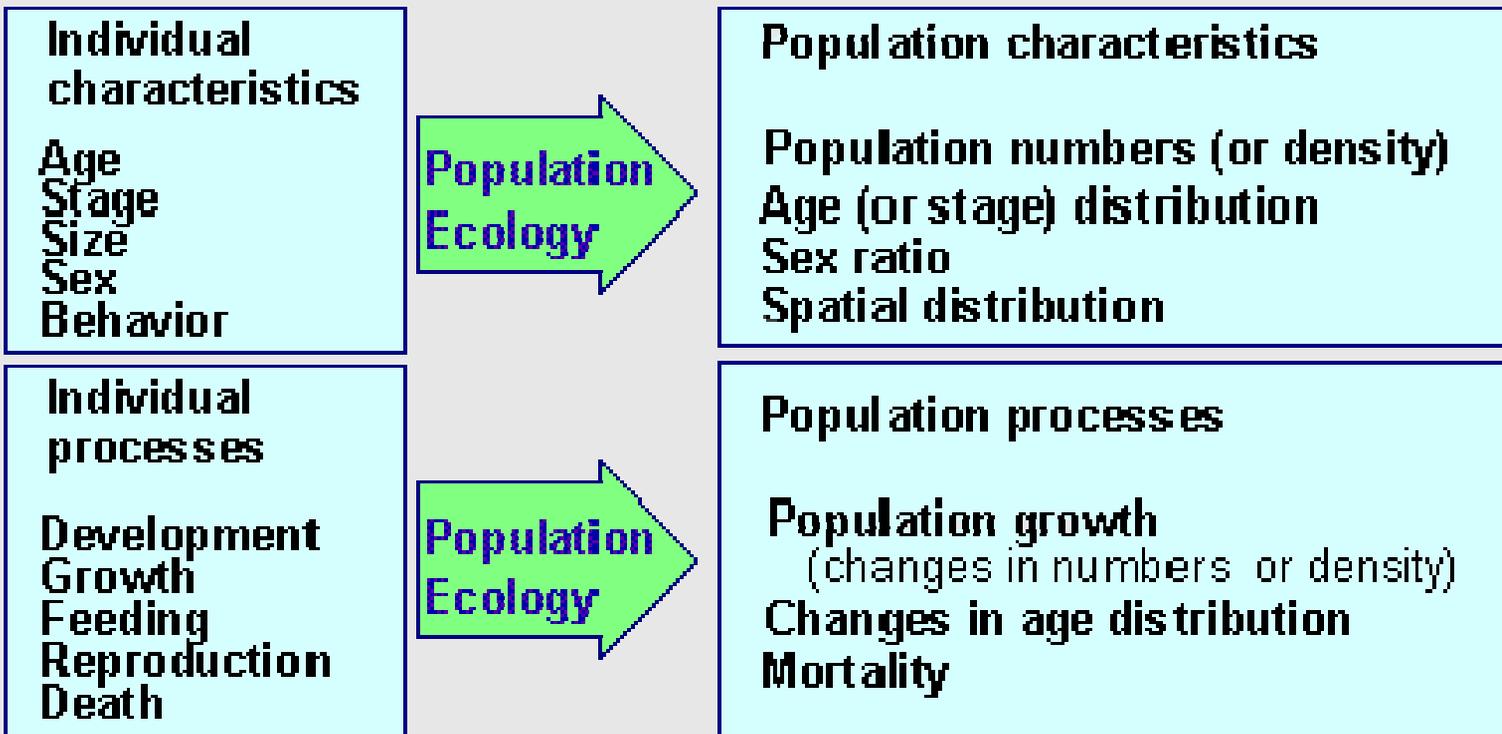


# MODELOS



# MODELOS

## Modelos de Crescimento Populacional

### Populações não estruturadas

$N, B, D, I, E$

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E \rightarrow DN/Dt = B - D + I - E$$

$$dN/dt = B - D, \text{ onde } B = bN \text{ e } D = dN$$

$$dN/dt = (b - d)N \rightarrow dN/dt = rN$$

$r$  = taxa intrínseca de crescimento, taxa instantânea de crescimento,  
parâmetro Malthusiano = taxa de crescimento populacional per capita  
(indivíduos.indivíduo<sup>-1</sup>.tempo<sup>-1</sup>)

# MODELOS

## Dificuldades com plantas:

✓ O que é um indivíduo?



✓ O que é nascimento?

Quando definir que um indivíduo está nascido?



✓ Quando definir mortalidade?



# MODELOS

## Modelo Exponencial:

$$N_t = N_0 \cdot e^{rt} \quad \text{ou} \quad dN/dt = rN$$

## Crescimento Discreto X Contínuo

$$N_t = \lambda^t \cdot N_0$$

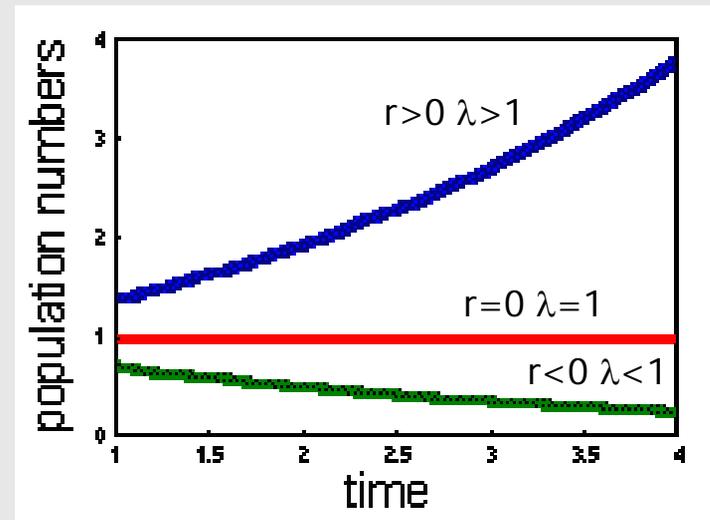
## Relação entre $\lambda$ e $r$

$$N_t = N_0 \lambda^t = N_0 \cdot e^{rt}$$

$$\lambda^t = e^{rt}$$

$$\lambda = e^r$$

$$\ln(\lambda) = r$$



# MODELOS

## Gerações Discretas X Contínuas

Discretas: indivíduos na população compreendem uma série de coortes as quais os membros estão no mesmo estágio de desenvolvimento.

Gerações não se sobrepõem (plantas anuais) ou se sobrepõem apenas parcialmente.

Se  $b$  é a natalidade por fêmea por intervalo de tempo e  $p$  é a probabilidade de sobreviver durante o intervalo de tempo, temos:

$$N_{t+1} = pN_t + pbN_t = (p + pb)N_t$$

Se fizermos  $\lambda = (p + pb)$  temos:

$$N_t = \lambda \cdot N_{t-1} = \lambda (\lambda N_{t-2}) = \lambda^t N_0$$

Onde  $\lambda$  é a taxa de crescimento geométrica ou taxa de mudança no tamanho da população em um intervalo discreto de tempo  $t$ .

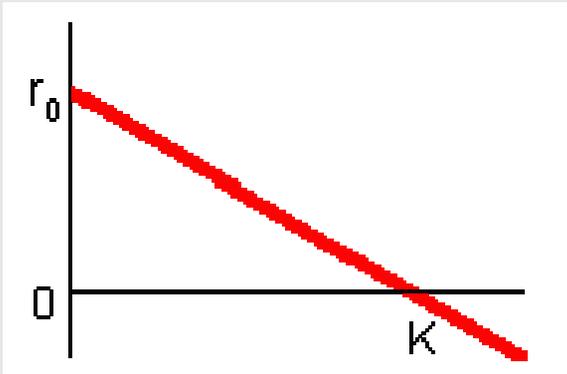
Contínuas: sobreposição de gerações. Todas as idades e estágios de desenvolvimento provavelmente estão presentes simultaneamente.

$$dN/dt = (b - d)N \quad \text{ou} \quad N_t = N_0 e^{rt}$$

Onde  $r$  é a taxa de crescimento per capita ou taxa instantânea..

## MODELOS

### Modelo Logístico:



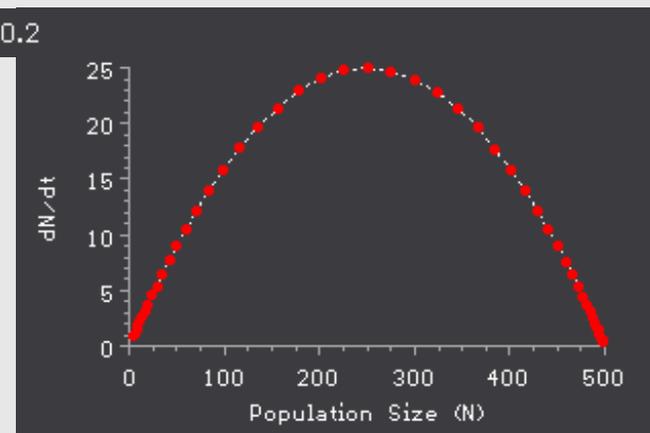
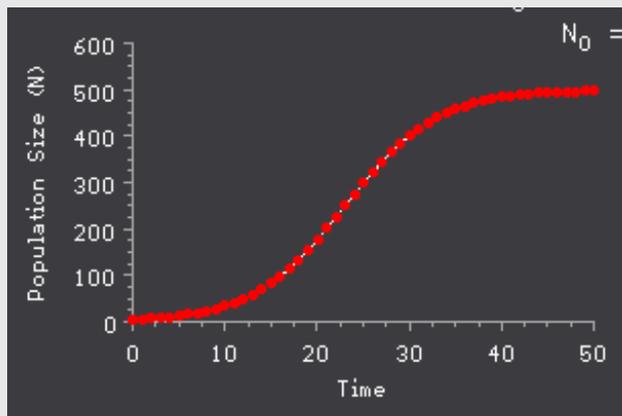
$$r = r_0 \left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

$$\frac{dN}{dt} = rN = r_0 N \left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

$$N_t = \frac{N_0 \cdot K}{N_0 + (K - N_0) \cdot \exp(-r_0 \cdot t)}$$

$$N_{t+1} = N_t \cdot e^{r((K-N)/K)} \quad N_{t+1} = N_t \cdot e^{r(1-(N/K))} \quad \frac{dN}{dt} = rN((K-N)/K)$$

$K$  = capacidade de suporte do ambiente.



# MODELOS

## Estratégias r-K

Seleção r: seleção que favorece crescimento rápido tanto em biomassa como em número de indivíduos.

Seleção K: seleção que favorece uma maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis.

Estratégia r: conjunto de adaptações que aumente o  $r_{MÁX}$  e/ou o crescimento rápido.

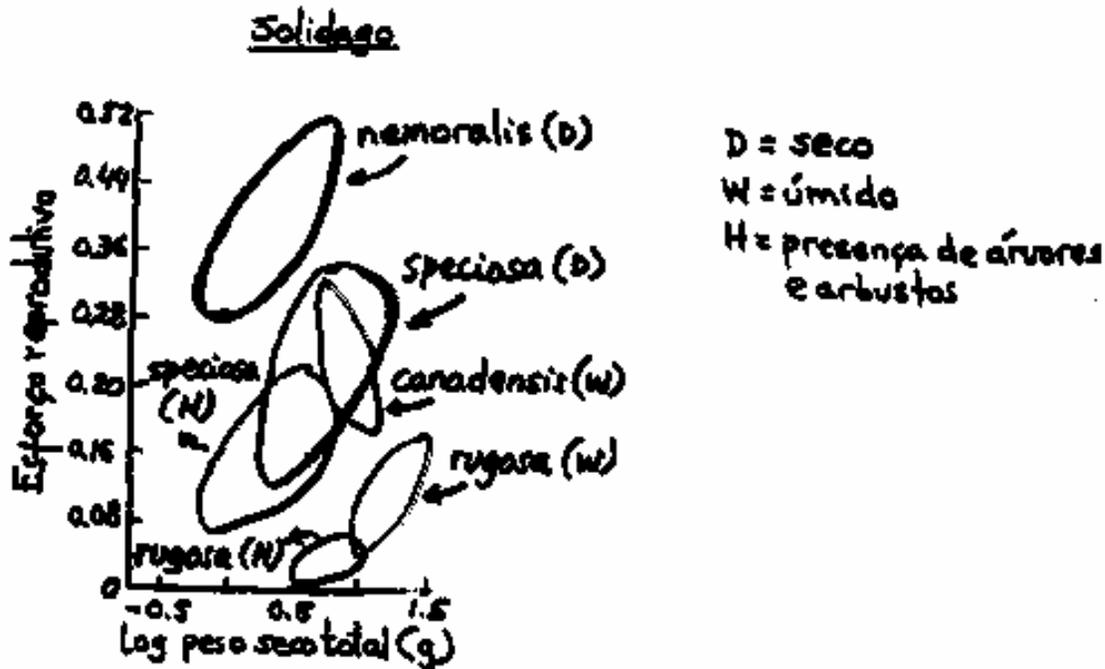
Estratégia K: conjunto de adaptações que aumenta a capacidade competitiva de um organismo e sua eficiência.

# MODELOS

## Estratégias r-K

Pianka (1970) – gradiente contínuo de estratégias.

Gadgil & Solbrig (1972) – utilização do esforço reprodutivo dos indivíduos, baseado na proporção de recursos destinada à reprodução.



Proporção de biomassa alocada para reprodução diminuiu com o aumento da maturidade da comunidade.

# MODELOS

## Estratégias r-K

Harper (1977) – existem outras forças seletivas que podem favorecer certas características semelhantes à seleção r-K

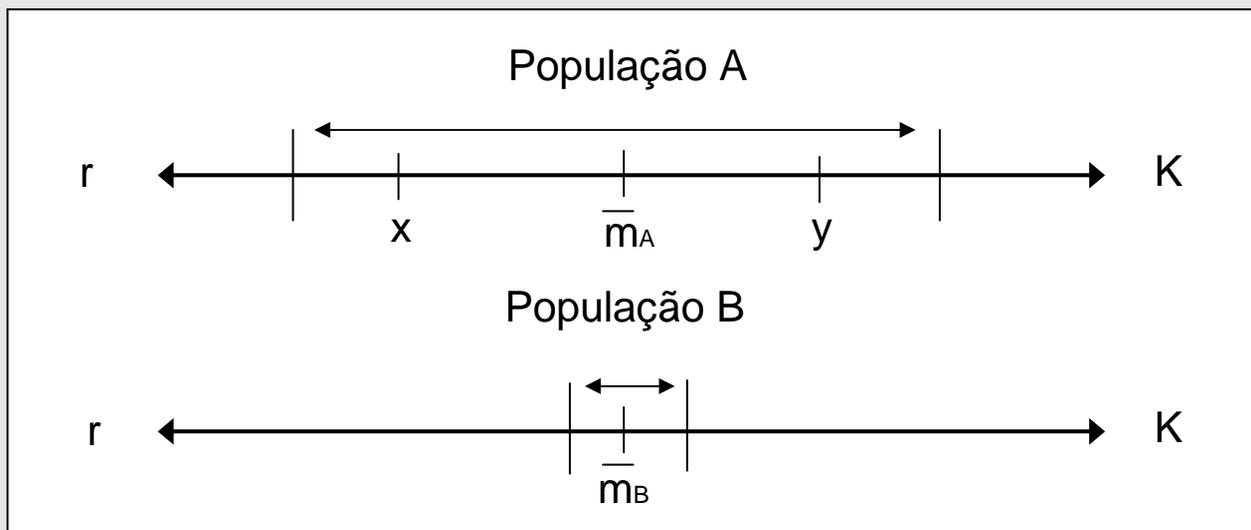
Ex: Ambientes de deserto – estações de desenvolvimento muito curtas – hábito de crescimento efêmero pode ser favorecido (anuais de deserto). Ciclos de vida curtos podem estar associados a episódios de rápida colonização. Nesse caso, grande longevidade de sementes, períodos longos de dormência de sementes, somados a uma baixa fecundidade e mecanismos de dispersão pouco eficientes, podem não estar relacionados em nada com seleção r-K.

Ex: Ambientes de mangues.

# MODELOS

## Estratégias r-K

Populações podem possuir posições médias semelhantes no gradiente r-K, mas apresentarem variações temporais bem diferentes (Nichols et al. 1976)

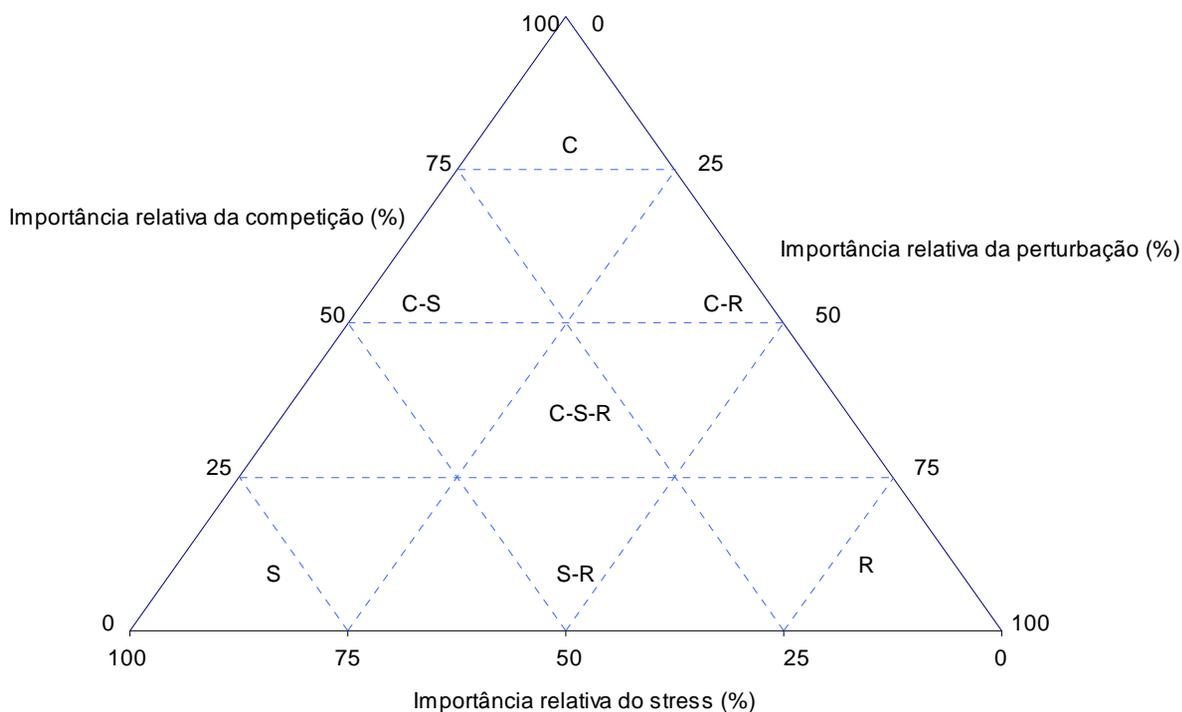


$\bar{m}$  = posição média

Os pontos x e y representam duas posições sucessivas da população A. Relativamente à B, A parece ser mais r em x e mais K em y.

## Estratégias C-S-R (Grime 1977)

Intensidade de Perturbação	Intensidade de stress	
	Baixo	Alto
Baixo	Competidores	Tolerantes ao stress
Alto	Ruderais	Estratégia inviável



# MODELOS

## Modelo Logístico incluindo tempo de resposta:

$$dN/dt = rN ((K - N_{t-T})/K)$$

T = tempo de resposta ("time lag")

## Premissas

- ✓ Taxas são constantes no tempo
- ✓ Imigração é igual a Emigração --> mudanças no tamanho da população dependem apenas das taxas locais de natalidade e mortalidade.
- ✓ Todos os indivíduos são considerados igualmente --> não são consideradas as estruturas genética, etária e de tamanhos. Também não é considerada a razão sexual.
- ✓ Ambiente é constante

# MODELOS

## **Modelos determinísticos X Estocásticos:**

Determinísticos: taxas são constantes. População cresce em um ambiente constante.

Estocásticos: taxas são médias e possuem variância. Ambiente pode ser variável.

## **Estocasticidade Demográfica:**

Taxa de sobrevivência anual = 0,4

$N_0 = 100 \rightarrow N_1 = 40$  indivíduos

$N_0 = 3 \rightarrow N_1 = 1,2$  indivíduos  $\rightarrow$  ???

$N_1 = 0, 1, 2$  ou 3 indivíduos  $\rightarrow$  Cada indivíduo tem 40% de chance de sobreviver  $\rightarrow$  Probabilidade de todos sobreviverem =  $0,4^3$  e

Probabilidade de nenhum irá sobreviver =  $(1-0,4)^3$

Martini, A.M.Z. 1996. Estrutura e dinâmica populacional de três espécies arbóreas tropicais. Tese de Mestrado, UNICAMP, Campinas.

Vegetação: Floresta estacional semidecidual

Tamanho da área: 250 ha

Amostra: 1 ha (100 parcelas 10 X 10 m)

Tamanho mínimo: CAP  $\geq$  15 cm

Intervalo de tempo: 11 anos (1982/85 – 1994/95)

<b>Espécie</b>	<b>N<sub>0</sub></b>	<b>N<sub>t</sub></b>	<b><math>\lambda</math></b>
<i>Acacia polyphylla</i>	28	19	0,9657
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	37	40	1,0070
<i>Aspidospema polyneuron</i>	218	165	0,9753

Fonseca, M.G. 2001. Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP. Tese de Mestrado. UNICAMP.

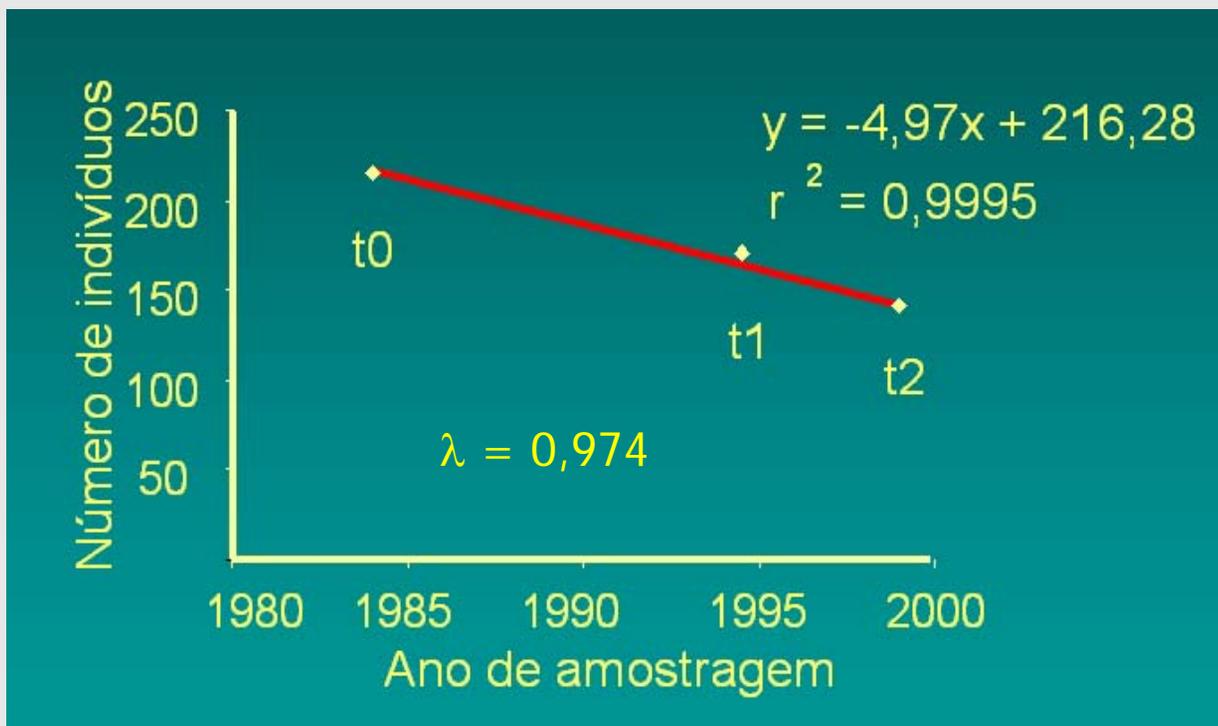
Vegetação: Floresta estacional semidecidual

Tamanho da área: 250 ha

Amostra: 1 ha (100 parcelas 10 X 10 m)

Tamanho mínimo: CAP  $\geq$  15 cm

Intervalo de tempo: 15 anos (1982/85 – 1994/95 – 1999)



Santos, F.A.M., Tamashiro, J.Y., Rodrigues, R.R. & Shepherd, G.J. 1996. The dynamics of tree populations in a semideciduous forest at Santa Genebra Reserve, Campinas, SE Brazil. Supplement to Bulletin of the Ecological Society of America 77(3): 389.

Vegetação: Floresta estacional semidecidual

Tamanho da área: 250 ha

Amostra: 1 ha (100 parcelas 10 X 10 m)

Tamanho mínimo: CAP  $\geq 15$  cm

Intervalo de tempo: 11,12 anos (1982/85 – 1994/95)

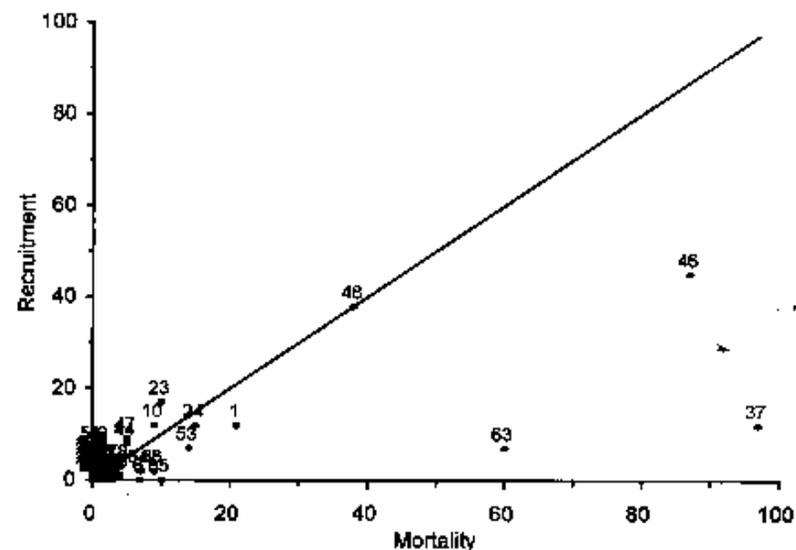
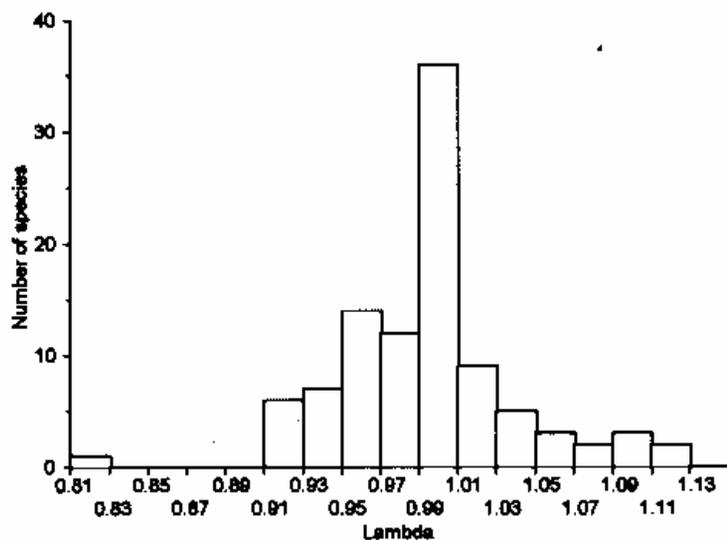
Successional Group	$\lambda$	$\chi^2_{(t-1)}$	p
Pioneer	0.9801	3.203	0.074
Early Secondary	0.9964	1.033	0.310
Late Secondary	0.9789	29.795	<0.001
Without Classification	1.0189	1.164	0.281

$$N_0 = 1431$$

$$N_t = 1246$$

$$r = -0,012$$

$$\lambda = 0,988$$



species	suc	$\lambda$	$\chi^2_{(1)}$ ( $\lambda \neq 1$ )	p	m	$\chi^2_{(1)}$ (m $\neq$ 0.0379)	p	i	$\chi^2_{(1)}$ (i $\neq$ 0.0266)	p
<i>Acacia polyphylla</i>	P	0.9657	2.580	0.108	0.1247	12.300	<0.001	0.0898	9.059	0.003
<i>Actinostemon communis</i>	E	1.0000	0.002	0.960	0.0369	0.001	0.972	0.0369	2.264	0.132
<i>Esenbeckia febrifuga</i>	E	0.9785	1.080	0.299	0.0840	4.918	0.027	0.0623	4.211	0.040
<i>Galipea multiflora</i>	E	1.0229	2.009	0.156	0.0303	0.131	0.718	0.0529	4.289	0.038
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	E	1.0047	0.061	0.805	0.0251	0.812	0.367	0.0298	0.027	0.870
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	E	0.9801	0.417	0.519	0.0201	0.531	0.466	0.0000	2.153	0.142
<i>Syphoneugenia densiflora</i>	E	0.9951	0.013	0.909	0.0100	2.486	0.115	0.0051	2.095	0.148
<i>Trichilia catigua</i>	E	1.0081	0.195	0.659	0.0153	2.747	0.097	0.0233	0.023	0.878
<i>Trichilia clausenii</i>	E	0.9850	6.024	0.014	0.0353	0.277	0.634	0.0201	2.475	0.116
<i>Trichilia pallida</i>	E	1.0173	0.645	0.422	0.0275	0.162	0.687	0.0446	1.160	0.281
<i>Zanthoxylum minutiflorum</i>	E	1.0055	0.016	0.901	0.0120	1.635	0.201	0.0175	0.166	0.683
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	L	0.9754	12.586	<0.001	0.0288	2.892	0.089	0.0039	28.809	<0.001
<i>Astronium graveolens</i>	L	0.9913	0.465	0.495	0.0201	3.495	0.062	0.0114	3.825	0.050
<i>Holocalyx balansae</i>	L	1.0165	0.225	0.635	0.0000	2.509	0.113	0.0164	0.106	0.744
<i>Ixora gardneriana</i>	L	0.9695	1.760	0.185	0.0423	0.008	0.930	0.0113	0.787	0.375
<i>Pachystroma longifolium</i>	L	1.0371	3.018	0.082	0.0000	3.863	0.049	0.0365	0.236	0.627
<i>Psychotria vauthieri</i>	L	0.9544	34.801	<0.001	0.0547	7.553	0.006	0.0081	13.797	<0.001

Espécies:  
 > 20 m  
 10 – 20 m  
 < 10 m

Taxas:  
 p < 0,05  
 P < 0,10  
 P > 0,10

Paula, A. 1999. Alterações florísticas e fitossociológicas ocorridas em 14 anos na vegetação arbórea de um estande florestal na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Tese de Mestrado, UFV, Viçosa.

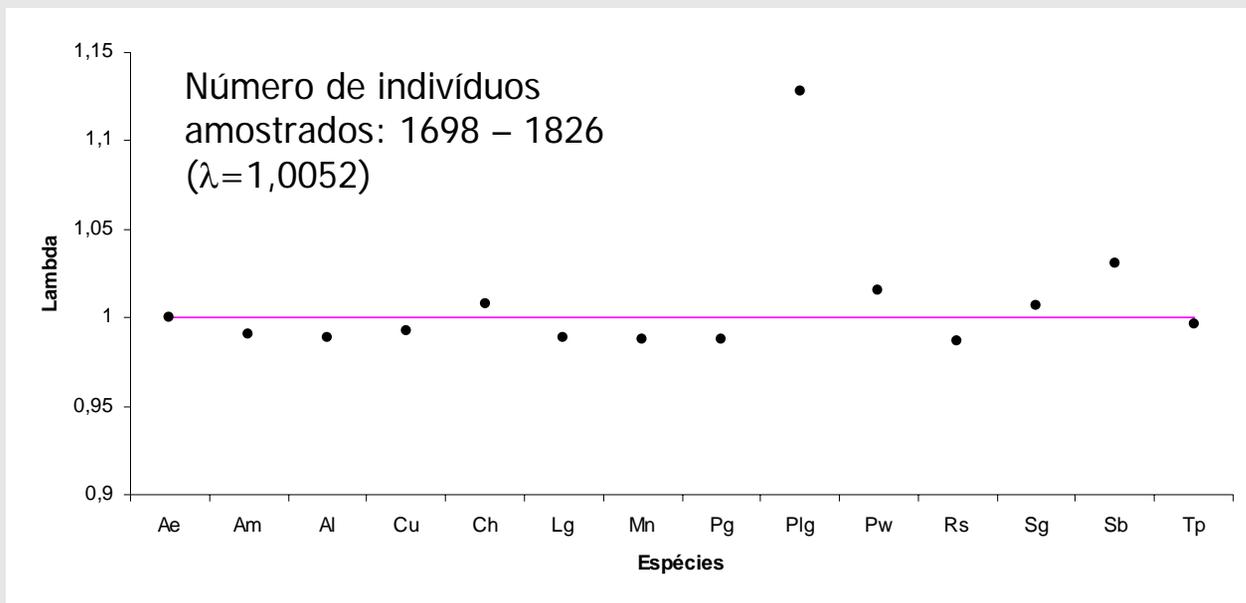
Vegetação: Floresta estacional semidecidual montana.

Tamanho da área: 75 ha

Amostra: 1 ha (100 parcelas 10 X 10 m)

Tamanho mínimo: CAP  $\geq$  15 cm

Intervalo de tempo: 14 anos (1984 – 1998)



Ae: *Allophylus edulis*

Am: *Anadenanthera macrocarpa*

Al: *Apuleia leiocarpa*

Cu: *Casearia ulmifolia*

Ch: *Coutarea hexandra*

Lg: *Luehea grandiflora*

Mn: *Machaerium nyctitans*

Pg: *Piptadenia gonoacantha*

Plg: *Plinia glomerata*

Pw: *Protium warmingianum*

Rs: *Rollinia silvatica*

Sg: *Siparuna guianense*

Sb: *Sorocea bonplandii*

Tp: *Trichilia pallida*

Rolim, S.G. 1997. Dinâmica da floresta Atlântica em Linhares (ES) (1980-1995). Tese de Mestrado, ESALQ, Piracicaba.

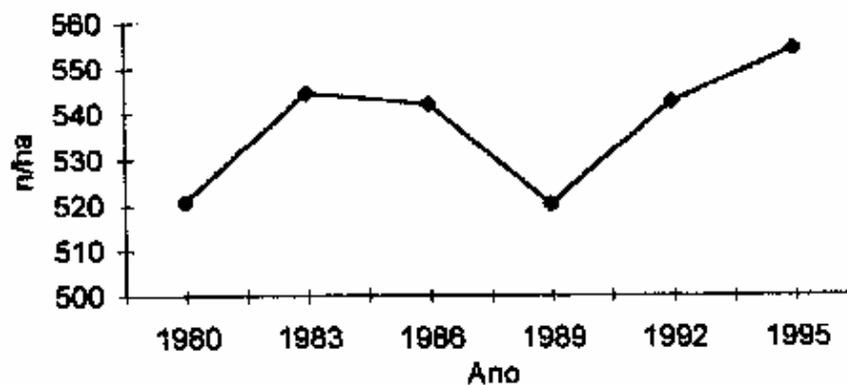
Vegetação: Floresta ombrófila densa.

Tamanho da área: 22000 ha

Amostra: 2,5 ha (5 parcelas 50 X 100 m)

Tamanho mínimo: DAP  $\geq$  10 cm

Intervalo de tempo: 15 anos (1980 – 1983 – 1986 – 1989 – 1992 – 1995)



Valores de  $\lambda$ :

80-83	83-86	86-89	89-92	92-95	Médio
1,0151	0,9983	0,9865	1,0142	1,0071	1,0042

Pimenta, J.A. 1998. Estudo populacional de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (Myrtaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas.

Bianchini, E. 1998. Ecologia de população de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas.

Vegetação: Floresta estacional semidecidual.

Tamanho da área: 680 ha

Amostra: 1,5 ha (150 parcelas 10 X 10 m)

Tamanho mínimo: todos os indivíduos

Intervalo de tempo: 2 anos (1995 – 1997)

### *Campomanesia xanthocarpa*

Área	$\lambda$			
	1995-1996		1996-1997	
AA	0,9862	1,0000	1,0006	1,0023
ANA1	0,9518	0,9999	1,2585	1,0429
ANA2	0,9804	0,9999	1,0041	1,0000

### *Chrysophyllum gonocarpum*

Área	$\lambda$	
	1995-1996	1996-1997
AA	1,0251	0,9999
ANA1	0,9996	0,9990
ANA2	0,9992	0,9984

Santos, F.A.M., Martins, F.R. & Tamashiro, J.Y. dados não publicados. Itirapina, SP.

Vegetação: Cerrado.

Tamanho da área: ?

Amostra: 0,16 ha (64 parcelas 5 X 5 m)

Tamanho mínimo: todos os indivíduos

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1999	2001	2002	2003	2004
<i>Anadenanthera falcata</i>	38	44	32	40	34	43	52	28	33	30	24
<i>Bauhinia rufa</i>	110	208	216	225	213	199	200	155	154	158	134
<i>Dalbergia miscolobium</i>	300	104	113	107	89	326	96	80	296	198	136
<i>Miconia albicans</i>	512	501	725	848	715	644	744	493	536	294	330
<i>Vochysia tucanorum</i>	276	361	369	386	333	394	395	284	240	218	213
<i>Xylopia aromatica</i>	556	381	390	407	443	402	438	379	398	344	383
<i>Roupala montana</i>	X	X	X	X	1897	1985	2322	1639	1873	1705	1969

Exercício:

Utilize os modelos apresentados até o momento para descrever o crescimento populacional das 7 espécies de cerrado constantes na tabela acima.

O que está acontecendo com cada uma das espécies?

Santos, F.A.M., Martins, F.R. & Tamashiro, J.Y. dados não publicados. Itirapina, SP.

Vegetação: Cerrado.

Tamanho da área: ?

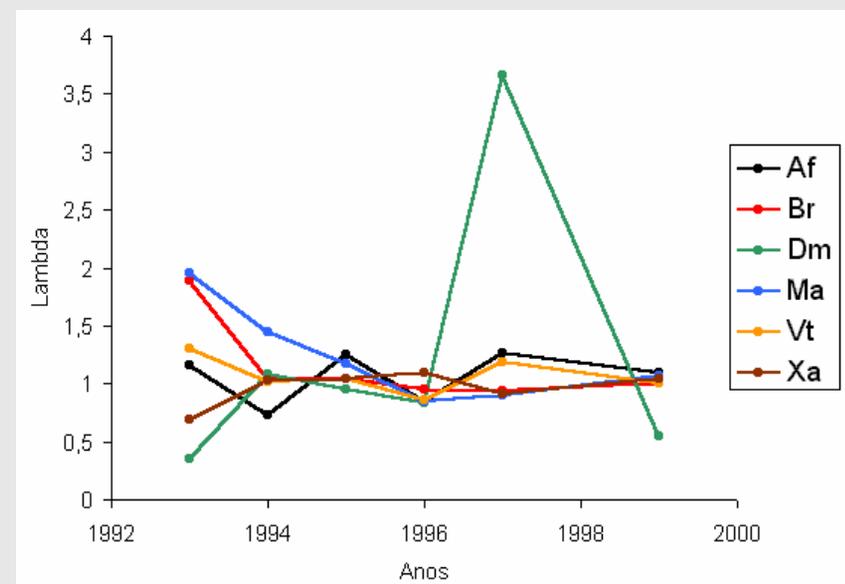
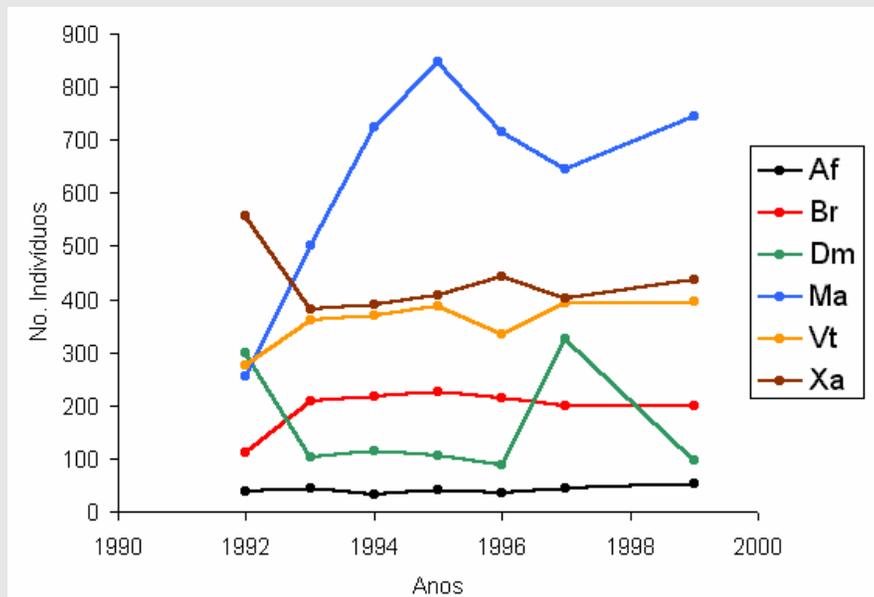
Amostra: 0,16 ha (64 parcelas 5 X 5 m)

Tamanho mínimo: todos os indivíduos

Intervalo de tempo: 7 anos (1992 – 1993 – 1994 – 1995 – 1996 – 1997 – 1999)

Af: *Anadenanthera falcata*  
 Dm: *Dalbergia miscolobium*  
 Vt: *Vochysia tucanorum*

Br: *Bauhinia rufa*  
 Ma: *Miconia albicans*  
 Xa: *Xylopia aromatica*



## Referências para a próxima Aula

- **Swaine, M.D. & Lieberman, D. (eds.). 1987. The dynamics of tree population in tropical forest. *Journal of Tropical Ecology* 3: 289-377.**
- Condit, R., Hubbell, S.P. & Foster, R. 1995. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. *Ecological Monographs* 65: 419-439.
- Felfili, J.M. 1995. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). *Journal of Tropical Ecology* 11: 676-83.
- Gatsuk, L.E., Smirnova, O.V., Vorontzova, L.I., Zaugolnova, L.B. & Zhukova, L.A. 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology* 68: 675-696.
- Hay, J.D. & Barreto, E.J.M. 1988. Natural mortality of *Vochysia thyrsoidea* in an unburnt cerrado ecosystem near Brasília. *Biotropica* 20: 274-279.
- **Sheil, D., Burslem, D.F.R.P. & Alder, D. 1995. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. *Journal of Ecology* 83: 331-333.**
- **Sheil, D. & May, R.M. 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. *Journal of Ecology* 84: 91-100.**
- Lewis, S.L., Phillips, O.L., Sheil, D., Vinceti, B., Baker, T.R., Brown, S., Graham, A.W., Higuchi, N., Hilbert, D.W., Laurance, W.F., Lejoly, J., Malhi, Y., Monteagudo, A., Vargas, P.N., Sonké, B., Supardi, N., M.N., Terborgh, J.W., Martínez, R.V. 2004. Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. *Journal of Ecology* 92: in press.