POPULUS 5.5 Simulações de Dinâmica Populacional

I Crescimento desregulado

MENU > Model > Single-Species Dynamics > Density-Independent Growth

1. Parâmetros: Continuous / *N* vs *t* / r=0.1 / Pop Size N(0) = 10 / Run Time = 20

Clique em VIEW

a) Experimente mudar o valor de *r* e observe a influência no crescimento exponencial.
b) Seleccione Ln(N) *vs* t. Verifique que o crescimento exponencial equivale a crescimento linear quando se trabalha com *Ln N* em vez de *N*.
c) Seleccione *dN/dt* vs N. A variação absoluta da população aumenta quando N aumenta. Faz sentido ?
d) Seleccione dN/Ndt vs N. O que é que representa o eixo das ordenadas ? Interprete o que observa.

2. Seleccione o separador B. Este separador representa uma segunda espécie. Preencha os valores numéricos que quiser, depois clique no quadradinho que está no topo à esquerda de Model Parameters e clique VIEW. Pode ver as espécies A e B em simultâneo.

Feche o gráfico e o painel de parâmetros clicando as respectivas cruzes vermelhas

II Crescimento autoregulado (RDD)

MENU > Model > Single-Species Dynamics > Density-Dependent Growth

1. Parâmetros: Continuous / *N* vs *t* / N(0) = 5 / K=500 / r=0.2 / Run Time = 50

Clique VIEW

a) O gráfico apresenta a "forma integral" da Logística. Experimente mudar os valores de *r* e K observando a influência no crescimento exponencial.
b) Seleccione *dN/dt* vs N. Este gráfico ilustra a "forma diferencial" da equação logística. Recorda-se da sua expressão matemática ? A variação absoluta da população faz uma parábola à medida que N aumenta. Sabe interpretar biologicamente o que se está a passar ?
c) Seleccione dN/Ndt vs N. Interprete o que observa, nomeadamente por comparação com o mesmo gráfico no crescimento desregulado.

2. Parâmetros: <u>Lagged Logistic</u> / *N* vs *t* / N(0) = 5 / K=500 / r=0.2 / τ =2 / Run Time = 50

Na equação logística tradicional, a regulação do crescimento ocorre instantâneamente. No mundo real porém, deve haver atrasos (*time lags*). Por exemplo, a diminuição dos nascimentos em resposta ao aumento da população, só se faz sentir no fim do período de gestação. Da mesma forma, as mortes por falta de alimento devido a sobrepopulação, ocorrem algum tempo depois da falta se fazer sentir. A equação logística com atraso (*lagged*) assume que o crescimento no instante t, ou seja, *dN/dt*, é função da população algum tempo τ antes, ou seja, de $N_{t-\tau}$. A equação com atraso fica com a seguinte forma:

$$\frac{dN}{dt} = rN_t\left(1 - \frac{N_{t-\tau}}{K}\right)$$

Uma vez que existe atraso na regulação, N pode ultrapassar K antes de uma "correcção" do tamanho da população impedir que esta continue a crescer (ou a diminuir). O resultado é uma maior propensão para a população oscilar em torno de K. As oscilações podem convergir gradualmente para K... ou não.

a) Experimente aumentar gradualmente o valor de *r* desde 0,2 até 1 e aumente o "run time" à medida do necessário para perceber se as oscilações criadas "amortecem" para K ou mantêm-se sustentadamente. Mantenha τ =2.

b) Agora mantenha r=0.2 e aumente τ desde 2 até 10. Note que o efeito é qualitativamente o mesmo que aumentar *r*. Consegue perceber porquê ? Tudo gira à volta da facilidade com que a população ultrapassa o seu K sem que haja "correcção" por mecanismos de autoregulação. Isto pode ser conseguido com *r* alto, ou com τ alto. Uma população com atrasos grandes e *r* elevado tem uma dinâmica dramática. Isto será frequente na natureza ?

3. Parâmetros: Discrete Logistic / *N* vs *t* / N(0) = 5 / K=500 / r=0.55 / Run Time = 50

Em reprodutores sazonais, existe atraso natural na regulação da população, resultante de esta se reproduzir só em certa época do ano. O impacto de N_t sobre os nascimentos só se faz sentir na Primavera seguinte. Ao contrário da 'lagged logistic', o atraso τ não é constante (vai desde t até à proxima primavera), embora ocorra sempre na mesma altura do ano. Se a população é acompanhada, por exemplo, sempre a seguir à reprodução: N_t, N_{t+1}, N_{t+2} ... etc., faz sentido estudar a sua variação absoluta $\Delta N = (N_{t+1} - N_t)$ e analisar como é que ΔN varia em função de N à medida que o tempo passa. Há várias formas de representar isto matematicamente. Uma consiste em ´discretizar' a equação logistica, substituindo dN/dt por $(N_{t+1} - N_t)/\Delta t$ e explicitanto o resultado em ordem a N_{t+1}. O resultado é a "equação logistica discreta". O Populus usa uma equação diferente, conhecida pela equação de Ricker, cuja dinâmica contudo é muito semelhante à da logistica discreta. A equação de Ricker é esta...

$$N_{t+1} = N_t e^{r\left(1 - \frac{N_t}{K}\right)}$$

... e tem uma dinâmica inesperadamente rica em surpresas.

a) Experimente aumentar gradualmente o valor de *r* desde 0,55 até 1,95. Repare como a existência do atraso (de t para t+1) provoca *oscilações amortecidas* e a população volta a K.

b) Aumente agora gradualmente o valor de *r* até 2,5. A população entra em *oscilações sustentadas de período 2.* Ou seja, de 2 em 2 unidades de tempo repete-se o valor de N_t. A população está em equilibrio, mas este *não* é pontual ! é cíclico com periodo 2.

c) Aumente *r* até 2,55 e repare como a população entra em ciclos de período 4, ou seja, de 4 em 4 unidades de tempo repete-se N_t. Cada um dos anteriores pontos de equilibrio bifurcou-se em outros dois pontos. Avance até *r*=2,65 e veja que o período 4 mantem-se.

d) Salte para *r* = 2,7 e progrida até 2,8. Torna-se gradualmente mais dificil detectar regularidade na dinâmica da população, certo ? Vê algum ciclo periódico regular ? Ganhe coragem e avance gradualmente até r=3. Mas que grande confusão. Haverá populações na natureza a comportarem-se desta forma ? a equação de Ricker não tem variáveis aleatórias lá dentro, como é possivel originar um comportamento que parece aleatório ?

Caro aluno, acaba de tropeçar numa descoberta da ecologia teórica da década de 1970. Aquilo que está a ver chama-se *caos*. Caos é uma dinâmica ditada por uma equação deterministica (isto é, sem variaveis aleatórias), mas essa dinâmica é totalmente imprevisivel, a menos que saibamos qual é a equação que está por detrás. O caos foi descoberto em 1974 e ficámos a saber que uma população que se autoregule com atrasos, pode exibir uma dinâmica totalmente imprevisivel e indistinguivel de comportamento aleatório. Assim sendo, quando vemos uma população real a variar aleatoriamente, isso não significa que esta não possua um mecanismo de RDD relativamente simples. Note que embora N_t varie irregularmente, não sai para fora de uma gama de valores delimitada. Essa região funciona como um 'atractor' de N_t e chama-se um *atractor estranho*.

e) O caos tem outra propriedade importante: é *altamente sensível às condições iniciais*. Em palavras simples, isto significa que em regime caótico a trajectória da população pode ser radicalmente diferente caso comece com mais ou menos 1 indvíduo. Por exemplo, coloque *r*=3, N_0=5 e observe a dinâmica. Agora acrescente 1 individuo à população inicial fazendo N_0=6 e repare como a trajectória da população fica muito diferente. Esta sensibilidade às condições inciais não acontecia quando *r* tinha valores baixos (< 2,65) (experimente fazer !).