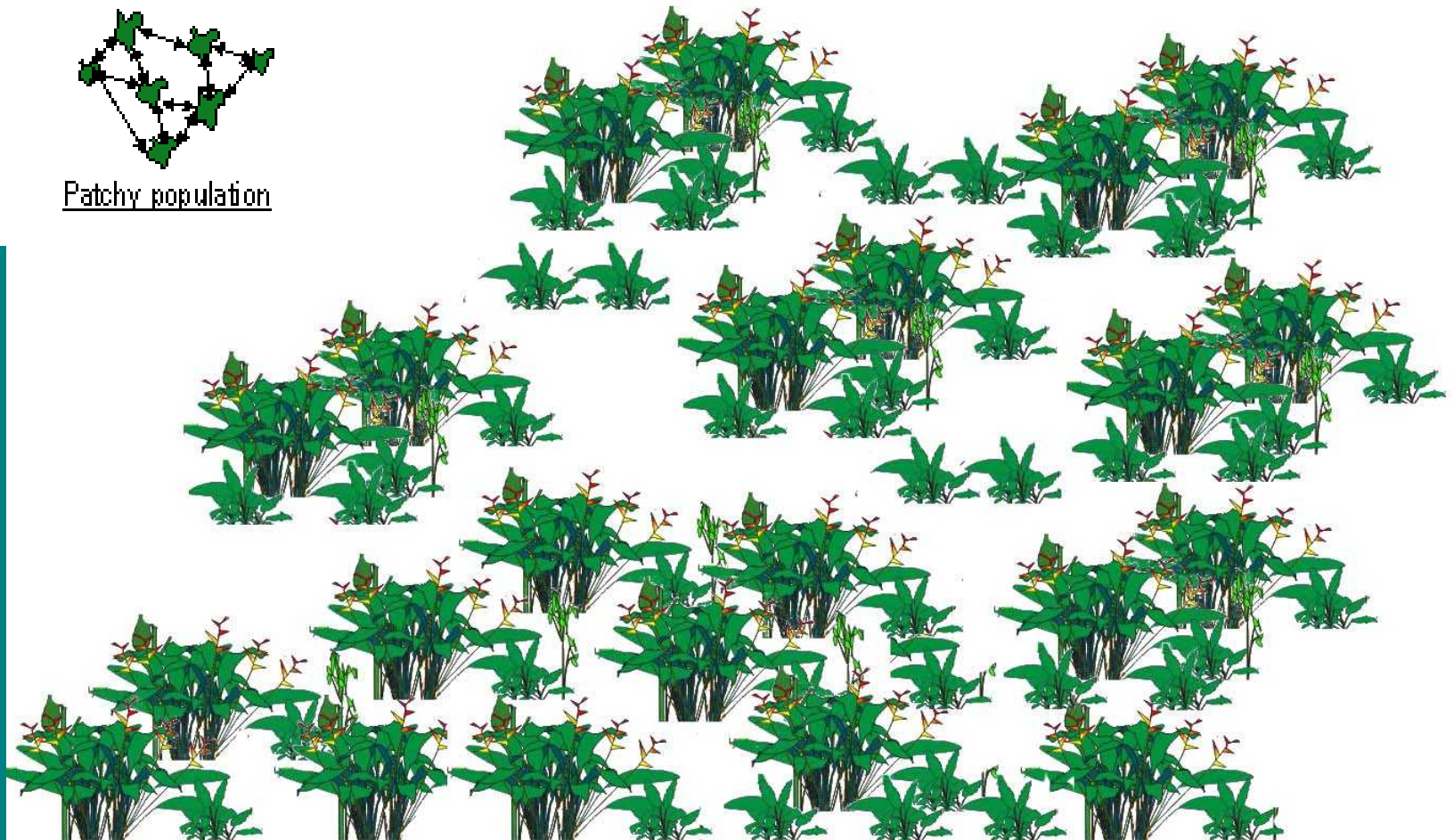
Mainland-island  
metapopulation



Nonequilibrium  
metapopulation



Patchy population



# Dinâmica Populacional: Metapopulações

- UMA HISTÓRIA (Isadore Nabi)
- RETOMAR OS MODELOS
- METAPOPOPULAÇÃO
- Estudo de caso  
(*Eichornia paniculata*)
- NOVO MODELO



# Metapopulações de Plantas

Isadore Nabi: uma história

Nature 1981: *Ethics of genes*

Resposta ao R. Dawkins apontando incoerências:

Na carta ele afirma:

we may need to “fight all the harder” against genetic tendencies

No livro O Gene Egoísta:

“we are robot vehicles blindly programmed to preserve the selfish molecules know genes... they control your body and mind”

**“ Isso é um tormento! Justamente quando eu havia aprendido a me aceitar como um robô geneticamente programado, e de fato me sentindo aliviado por não ser responsável pelas minhas imperfeições morais, aparece o Dr. Dawkins, depois de tudo, me dizendo que eu devo me esforçar duramente para ser bom e que eu não sou manipulado como eu pensava”**

# Metapopulações de Plantas

## Isadore Nabi: uma história

Nature abril 1981 : *Who is Nabi*

**Edward Wilson:** Nabi é um pseudônimo e que suas frases foram colocadas fora do contexto...

Nature junho 1981 : *Credit due to Nabi*

**Richard Lewontin:** Eu não sou Nabi, infelizmente não fui autor de trabalhos importantes como (revista Science and Nature):

“On the Properties of Motion” (crítica aos modelos deterministas)

“An Evolutionary Interpretation of the Sonets” .(critica à sociobiologia)

Nature setembro 1981 : *Isidore Nabi, RIP* (descanse em paz!)

**Editorial:** Um pesquisador inexistente com uma biografia na “American Man and Women of Science” é o pseudônimo de um grupo de pesquisadores: **Leigh Van Vale, R. Lewontin and Dr. Richard Lester**

“Unfortunate the joke has gone só far... só somehow Nabi has to be banished from scientific literature...”

Nature outubro 1981 : *Naming names*

**Richard Lester:** Os trabalhos são sátiras... e não depoem contra a autoridade do autor. **(Richard Levins)**

# AN EVOLUTIONARY INTERPRETATION OF THE ENGLISH SONNET

Isadore Nabi

The First Annual Pittdown Lecture on  
Man and Nature



A Rodin study  
Atkins Museum  
Kansas City

The fundamental proposition of sociobiology (the new synthesis) is that human cultural behavior can be explained and understood as the outcome of natural selection acting on that behavior in such a way as to maximize the inclusive fitness of the actor. This theory can, in principle, account for both the invariants of the human condition and those traits which vary in space and time and can be applied to several levels of natural organization including the individual, the nuclear family, kin group, joint stock company, nation, or class.

The present paper examines the English, 14-line sonnet as an adaptive trait.

*“sonetos de 14 linhas parecem mais relacionados ao sucesso reprodutivo do que a luta por comida...”*

*“serve para mediar o início da cópula, portanto deve ser longo o suficiente para despertar o interesse da fêmea.. se é muito longo pode interferir nos estádios mais avançados ... diluindo a paixão ou o marido da dama pode retornar..”*

*“ 14 é sub- harmônico de 28 evocando um instinto rítmico profundo (hipotálamo-límbico)”*

*“ Sociedades de escritores de sonetos estão entre as mais bem sucedidas ... “*

*“ Não há evidências que os Neandertais tenham escrito sonetos...”*



TABLE 1.

(a) Sub-optimal form

A self-pitying poet compared  
 His fortunes to others, despaired  
 Of the cruelty of fate  
 'Til he thought on his mate  
 And then like a skylark he fared.

(b) Optimal

When in disgrace with fortune and men's eyes  
 I all alone beweep my outcast state  
 And trouble deaf heavens with my bootless cries  
 And look upon myself and curse my fate,  
 Wishing me like to one more rich in hope,  
 Featured like him, like him with friends  
 possessed,  
 Desiring this man's art and that man's scope,  
 With what I most enjoy contented least;  
 Yet in these thoughts myself almost despising  
 Haply I think on thee and then my state  
 Like to the lark at break of day arising  
 From sullen earth, sings hymns at heaven's gate:  
 For thy sweet love remembered such wealth  
 brings  
 That then I scorn to change my state with kings.

(c) Supra-optimal

When in disgrace with fortune and men's eyes  
 I all alone beweep my outcast state  
 And trouble deaf heaven with my bootless cries  
 Of "Woe is me" and "fuck it" and  
 "alack".  
 I all alone beweep my outcast state  
 And, in excess, in company as well,  
 And look upon myself and curse my fate  
 And scorn my looks, my touch, my  
 sound, my smell,  
 Wishing me like to one more rich in  
 hope,  
 In ships, in shares, in titles, stocks, and  
 bonds,  
 Desiring this man's art and that man's  
 scope  
 Of this man's lakes or even that man's  
 ponds,  
 Featured like them, like them with  
 friends possessed,  
 At least with contacts, and with fine  
 sbodes,  
 With what I most enjoy contented least:  
 An ear for sonnets and a flair for odes.  
 Yet in these thoughts myself almost  
 despising  
 For coveting alone what I have not,  
 Like to the owl at fall of night arising  
 To share the pewter and the pity pot,  
 Haply I think on thee and then my state  
 Like holy Mary's Bodily Assumption  
 From sullen earth sings hymns at  
 heaven's gate,  
 My hopes return, my lullam or and my  
 gumption,  
 For thy sweet love remembered such  
 wealth brings  
 That banish goblins, doubts and dismal  
 scenes  
 So then I scorn to change my state with  
 kings,  
 With bankers, popes, or academic deans.



Isadore Nabi:  
 uma história

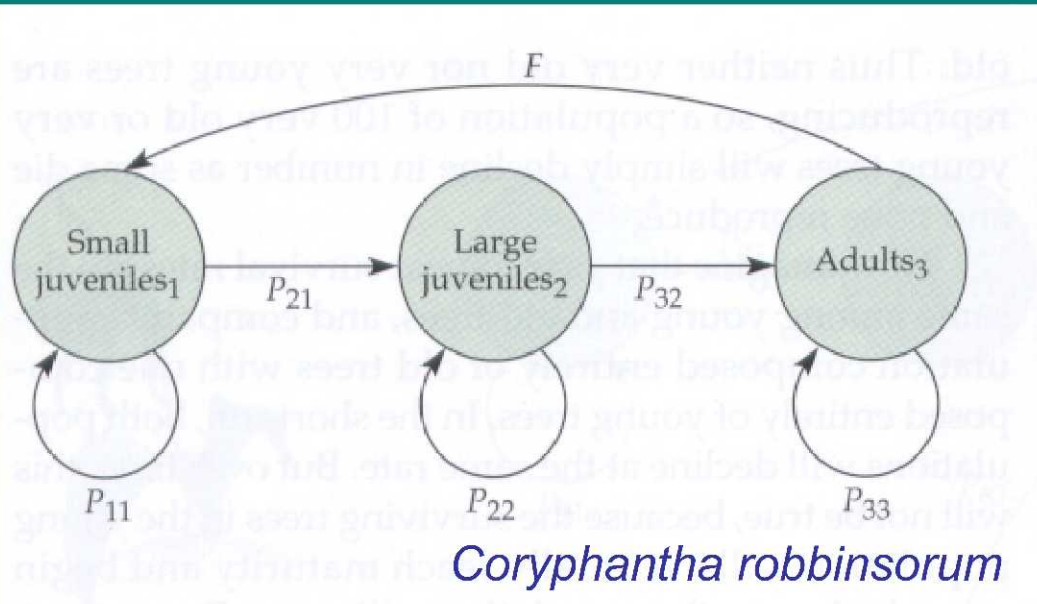
Richard Levins  
 Rob MacArthur  
 Edward Wilson

# Dinâmica Populacional: Metapopulações

- UMA HISTÓRIA (Isadore Nabi)
- **RETOMAR OS MODELOS**
- METAPOPOPULAÇÃO
- Estudo de caso  
(*Eichornia paniculata*)
- NOVO MODELO



# Modelos Matriciais



*Coryphantha robbinsorum*

$$\begin{bmatrix} n_{1(t+1)} \\ n_{2(t+1)} \\ n_{3(t+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & 0 & F \\ P_{21} & P_{22} & 0 \\ 0 & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} n_{1(t)} \\ n_{2(t)} \\ n_{3(t)} \end{bmatrix}$$

$$n_{1(t+1)} = P_{11} * n_{1(t)} + F n_{3(t)}$$

$$n_{2(t+1)} = P_{21} * n_{1(t)} + P_{22} * n_{2(t)}$$

$$n_{3(t+1)} = P_{32} * n_{2(t)} + P_{33} * n_{3(t)}$$

Arizona e Sonora

$$\mathbf{A}_{\text{site A}} = \begin{bmatrix} 0.67 & 0 & 0.56 \\ 0.02 & 0.85 & 0 \\ 0 & 0.14 & 0.87 \end{bmatrix}$$

$\lambda_A = 0.998$

$$\mathbf{A}_{\text{site B}} = \begin{bmatrix} 0.49 & 0 & 0.56 \\ 0.01 & 0.73 & 0 \\ 0 & 0.23 & 0.99 \end{bmatrix}$$

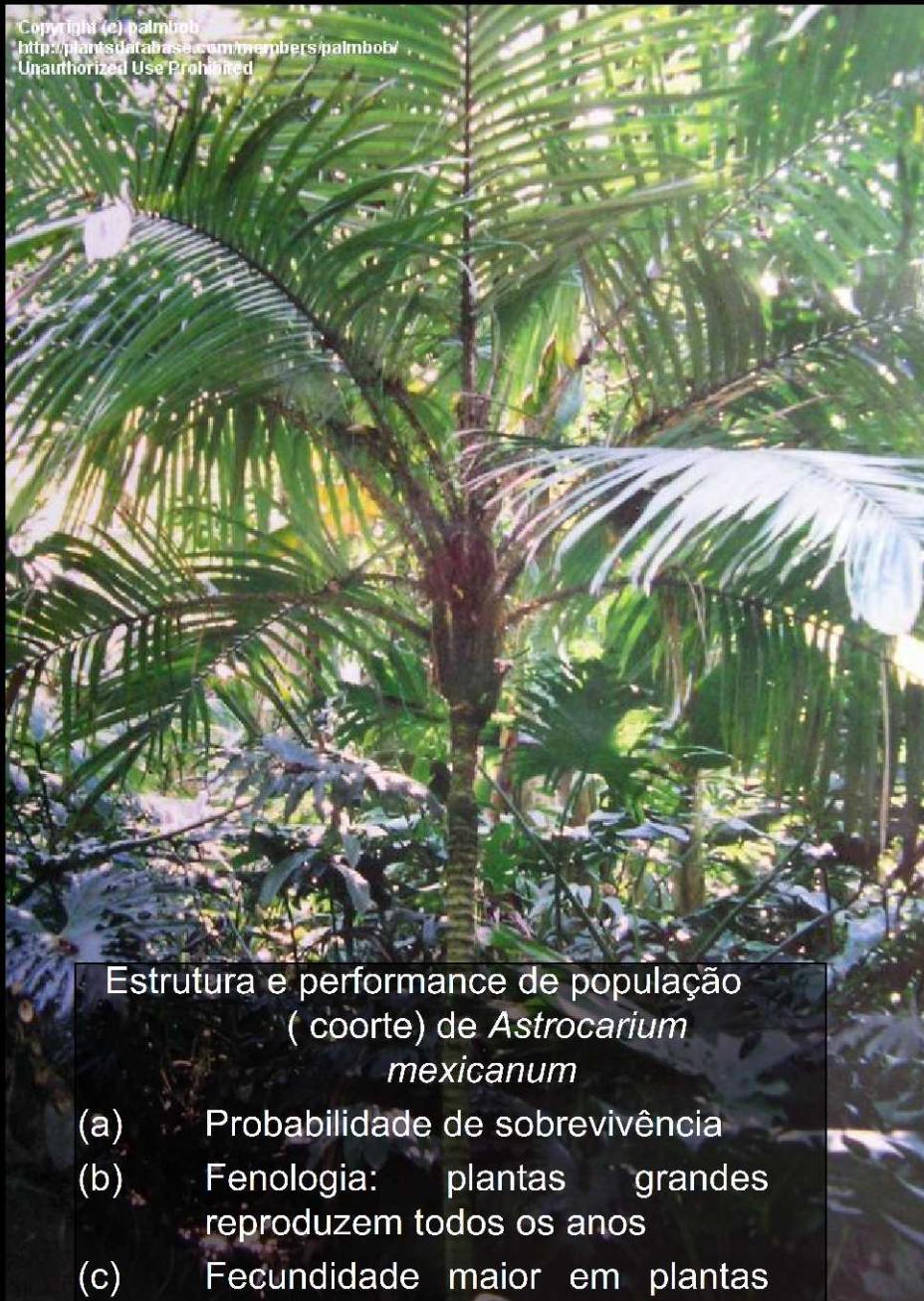
$\lambda_B = 0.997$

$$\mathbf{A}_{\text{site C}} = \begin{bmatrix} 0.43 & 0 & 0.56 \\ 0.33 & 0.61 & 0 \\ 0 & 0.30 & 0.96 \end{bmatrix}$$

$\lambda_C = 1.12$

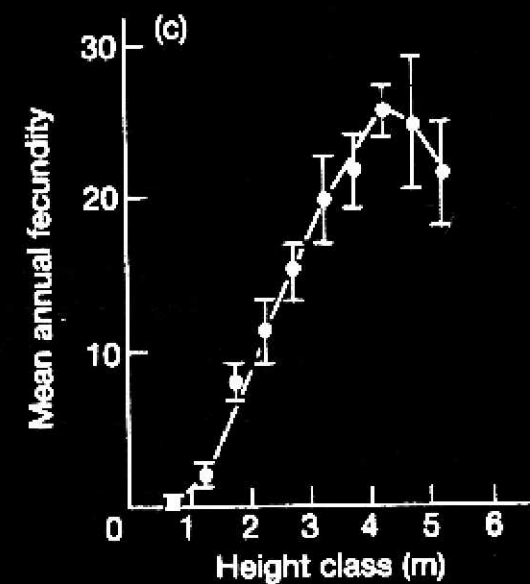
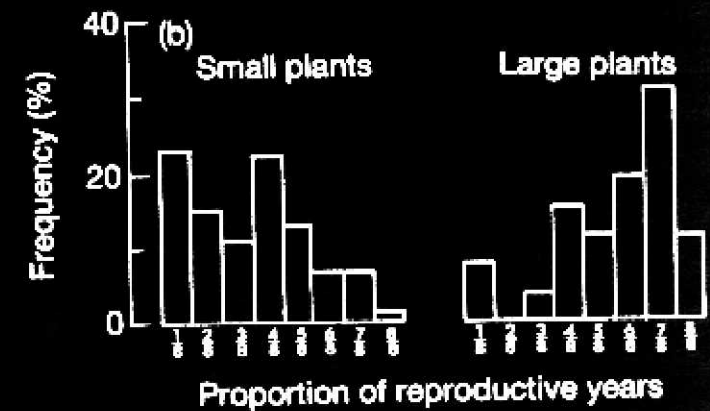
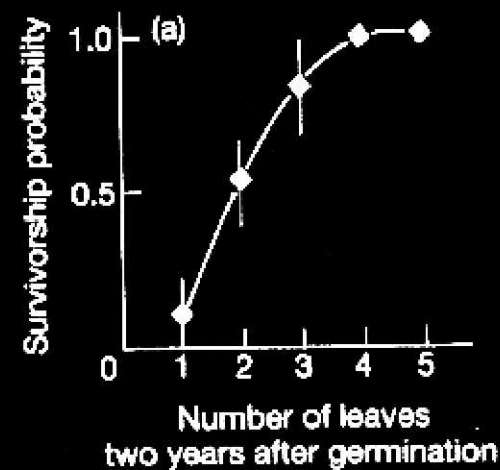


# Estrutura de Populações



Estrutura e performance de população  
 (coorte) de *Astrocarium  
 mexicanum*

- (a) Probabilidade de sobrevivência
- (b) Fenologia: plantas grandes reproduzem todos os anos
- (c) Fecundidade maior em plantas grandes

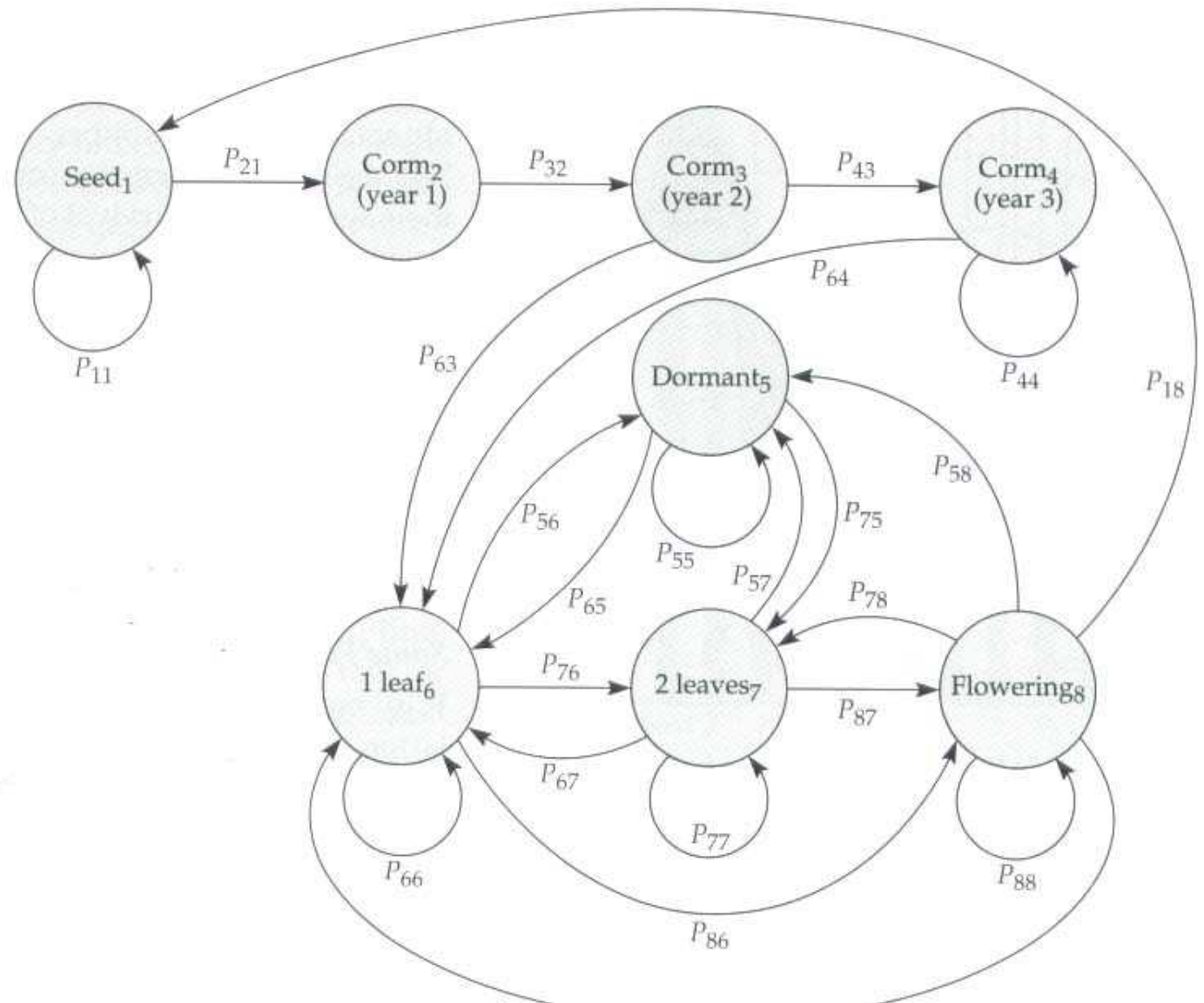


# Dinâmica Matricial

*Cypripedium acaule*



*Cypripedium acaule*





# Musa dos Prazeres: Euterpe



A musa Euterpe



*Euterpe edulis*

Mata de Sta. Genebra. Campinas - SP

1992: 28.164 ind/ha

1993: 40.900 ind/ha



Silva Matos et al. 1999  
Ecology 80: 2635-2650



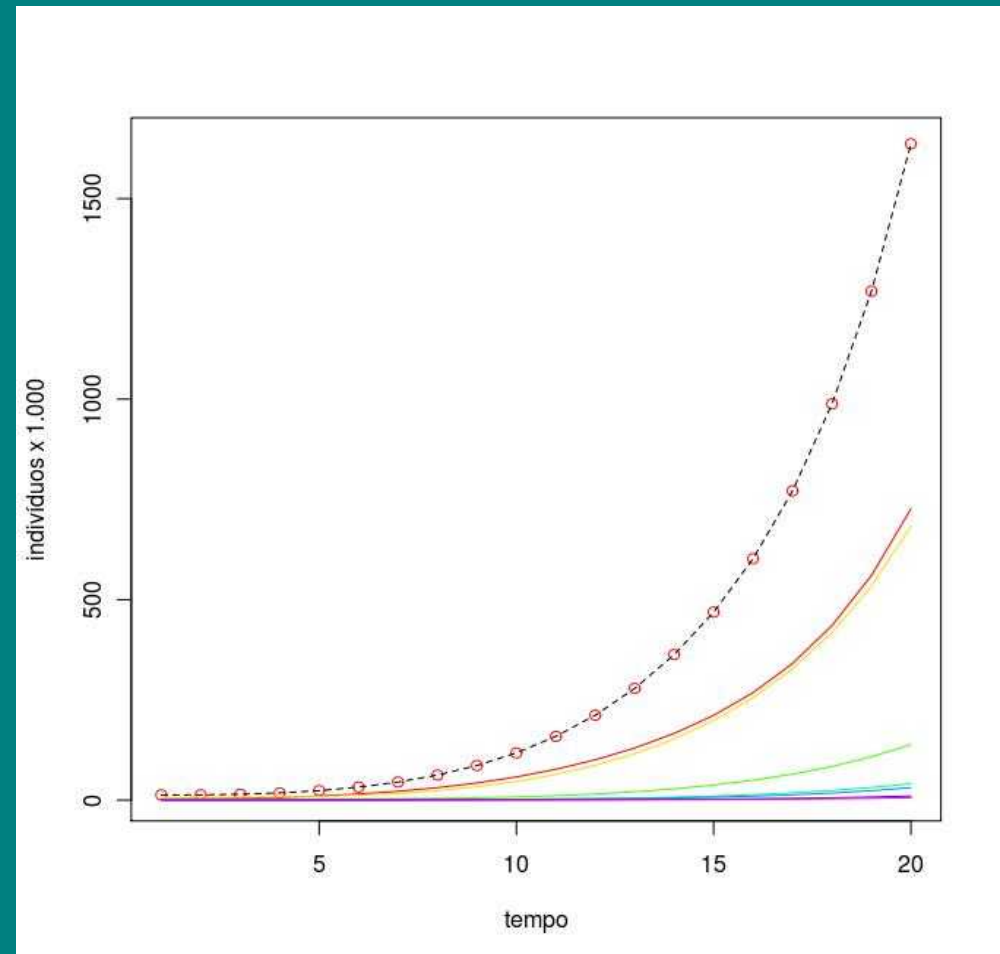
# Musa dos Prazeres: Euterpe



A musa Euterpe



*Euterpe edulis*



# Modelos





# Modelos



# Modelo mais robusto!



A violação do pressuposto é menos crítica para a predição do modelo

# Pressupostos

- Taxas são constantes

$$N_{t+1} = \lambda N_t$$

- Não há limitação

- Sistema é fechado

$$N_{t+1} = N_t + b - d$$

# O que regula uma população??

- Condições (temperatura umidade, pH)
- Recursos (radiação, água, nutrientes)
  - Interações biológicas
    - distúrbios

# Densidade Dependência

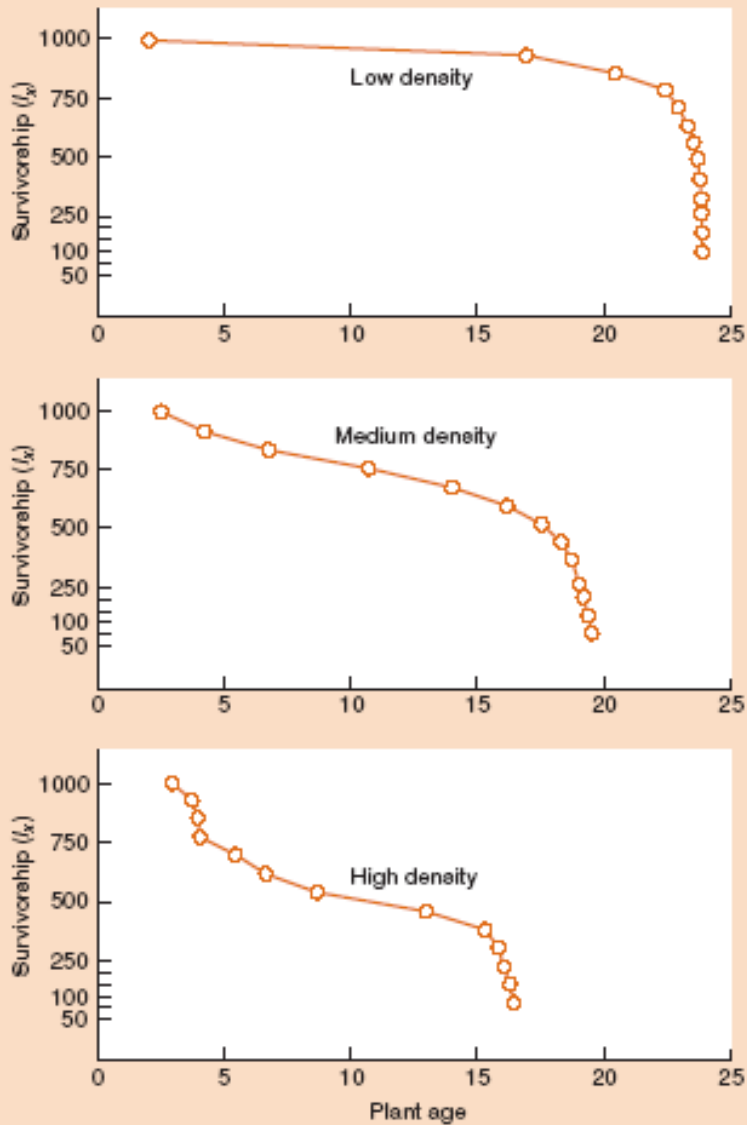


Figure 4.9 Survivorship curves ( $l_x$ , where  $l_0 = 1000$ ) for the sand-dune annual plant *Erophila verna* monitored at three densities: high (initially 55 or more seedlings per 0.01 m<sup>2</sup> plot); medium (15–30 seedlings per plot); and low (1–2 seedlings per plot). The horizontal scale (plant age) is standardized to take account of the fact that each curve is the average of several cohorts, which lasted different lengths of time (around 70 days on average). (After Symonides, 1983.)





# Competição Intra-Específica

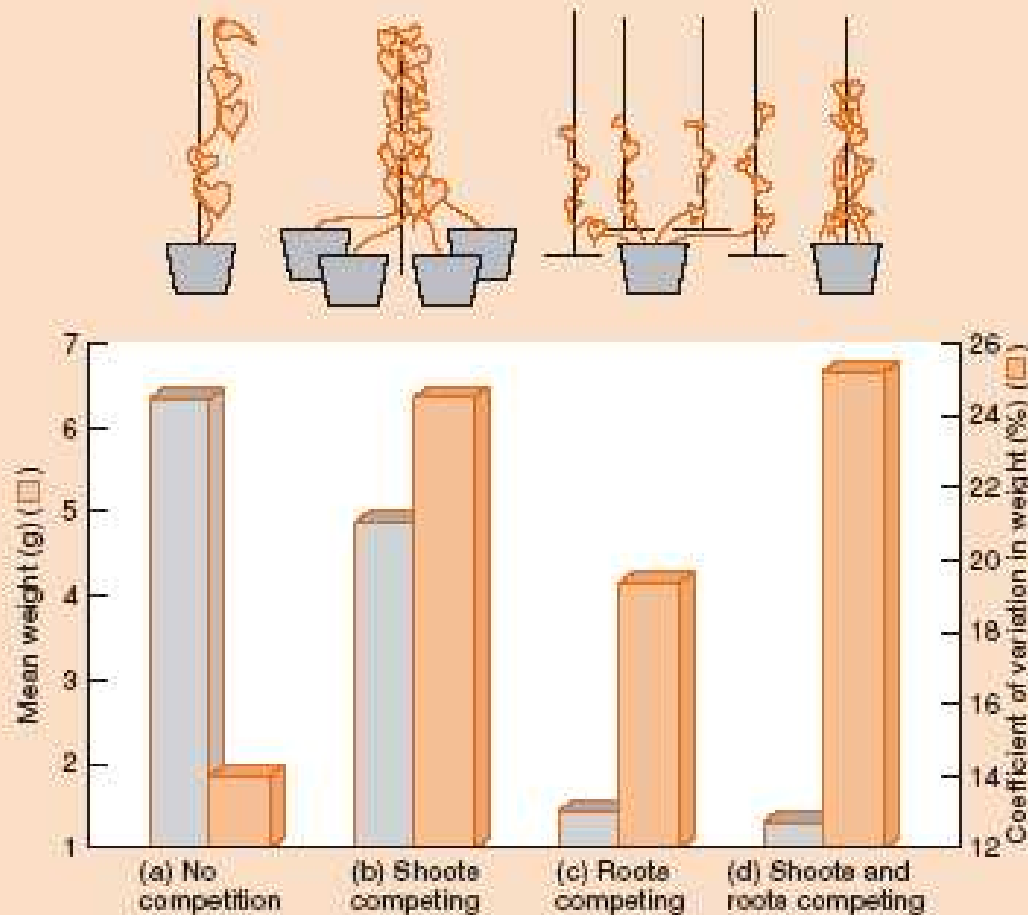


Figure 5.27 When morning glory vines competed, root competition was most effective in reducing mean plant weight (treatments significantly different,  $P < 0.01$ , for all comparisons except (c) with (d)), but shoot competition was most effective in increasing the degree of size inequality, as measured by the coefficient of variation in weight (significant differences between treatments (a) and (b),  $P < 0.05$ , and (a) and (d),  $P < 0.01$ ). (After Weiner, 1986.)

# Dinâmica de Populações de Plantas

Crescimento discreto com densidade dependência

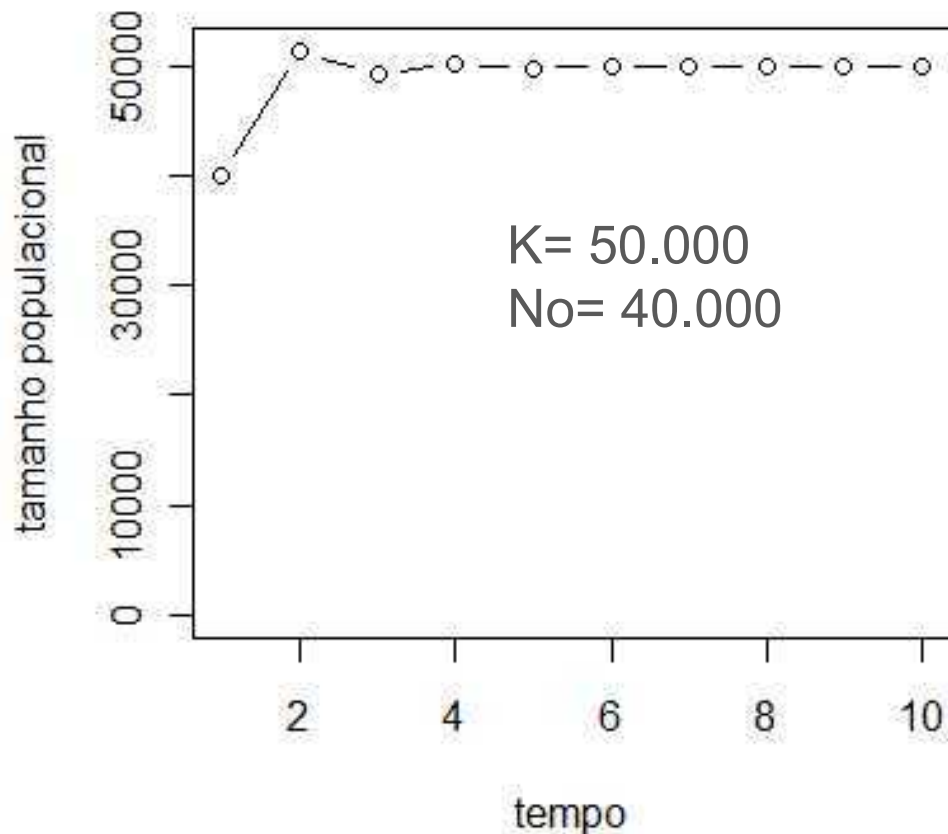
$$N_t = N_{t-1} + r_d N_{t-1} (1 - N_{t-1}/K)$$

$K$  = capacidade suporte

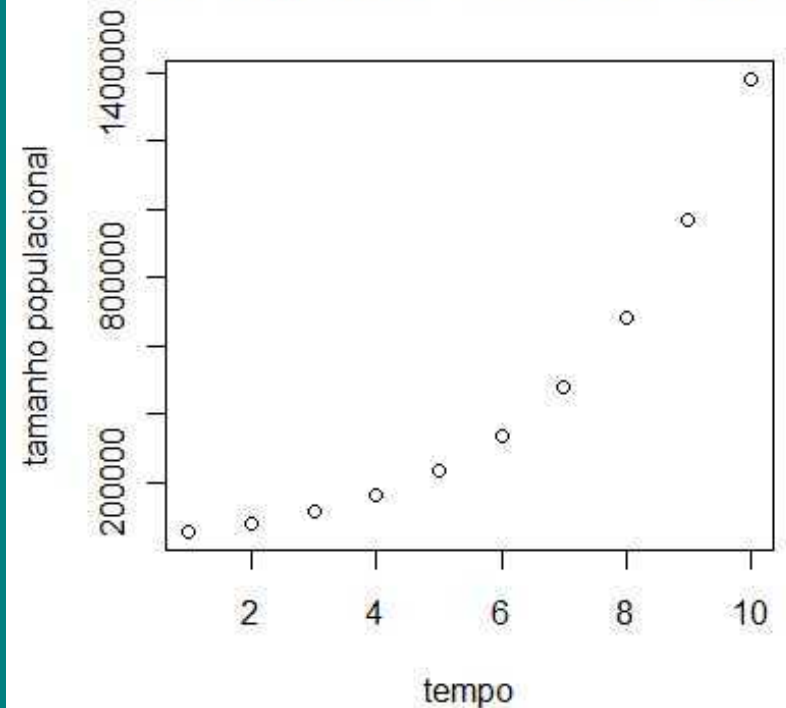
$r_b$  = fator decrescimento discreto

*Euterpe precatoria*

**Crescimento Discreto  $r = 1.425$**



**Crescimento Geométrico  $R = 1.425$**



# Pressupostos

- Taxas são constantes

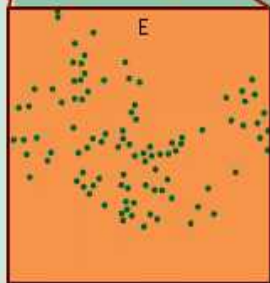
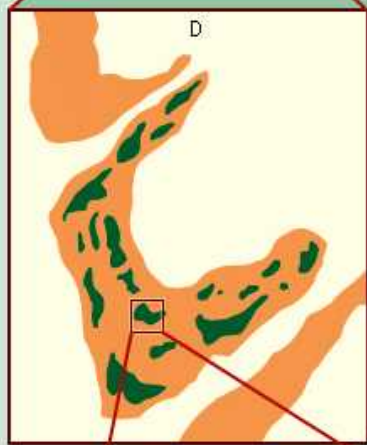
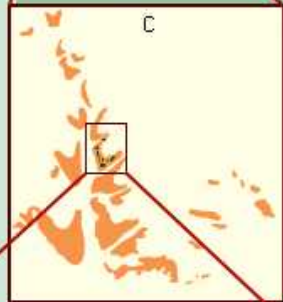
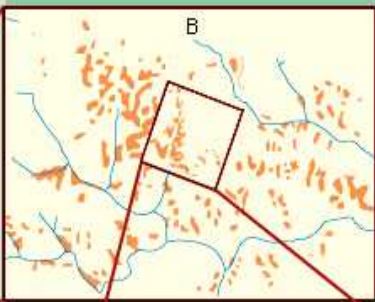
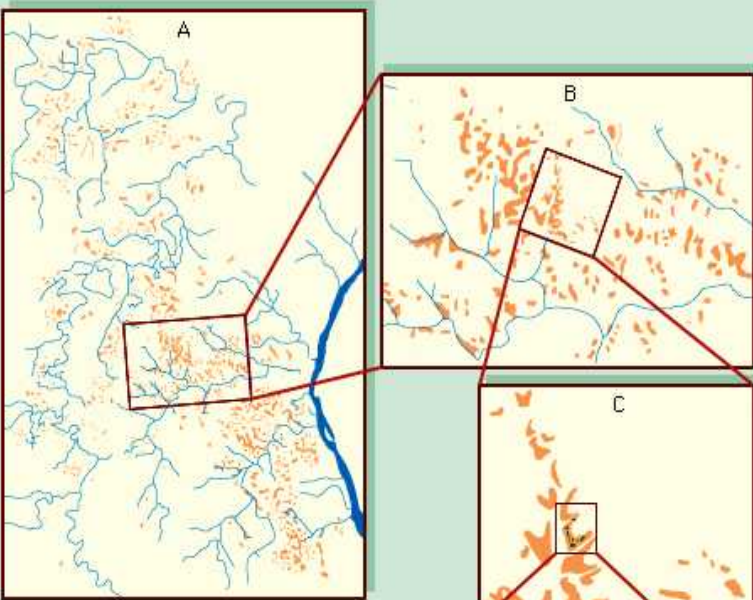
$$N_{t+1} = \lambda N_t$$

- Não há limitação

- Sistema é fechado

$$N_{t+1} = N_t + b - d$$

# Heterogeneidade Espacial



*Clematis fremontii*  
variety *riehlii*





# Dinâmica Populacional: Metapopulações

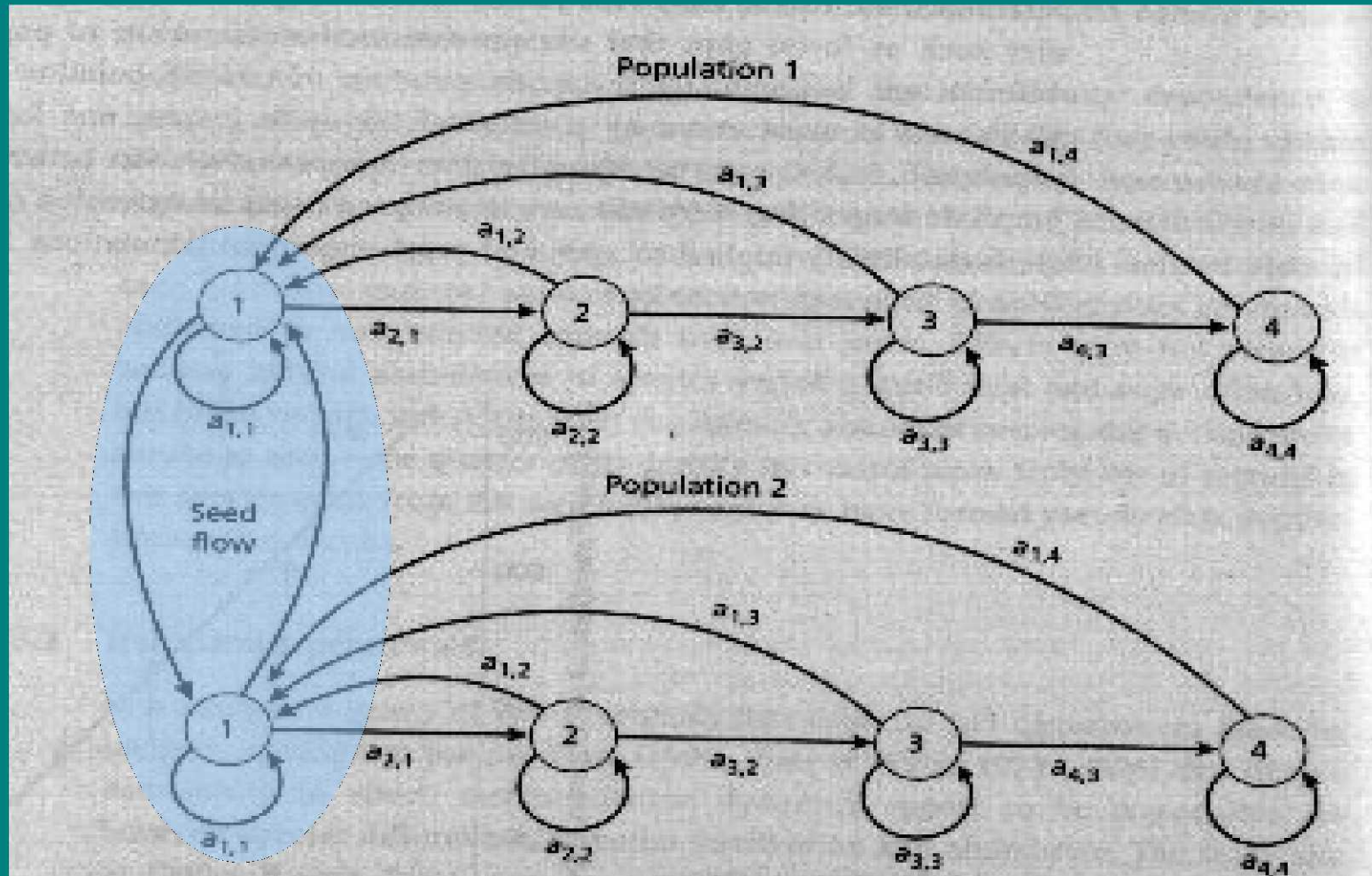


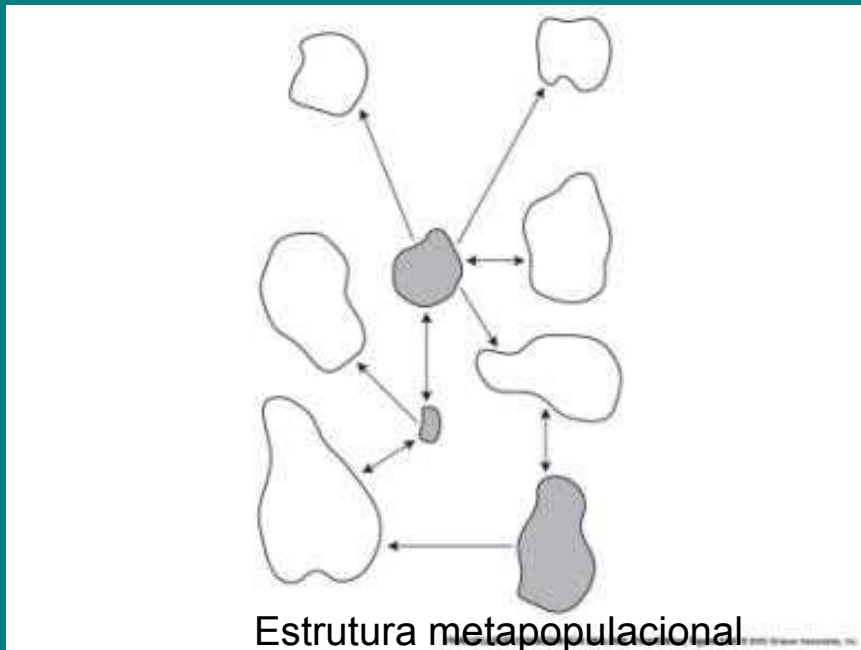
Fig. 7.5 Life cycle graphs for a metapopulation of two local populations of *Primula vulgaris* linked by seed dispersal. The populations each have four stage-classes [1-4, where class 1 are seeds]. Within each population the values  $a_{i,j}$  are fecundities; values  $a_{i,i}$  are the rates of survival for plants that do not change stage class and values  $a_{i+1,i}$  are the rates at which plants move up a stage class (compare with Fig. 1.5b).



# Dinâmica Populacional: Metapopulações

- UMA HISTÓRIA (Isadore Nabi)
- RETOMAR OS MODELOS
- **METAPOPOPULAÇÃO**
- Estudo de caso  
(*Eichornia paniculata*)
- NOVO MODELO

# Dinâmica Populacional: Metapopulações

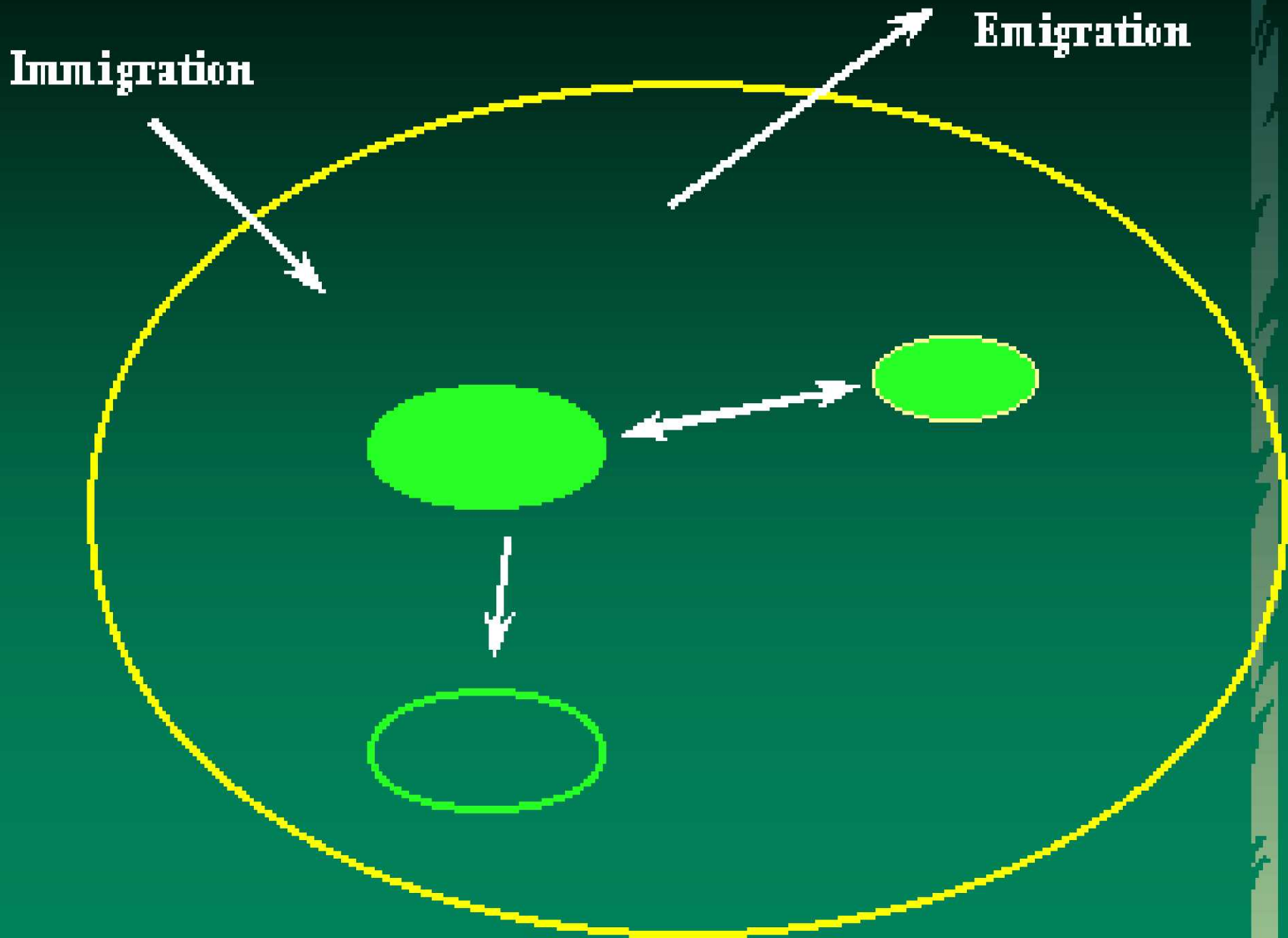


Levins (1969) introduziu o conceito de **metapopulação**:

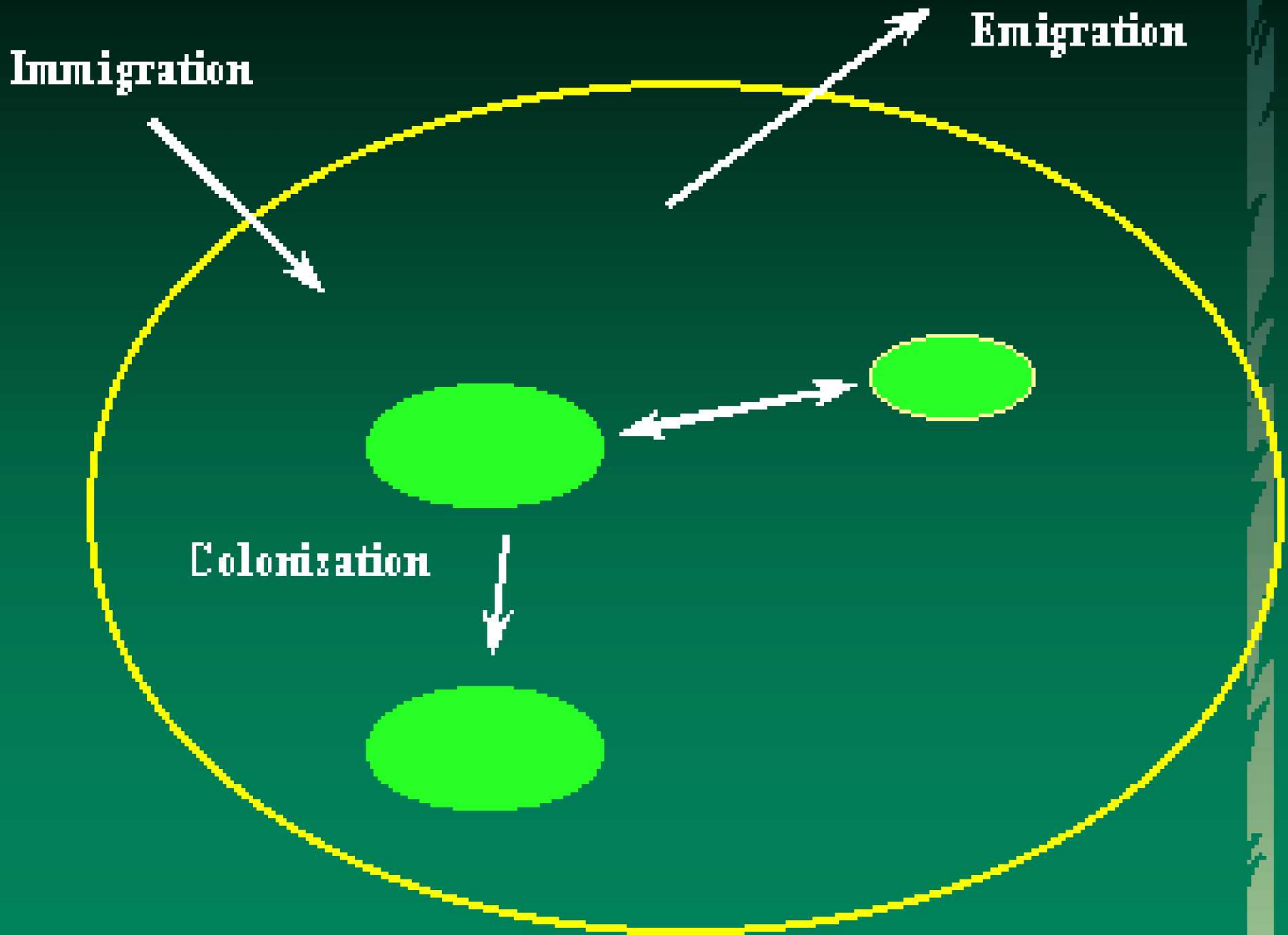
- manchas de habitat
- subpopulações discretas
- dispersão entre manchas

- Um sistema de populações conectadas por dispersão ocasional (Levins 1969).

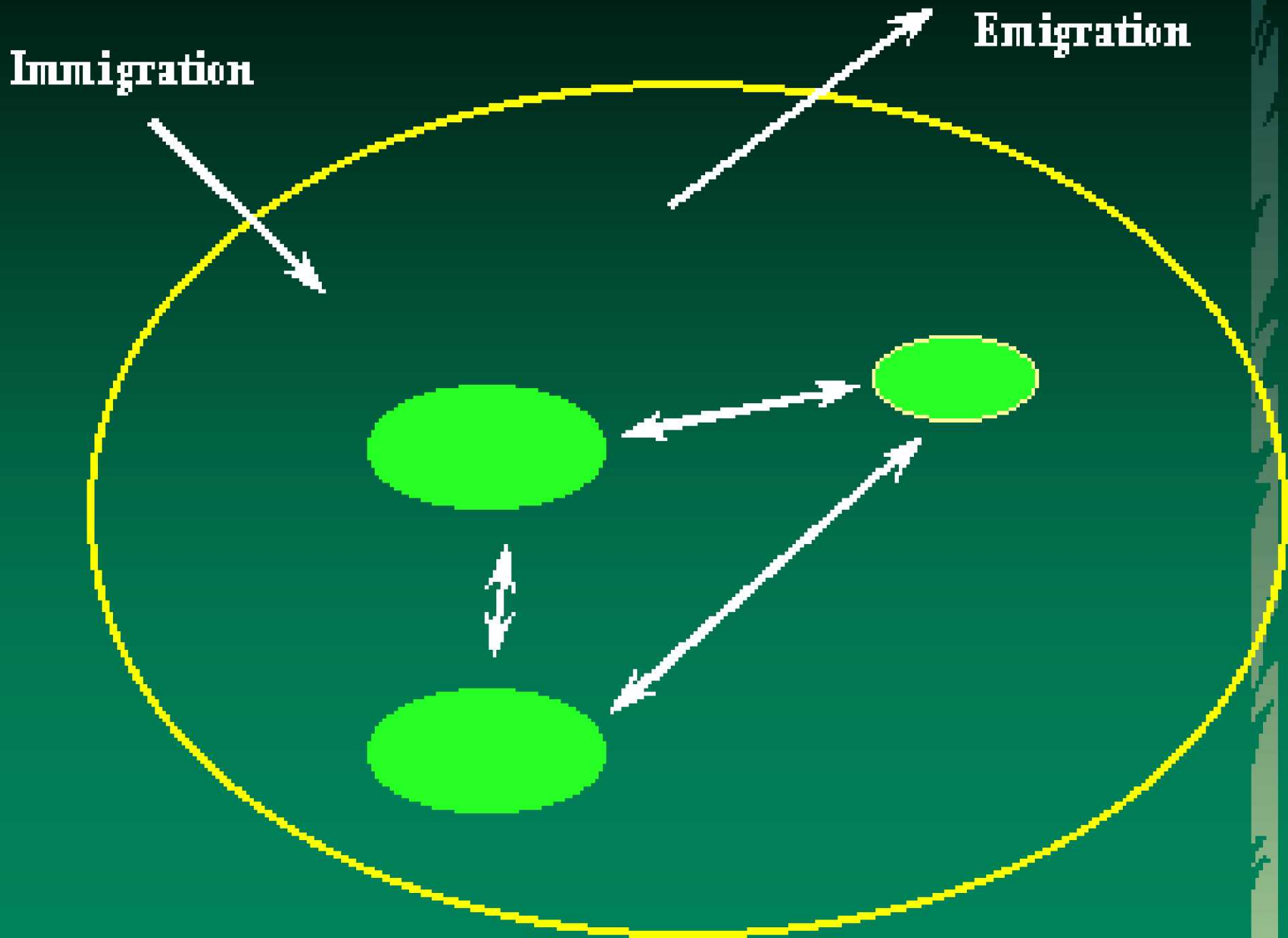
# DINÂMICA DE METAPOPOLAÇÕES



# DINÂMICA DE METAPOPOLAÇÕES

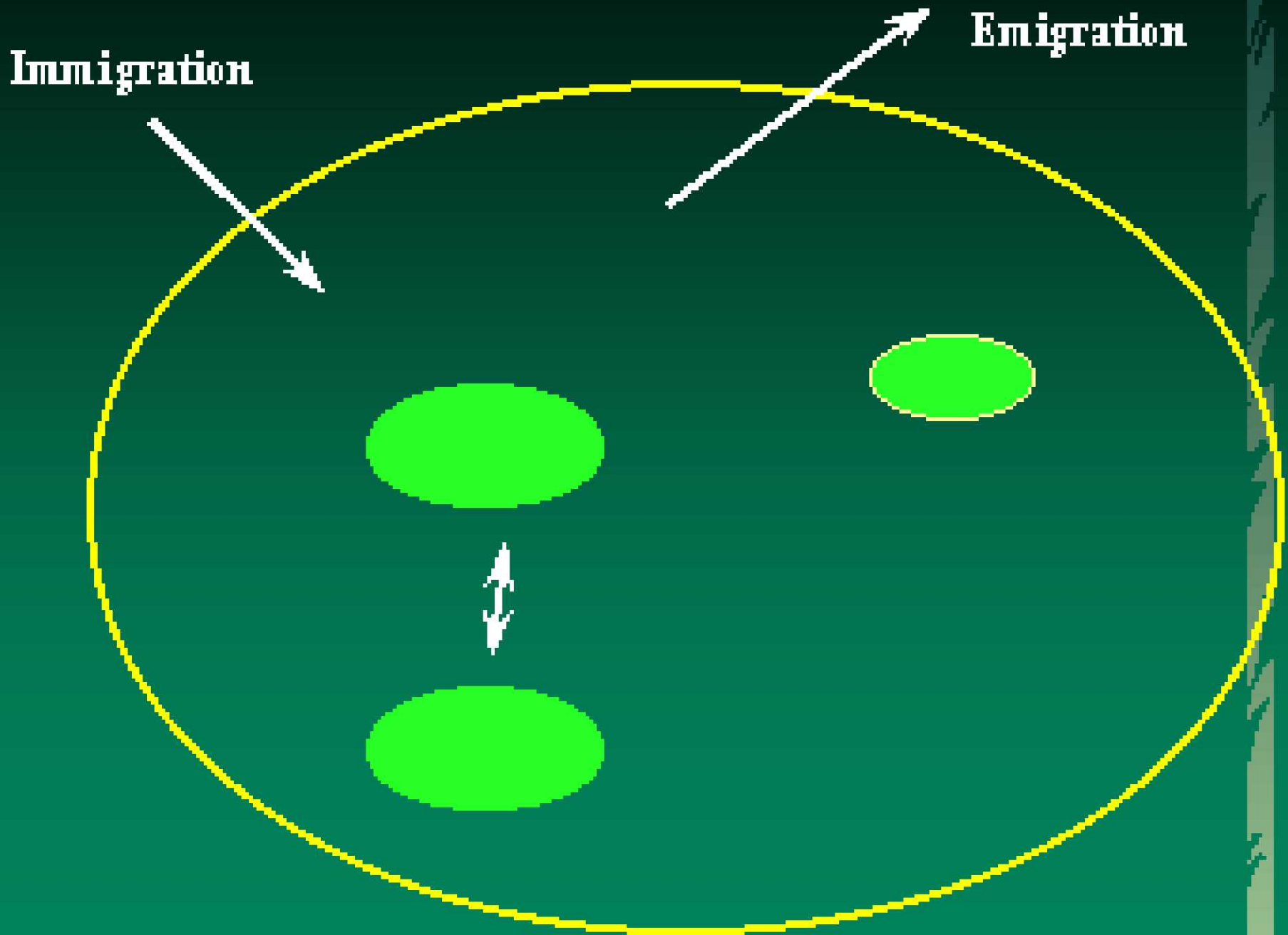


# DINÂMICA DE METAPOPOLAÇÕES

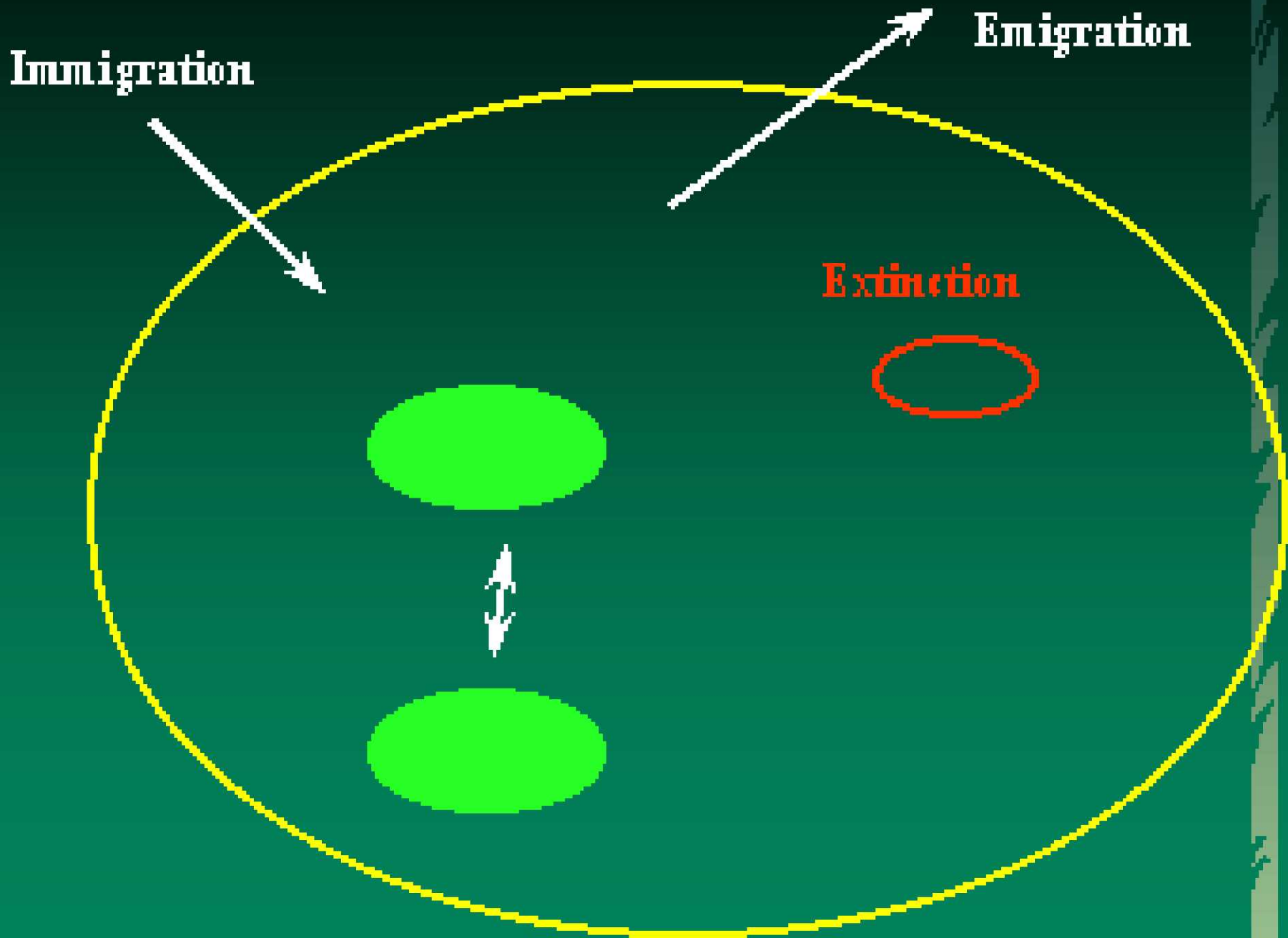




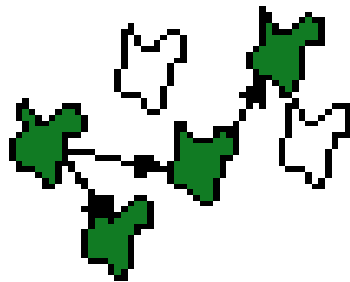
# DINÂMICA DE METAPOPOLAÇÕES



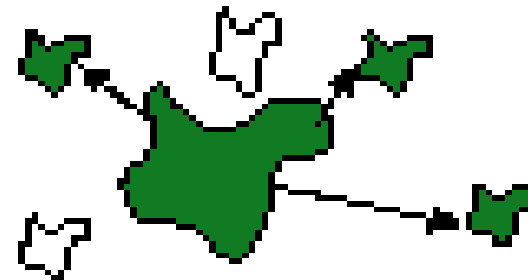
# DINÂMICA DE METAPOPOLAÇÕES



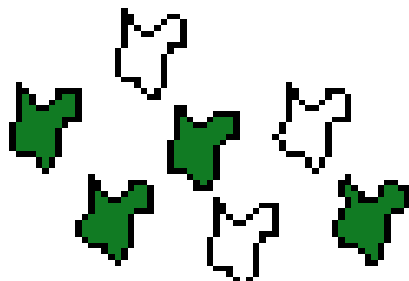
# Dinâmica Populacional: Metapopulações



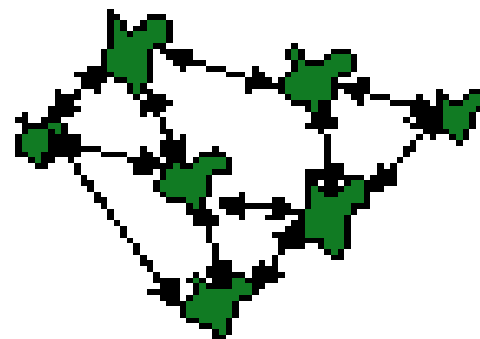
Classic (Levins)  
metapopulation



Mainland-island  
metapopulation

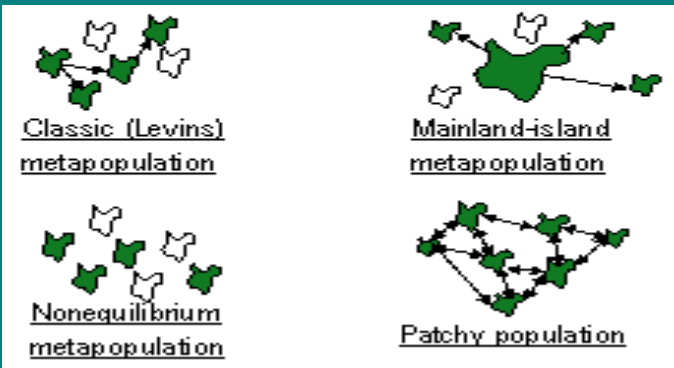


Nonequilibrium  
metapopulation



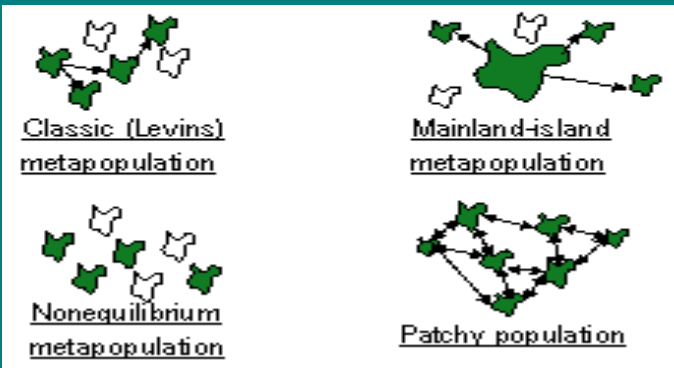
Patchy population

# Dinâmica Populacional: Metapopulações



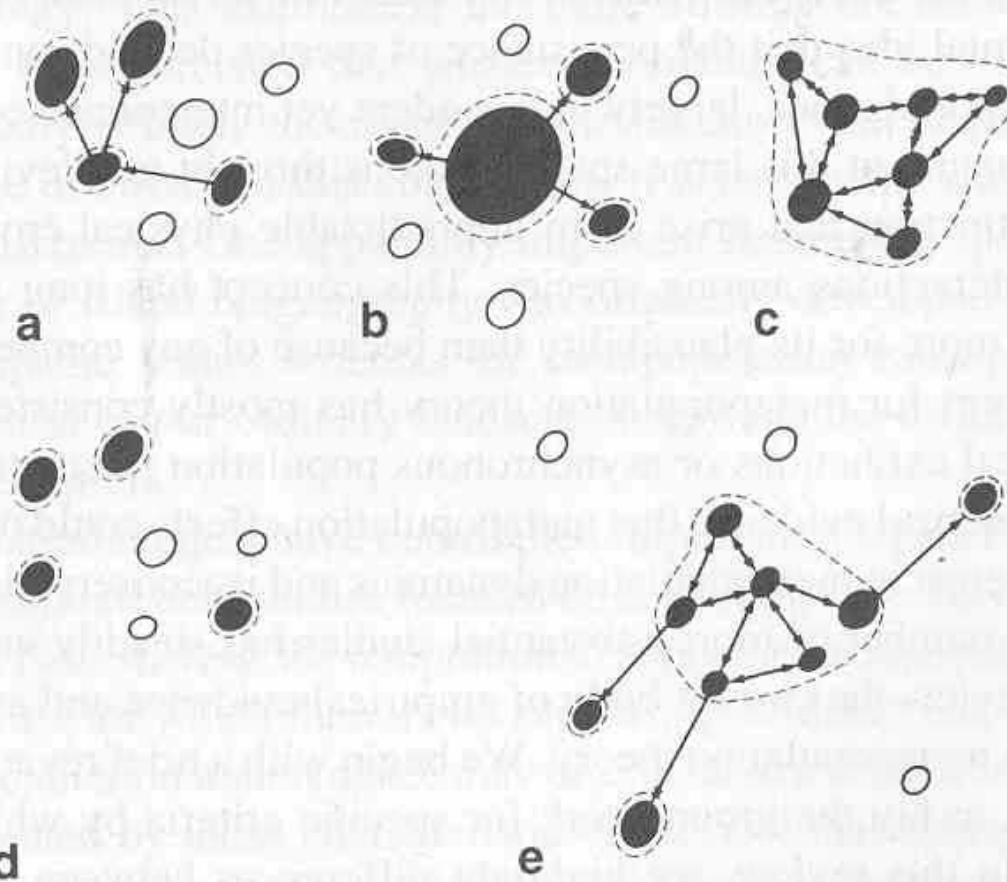
- Levins metapopulação: “*clássico*”
  - manchas pequenas e similares
  - dinâmica local mais rápida que a regional
  - Alto risco de extinção
- Modelo Ilha continente : “*Boorman-Levitt metapopulation*”
  - manchas recebendo de uma fonte
  - população fonte grande e baixa extinção

# Dinâmica Populacional: Metapopulações



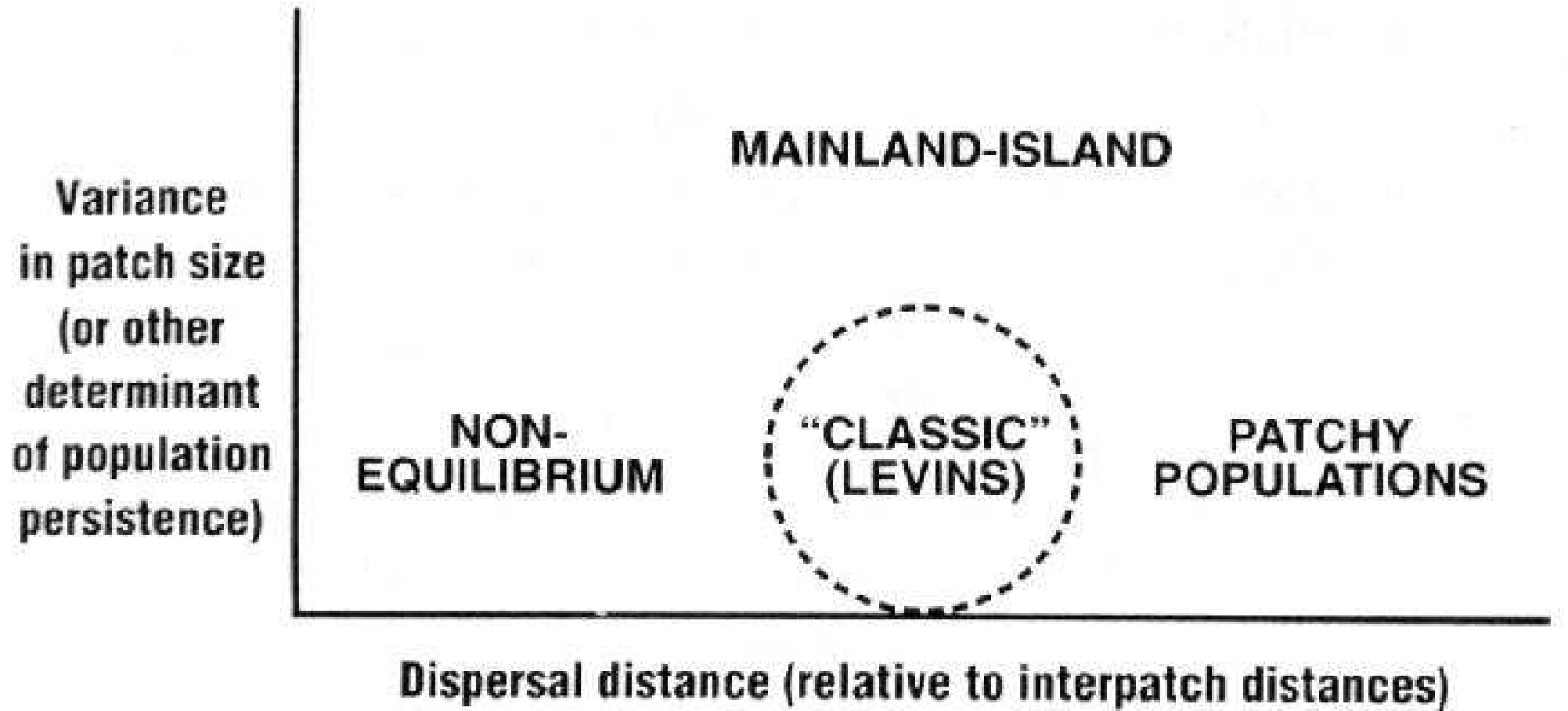
- Fonte-sumidouro
  - populações sumidouros:  $\lambda < 1$
  - populações fontes:  $\lambda > 1$
- Não-equilíbrio
  - $e > c$  ou  $c > e$ ; (ex: dispersão muito baixa)





**FIGURE 1** Different types of metapopulation. Filled circles, occupied habitat patches; empty circles, vacant habitat patches; dotted lines, boundaries of local populations; arrows, dispersal. (a) Classic (Levins); (b) mainland–island; (c) patchy population; (d) nonequilibrium metapopulation; (e) intermediate case combining features of (a), (b), (c), and (d).

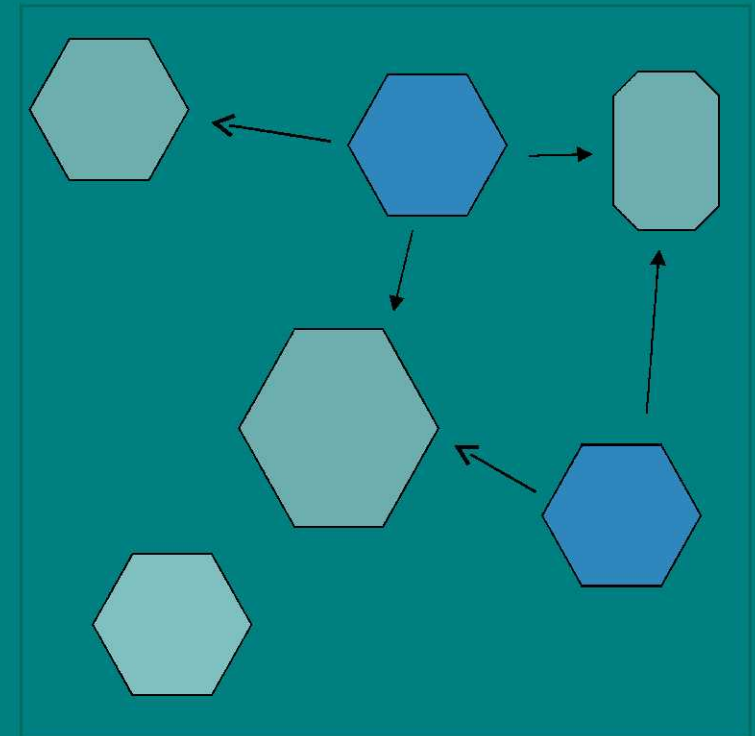
(Harrison and Taylor 1997)



(Harrison and Taylor 1997)

# Metapopulations

- Subpops. instáveis (extinção/colonização)
- Persistência da população regional pelo balanço de pops. ( $\lambda < 1$  ;  $\lambda > 1$ )
- Dispersão assegura a viabilidade ( $\lambda < 1$ )



- Persistência de populações (**sinks - sumidouro**) depende da dispersão de outras populações (**sources - fontes**).
- Manchas vazias podem ser colonizadas

source

sink

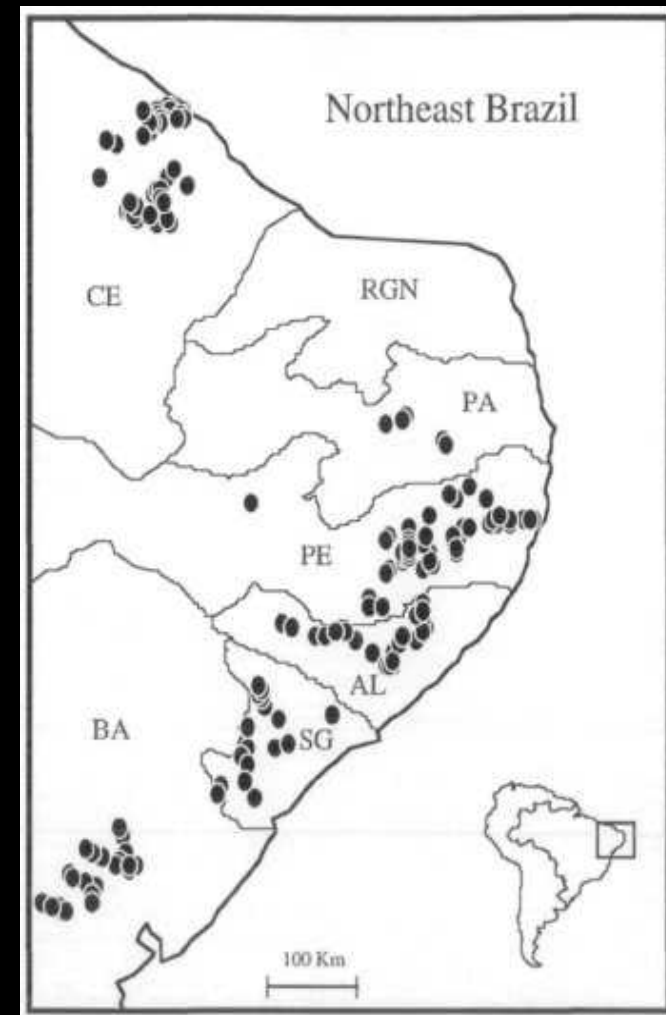
Segundo Hanski (1998) o modelo classico de Levins (1969) preve:

- (i) habitat em manchas isoladas
- (ii) dinâmica local independente
- (iii) recolonização e migração possível
- (iv) probabilidade de extinção semelhante



# *Eichornia paniculata* Husband & Barrett, 1997

- 167 populações (7 anos/ 4 censos)
- lagos na beira das estradas na Caatinga
- banco de sementes foi desprezado
- densidade e ocorrências nas manchas de habitat (lagos)





# *Eichornia paniculata* Husband & Barrett, 1997

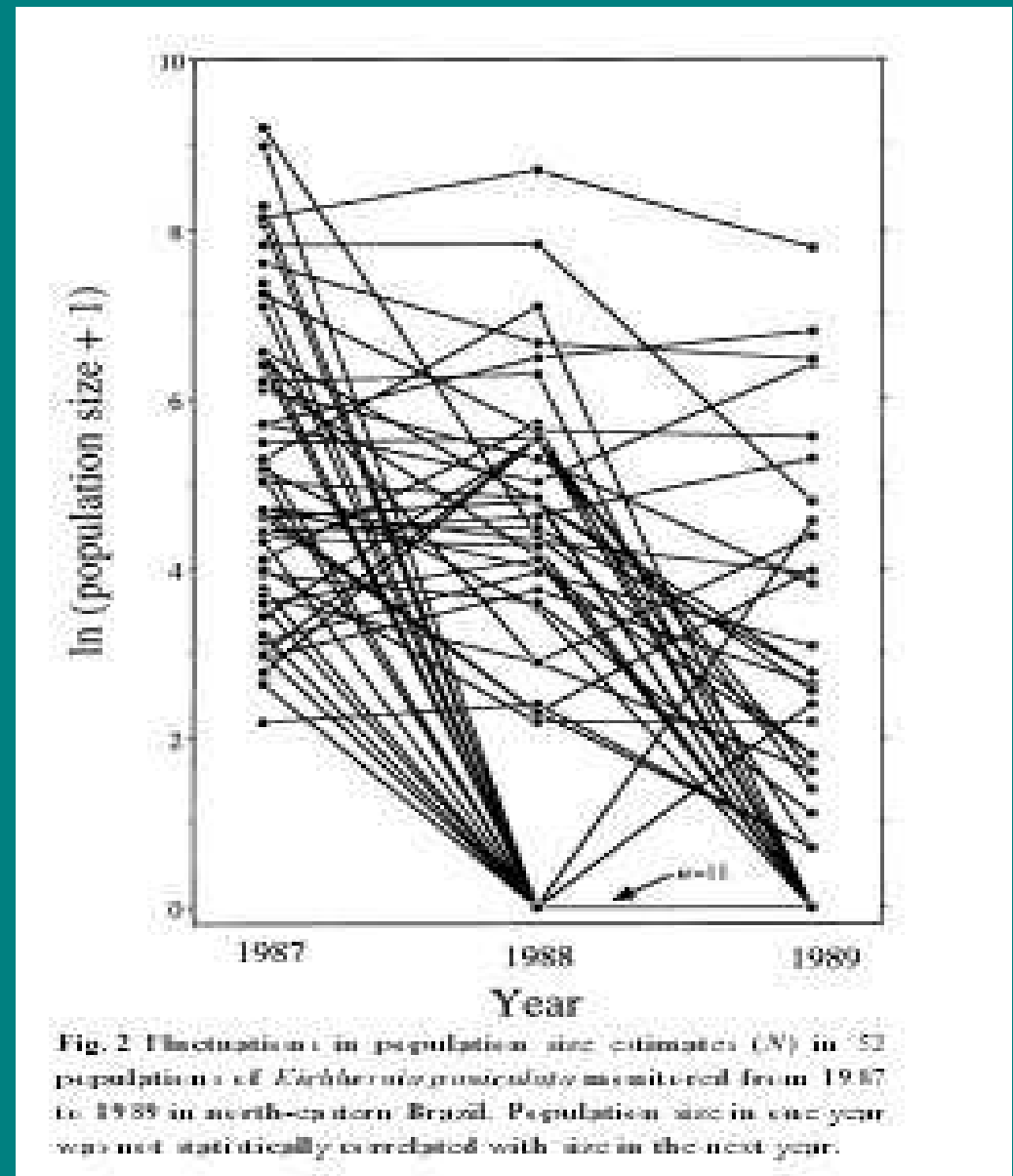
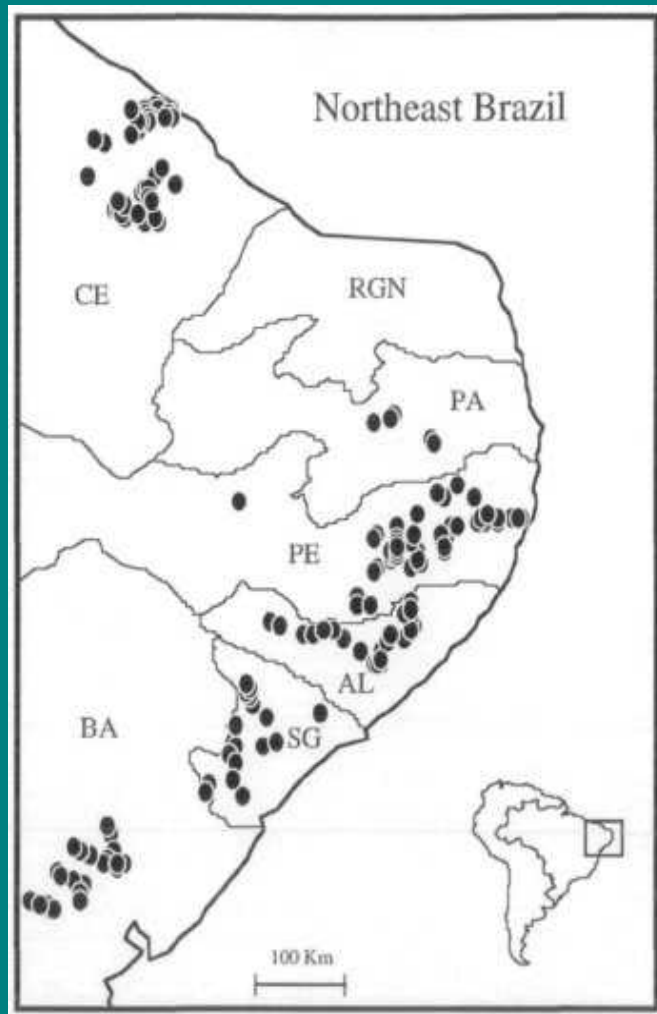


Fig. 2 Fluctuations in population size estimates ( $N$ ) in 52 populations of *Eichornia paniculata* monitored from 1987 to 1989 in north-eastern Brazil. Population size in one year was not statistically correlated with size in the next year.

- evidências de extinção e recolonização

# *Eichornia paniculata* Husband & Barrett, 1997



- Dinâmica independente do tamanho
- não há sincronia das dinâmicas locais

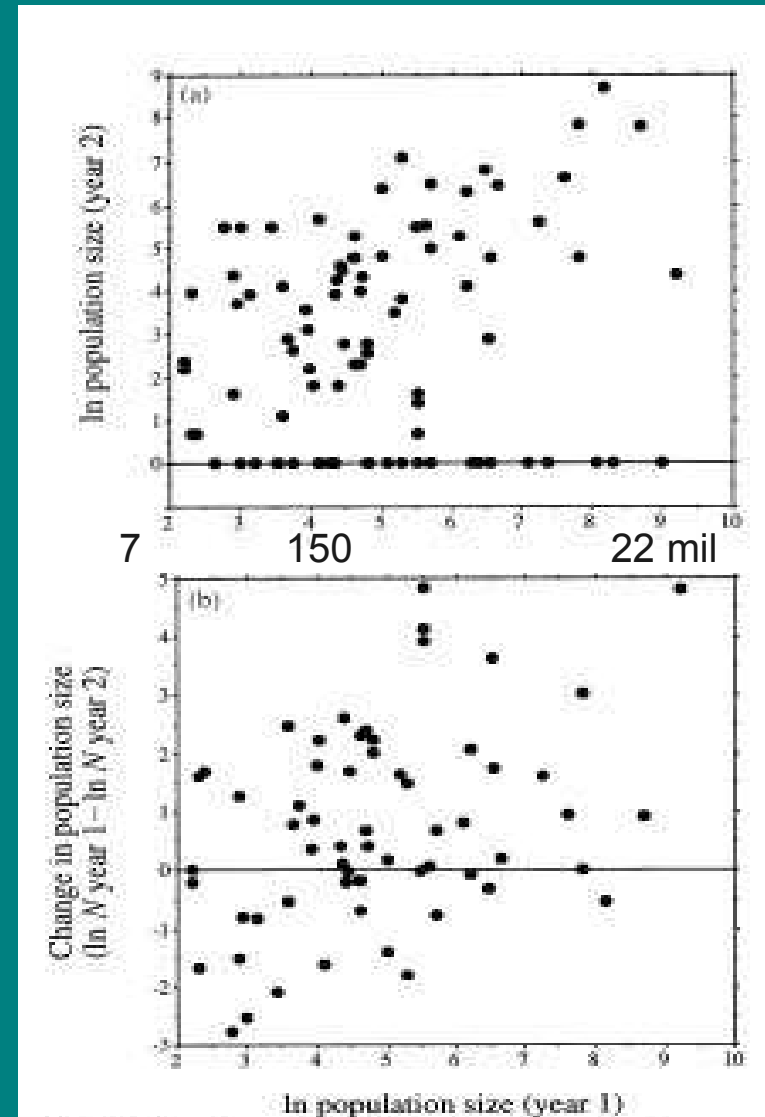


Fig. 3 Yearly changes in population size in *Eichornia paniculata* in north-eastern Brazil. (a) Relation between ln population size in year 1 and year 2. (b) Relation between ln population size in year 1 and change in population size (ln size year 1 - ln size year 2) including populations absent in second year.

# *Eichornia paniculata* Husband & Barrett, 1997

- A permanência não está relacionada ao tamanho da população (extinção constante)

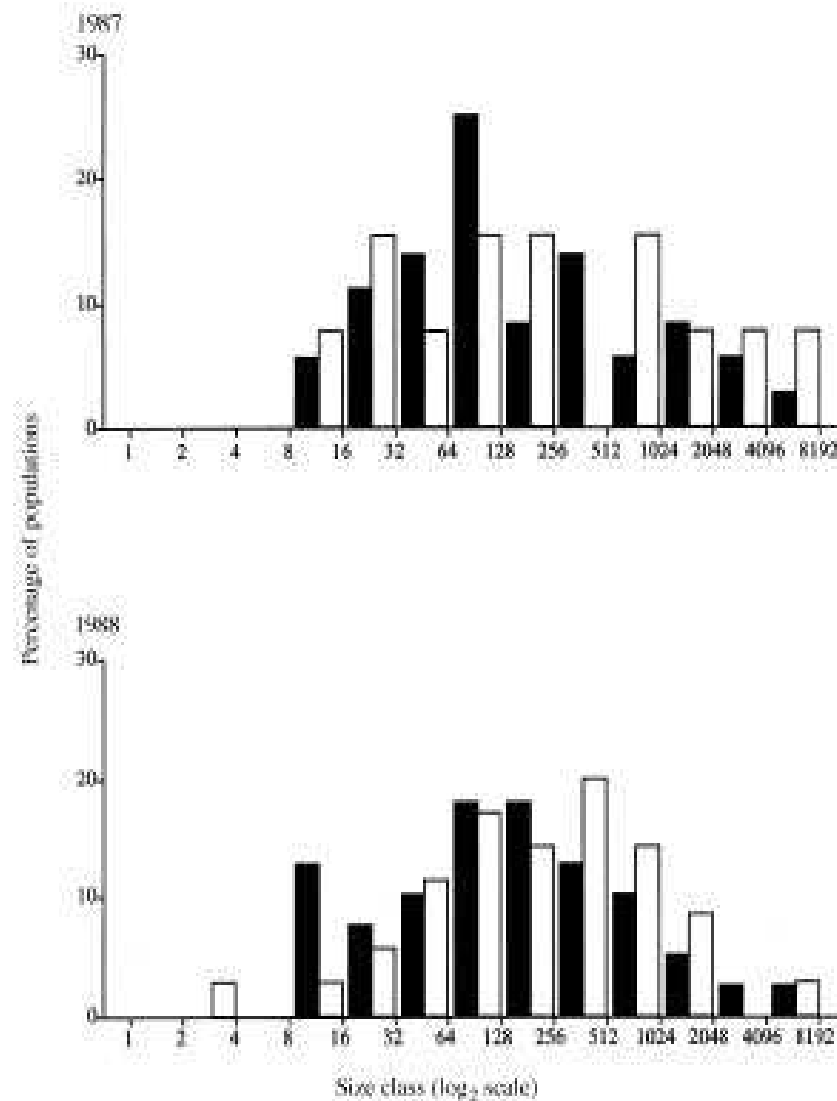


Fig. 4 Distribution of size ( $N$ ) for populations of *Eichornia paniculata* observed in 1987 and 1988 that were either present (open bars) or absent (filled bars) 1 year later.

# *Eichornia paniculata* Husband & Barrett, 1997

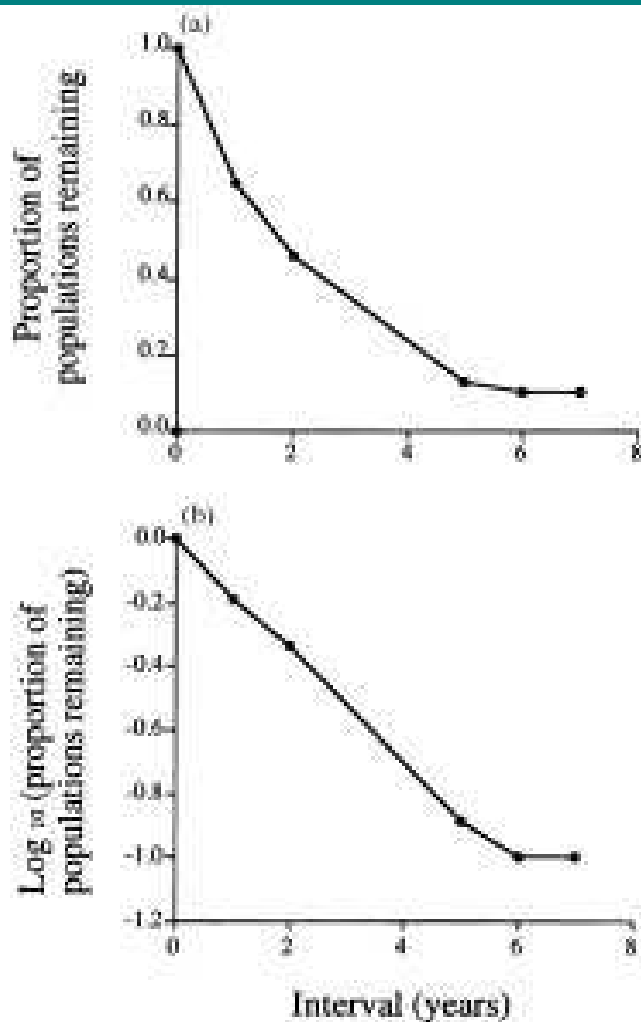


Fig. 5 Population persistence curves for *Eichornia paniculata* populations sampled over a 7-year period in north-eastern Brazil. Each point represents the proportion of populations remaining after a given sampling interval. The same data, log<sub>10</sub> transformed, are shown to illustrate the constant rate of decline in population numbers during the sampling period.

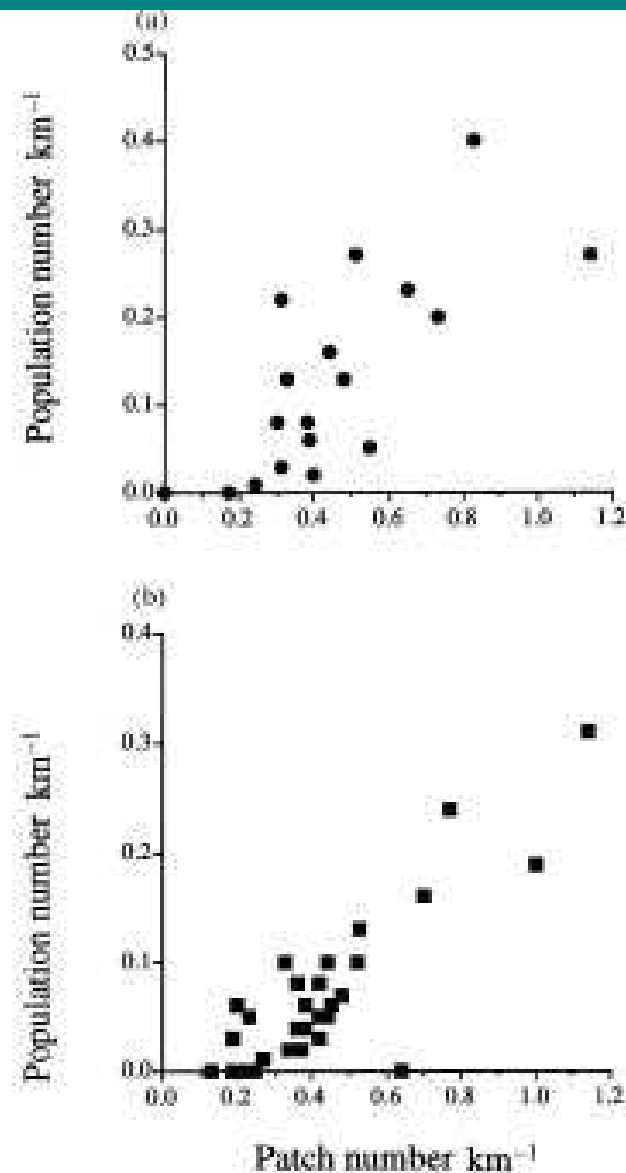


Fig. 6 Observed relation between population density and habitat patch density for *Eichornia paniculata* among 18 and 29 regions sampled in (a) 1988 and (b) 1989, respectively.

# *Eichornia paniculata* Husband & Barrett, 1997

Hanski (1997) o modelo classico de Levins (1969) preve:

- (i) habitat em manchas isoladas
- (ii) dinâmica local independente
- (iii) recolonização e migração possível
- (iv) probabilidade de extinção semelhante

Husband & Barrett (1997): *Eichornia paniculata* na caatinga

- (i) populações discretas e efêmeras
- (ii) flutuação local independente (aumento x diminuição)
- (iii) evidências que sim
- (iv) extinção uniforme e aleatória (independente do tamanho)



# Metapopulações em Plantas ???

Freckleton & Watkson (2002) baseado tb. em Hanski (1997):

**Para a estrutura ser governada por metapopulação:**

- (i) habitat disponíveis em manchas isoladas
- (ii) mesmo populações locais grandes podem se extinguir  
( ou há fonte/sumidouro definido)
- (iii) habitats disponíveis permitem recolonização após ext.
- (iv) não há sincronia completa nas populações locais

Reconheceram nessa data 44 estudos que tratavam de metapopulações de plantas:

# Metapopulações em Plantas

Freckleton & Watkson (2002)

Nem todos os estudos evidenciam metapopulações

## - problemas:

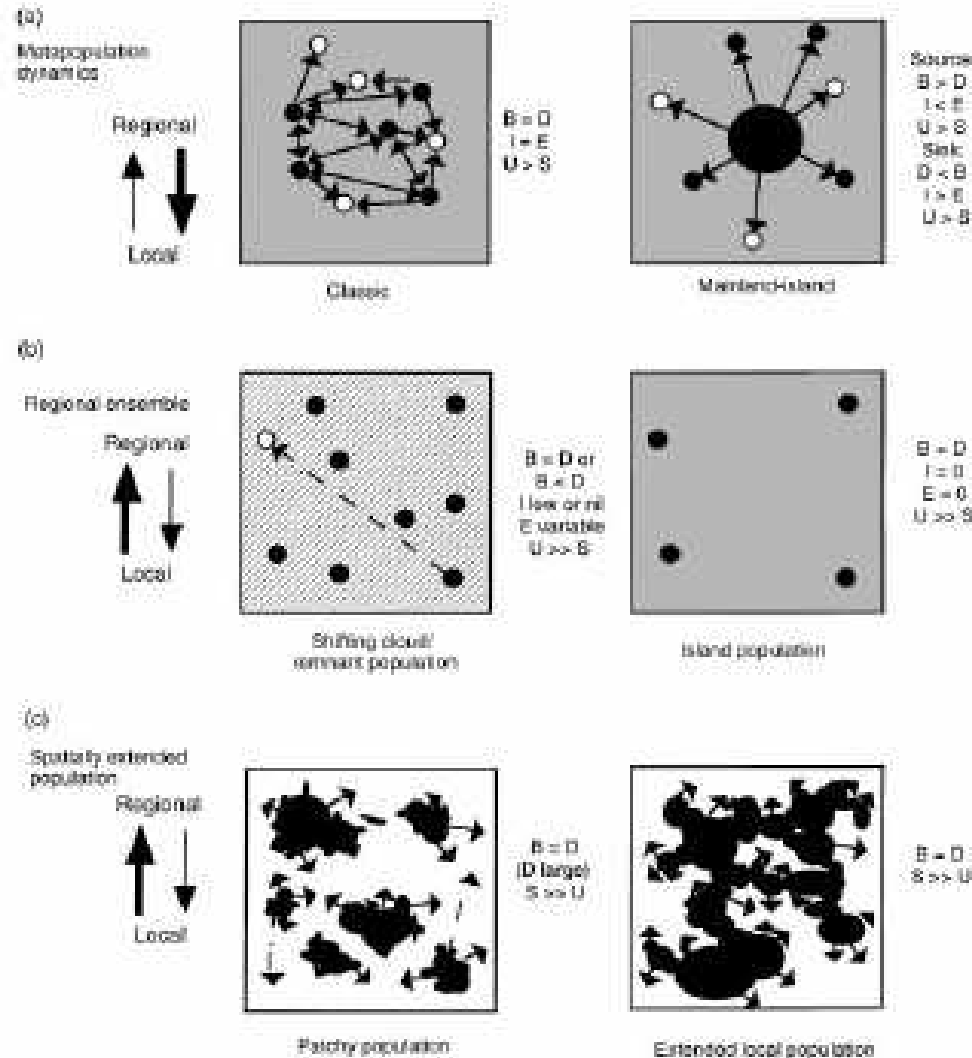
- (i) manchas não discretas
- (ii) estudo local
- (iii) dinâmica local define a regional
- (iv) recolonização não evidenciada

## - desafios :

- (i) escala de observação
- (ii) definir manchas de habitat viável
- (iii) inferir colonização e extinção (banco de sementes)

# Metapopulações em Plantas

Freckleton & Watkson (2002):





# Modelos Chuva de Propágulos

$$\frac{df}{dt} = C - E$$

$$F = \frac{\rho_i}{\rho_i + \rho_e}$$

$$\frac{df}{dt} = p_i(1-f) - p_e f$$



# Modelos Colonização Interna

$$\frac{df}{dt} = C - E$$

$$p_i = y^f$$

$$\frac{df}{dt} = y^f (1 - f) - p e^f$$

$$F = 1 - \frac{p e}{i}$$

