

Populações, Comunidades e Ecossistemas

Prof. José Eugênio Côrtes Figueira
Setor de Ecologia/Depto de Biologia Geral/UFMG

Populações

As **populações** reúnem os indivíduos de uma mesma espécie que podem interagir entre si em um determinado habitat. Suas fronteiras naturais são determinadas principalmente pela capacidade de dispersão, pelo fluxo de indivíduos, tolerância ecológica e pelas interações com outros indivíduos da mesma população ou mesmo de outras espécies. Assim, embora pertençam à mesma espécie e tenham grande capacidade de deslocamento, os bandos de veados campeiros (*Ozothocerus bezoarticus*) do alto da Serra da Canastra nunca irão interagir com os da Serra do Cipó, constituindo dessa forma, populações diferentes. No entanto, no chapadão da Canastra os indivíduos tem boas chances, embora variáveis, de se encontrarem uns com os outros, ocasiões em que podem se interagir socialmente com chances de procriação, mantendo desta forma um certo fluxo gênico. Isso irá gerar **coesão genética**, que poderá distinguir esta população das de outras localidades. Isto porque cada população possui uma **estrutura genética**, isto é, os genes responsáveis pelas variações dos diferentes caracteres fenotípicos ocorrem em diferentes frequências. É sobre a variabilidade contida na estrutura genética das populações que a **seleção natural** irá atuar, fixando na população fenótipos, e com eles seus genótipos correspondentes, cuja expressão resultem em **indivíduos mais aptos**, isto é, com melhores chances de sobrevivência e/ou que sejam capazes de deixar maior número de descendentes. A estrutura genética irá se alterar no espaço e ao longo do tempo acompanhando mudanças no cenário seletivo. O processo de fixação dos fenótipos mais aptos dá-se às custas da eliminação dos menos eficientes.

A perda da **variabilidade genética**, muitas vezes associada à destruição de habitats naturais, resulta da diminuição dos tamanhos populacionais que leva ao aumento das taxas de endogamia (cruzamento entre indivíduos aparentados), deixando as populações mais propensas à extinção. Perda de variabilidade genética é perda de **biodiversidade**.

Estudos do pinheiro *Pinus banksiana* nos oferecem um vislumbre de como a manutenção da variabilidade genética é importante. *P. banksiana*, apresenta **polimorfismo** (isto é, variação fenotípica¹ descontínua) quanto ao grau de serotinia² de seus frutos. Estes podem variar de fracamente a altamente serotínicos. Frutos serotínicos possuem cascas resistentes e são mantidos fechados por uma camada de resina que se desfaz com as altas temperaturas, só liberando suas sementes algum tempo após a passagem do fogo. Os não serotínicos abrem-se normalmente. Na ausência de incêndios, árvores com frutos pouco ou não serotínicos passam a predominar, pois as sementes das árvores com frutos serotínicos ficarão retidas no interior de seus frutos, diminuindo numericamente na população. Por outro lado, incêndios esporádicos irão promover a liberação de sementes provenientes de frutos serotínicos, enquanto as sementes não serotínicas, porventura liberadas, serão eliminadas devido às altas temperaturas ao nível do solo. Este polimorfismo é mantido, pois a vantagem relativa conferida por maior ou menor grau de serotinia varia ao longo do tempo, determinada pela ocorrência ou não dos incêndios.

Além das diferenças genéticas, os indivíduos que constituem as populações possuem diferentes **“propriedades biológicas”** que variam com a idade ou estágio de desenvolvimento específicos. Veados campeiros machos e sexualmente maduros exibem suas gahladas marron-aveludadas que servem para intimidar outros machos, e também para atrair a atenção das fêmeas disputadas. Enquanto algumas fêmeas amamentam seus filhotes recém-nascidos, outras ainda não atingiram a idade de procriação, ao passo que as mais velhas já não são mais capazes de procriar. Os mais jovens, observando os adultos, aprendem rituais de acasalamento, táticas de escape de predadores e qual tipo de alimento deve ser ingerido.

Associadas à idade destes indivíduos há dois importantes parâmetros demográficos: a taxa de **sobrevivência e a fecundidade**. A taxa de sobrevivência mede a probabilidade de um indivíduo qualquer da população sobreviver de um ano para o outro, enquanto a taxa de fecundidade é o número médio de filhotes gerados por este indivíduo. Por sua vez, a velocidade de crescimento ou desenvolvimento dos

¹ O fenótipo (forma, fisiologia, comportamentos inatos, etc) é a expressão da constituição genética de um organismo.

² Qualidade das plantas que mantém as sementes na copa, protegidas no interior dos frutos, por mais de um ano.

indivíduos ao longo do tempo, determina o quão mais rápido ou lentamente, os diferentes tamanhos serão alcançados. Isso pode levar a diferenças marcantes nas propriedades demográficas de indivíduos que possuem a mesma idade. Assim, é possível encontrar encoberta no folhíço de uma floresta sementes em estágio de latência, enquanto suas irmãs, provenientes do mesmo grupo de sementes e portanto com mesma idade, são encontradas como plantas do sub-bosque, algumas das quais já liberando sementes.

A variação destes parâmetros com a idade pode ser obtida por meio de cálculos elementares e sintetizados nas **Tabelas de Vida e Fecundidade**. Estas tabelas descrevem, portanto, as variações da sobrevivência e fecundidade ao longo de toda a vida de um indivíduo representativo da população (logicamente machos e fêmeas deverão ser discriminados e analisados separadamente). Como as propriedades demográficas variam com a idade, a frequência relativa dos indivíduos de diferentes idades, que chamamos de **estrutura populacional**, irá determinar o potencial de crescimento da população. Populações estruturadas tem indivíduos presentes em todas as classes de idade, enquanto as desestruturadas faltam indivíduos em algumas classes, podendo predominar jovens ou velhos. Vários exemplos de populações estruturadas e não estruturadas são encontrado na Tabela 1(veja explicação em Comunidades). Assim, *Acer rubrum* na parcela de 98 anos tinha indivíduos em todas as classes de tamanho, sendo portanto estruturada (Fig. 1). O predomínio de jovens, número um pouco menor de indivíduos de idade intermediária e poucos adultos, sugere que novos indivíduos estão sendo recrutados, sobrevivendo a idades intermediárias e que alguns chegam à fase adulta, na qual podem se reproduzir. Por outro lado, na parcela de 210 anos faltavam indivíduos de *Acer rubrum* com diâmetros entre 10 e 30 cm e maiores que 40 cm. A falta ou baixo número de indivíduos jovens e/ou de idade intermediária pode indicar que a população está em **declínio** (Fig. 1)..

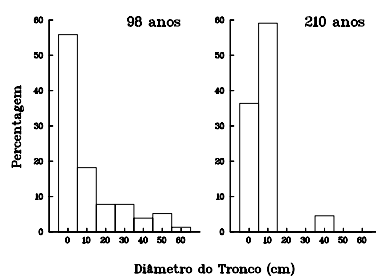


Figura 1. Estruturas populações de *Acer rubrum* nas parcelas de 98 e 210 anos. As plântulas estão representadas na primeira classe de tamanho.

Este é o triste caso dos poucos indivíduos sobreviventes da árvore *Calvaria*, nativa das ilhas Maurícius, e que foi colonizada pelos Holandeses em 1598. Em sua busca por alimento, eles exterminaram tartarugas gigantes, lagartos e a grande ave Dodo, que não voava por ter asas atrofiadas. Desde então, as sementes da *Calvaria* não mais germinam, embora ainda sejam produzidas. Supõe-se que estas plantas estabeleceram durante milhões de anos uma estreita **relação mutualística** com os Dodos que, ao se alimentarem de suas sementes quebravam-lhes a dormência (provavelmente devido ao ataque por sucos gástricos ou escarificação por pedras no interior da moela), propiciando a germinação. Na ausência do Dodo, as populações desta planta declinaram, pois não há o recrutamento de novos indivíduos. Sem um manejo adequado, esta planta estará fadada à **extinção** (Temple 1977).

Havendo condições para o recrutamento de novos indivíduos e sendo razoáveis as chances de sobrevivência e reprodução dos adultos, as populações deverão crescer. O crescimento muito acelerado pode levar à **deterioração do habitat**, com **diminuição de recursos**, levando a um **colapso populacional**. Este foi o caso de uma população de caribous (*Rangifer tarandus*), introduzidos em 1911 na ilha Saint Paul, Alaska. Em cerca de 25 anos, os descendentes dos 25 indivíduos originais deram origem a uma população de 2000 indivíduos, descrevendo uma curva de crescimento do tipo exponencial. O pastoreio excessivo da vegetação rasteira, sem possibilidade de reposição, juntamente com a chegada de um inverno severo em 1938, levou a um rápido declínio populacional e em 1950 restavam apenas 8 indivíduos (Scheffer 1951) (Fig. 2).

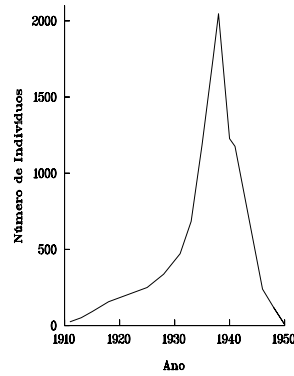


Figura 2. Crescimento e colapso da população de caribous na Ilha St. Paul, Alaska.

Cada novo indivíduo acrescentado à população reduz os recursos disponíveis para os demais. Isso irá afetar o crescimento, as chances de sobrevivência e/ou a fecundidade dos indivíduos, levando a uma desaceleração no crescimento populacional, que irá se estabilizar, descrevendo uma curva do tipo logística. A isto chamamos de **competição intraespecífica**. O número máximo de indivíduos que pode ser mantido numa população é determinado pela quantidade e taxa de renovação de recursos do habitat. A população de ovelhas introduzidas na Tasmânia em meados de 1820 descreveu uma **curva logística**. Ela começou a se estabilizar por volta de 1850, e o número de indivíduos flutuou em torno de 1700,000 (Davidson 1938). Por que a população de caribous não se estabilizou? A taxa de acréscimo de novos indivíduos na população era tão elevada que os efeitos da depleção de recursos não chegaram a afetar a tempo a sobrevivência e/ou a fecundidade destes animais. Scheffer (1951) estimou que a população de caribous excedeu em pelo menos três vezes o número máximo de indivíduos que poderia ser mantido na ilha!

Na Fig. 3 encontra-se a projeção do crescimento populacional humano do ano 0 D.C, até o presente. Como é possível crescer tão aceleradamente? Você já pensou nas possíveis conseqüências disso para o planeta?

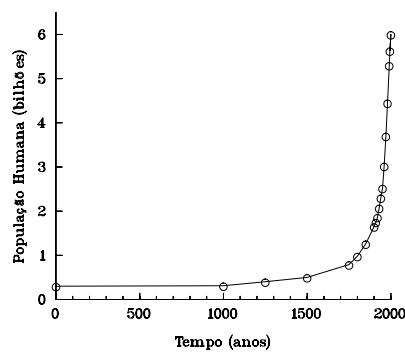


Figura 3. Projeção do crescimento populacional humano do ano 0 até o ano 2000.

Um relatório divulgado recentemente pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Instituto Brasil PNUMA, informativo no 53, abril/maio de 2000), revela a situação alarmante gerada pela exploração excessiva e descontrolada dos recursos naturais do planeta:

- As florestas do planeta foram reduzidas pela metade em decorrência da exploração da madeira e outras atividades;
- O desmatamento nos trópicos deve ser superior a 130.000 km²/ano;

- Cerca de 9% das espécies arbóreas do planeta correm risco de extinção;
- Cerca de 30% das florestas foram convertidas em terras para uso agrícola;
- A degradação dos solos afeta 2/3 das terras agriculturáveis do planeta;
- Metade das terras úmidas do planeta foi perdida no último século;
- As frotas pesqueiras são 40% maiores do que o indicado, em vista do que os oceanos podem suportar;
- Cerca de 70% dos maiores estoques pesqueiros marinhos são explorados acima de sua capacidade;
- Barragens, desvios e canais fragmentaram cerca de 60% dos maiores rios do planeta;
- 20% dos peixes de água doce estão extintos ou em risco de extinção.

Informações importantes podem ser também obtidas nas páginas da ONU: <http://www.un.org/>

Em plantas o mecanismo de competição não é diferente: elas drenam água, absorvem nutrientes do solo e sombreiam o ambiente ao seu redor. Ao fazerem isso, alteram o microclima e criam uma **zona de depleção** de recursos que aumenta com o volume ocupado pelo sistema radicular, bem como pela profundidade da sombra projetada pela copa. No pinheiro *Pinus banksiana*, tanto as chances de sobrevivência como o crescimento dos indivíduos aumentam com a área em torno dos mesmos fora da influência de seus vizinhos (Kenkel *et al.* 1989). Já em *Pinus palustris*, o recrutamento dos jovens só é possível em clareiras criadas com a morte eventual e queda dos adultos. Isso indica uma população saturada de indivíduos, sendo necessária a perda de alguns para que novos sejam acrescidos (Platt *et al.* 1988).

Diferentes espécies de plantas e animais possuem uma ampla variabilidade, com diferenças marcantes, em suas capacidades de sobrevivência e potenciais reprodutivos. Estas diferenças refletem suas histórias evolutivas, moldadas por uma gama enorme e variada de cenários ambientais, constituídos pelos ambientes físicos e biológicos aos quais as espécies vem continuamente se adaptando. Um interessante exemplo desta variabilidade é o de duas espécies próximas de plantas africanas do gênero *Lobelia*, ambas ocorrendo no monte Kenya, em grandes altitudes. *L. telekii* cresce em locais áridos e é uma planta semélpara, enquanto *L. kenienses* desenvolve-se em locais úmidos e é iterópara. Diferenças tão marcantes em suas **histórias de vida** devem-se ao fato de que em ambientes áridos as reproduções tornam-se tão infreqüentes e a mortalidade de jovens é tão elevada que torna inviável as reproduções repetidas. Neste caso, com o aumento da aridez, as plantas iteróparas dão lugar às semélparas, que levam muito tempo para se reproduzirem, tempo este que é compensado por uma elevada fecundidade (Young 1990).

Comunidades

Diferentes populações pertencentes a um conjunto de espécies de plantas e animais coexistem dentro de determinadas combinações de condições ambientais. Elas formam as **Comunidades Ecológicas**. Em maior ou menor escala, a performance de cada espécie (que pode ser inferida pelo tamanho de sua população) influencia e é influenciada, seja direta ou indiretamente, pela presença das demais espécies. É claro que algumas tem efeitos bem mais marcantes que outras, seja devido à sua representatividade que pode ser somada à importância da função que desempenham. Estas espécies de maior importância, conhecidas como **espécies-chave**, são fortes reguladoras do **funcionamento** e por conseguinte, da **estrutura e da própria evolução das comunidades**. Em função disso, alterações nas abundâncias das espécies componentes provocam modificações de diferentes magnitudes que se propagam no espaço e no tempo, alterando o funcionamento e o destino das comunidades a que pertencem.

Do mesmo modo que nas populações, as comunidades também têm estruturas que nos falam sobre suas propriedades e funcionamento. Podemos representá-las através da freqüência relativa das diferentes espécies de plantas e animais, de suas similaridades morfológicas e/ou dos grupos funcionais, como as categorias alimentares, a que pertencem. Para viabilizar o estudo de comunidades, geralmente são tratados grupos de organismos específicos, como as plantas de uma floresta, herbívoros da savana, peixes dos recifes de coral, predadores e suas presas.

Ao se examinar a **estrutura de espécies** de diferentes comunidades do planeta, que refletem suas **biodiversidades**³, observa-se um padrão comum: algumas são muito abundantes, outras são menos

³ A diversidade de espécies pode ser quantificada por índices como os de Shannon-Weaver: $H' = - \sum ni/N \log (ni/N)$, que leva em consideração não só a riqueza de espécies, mas também suas abundâncias relativas.

freqüentes e muitas são raras. A abundância varia no espaço e no tempo, seguindo modificações no ambiente físico. A distribuição das plantas, por exemplo, reflete muito bem a disponibilidade de água e nutrientes do solo. Ao longo de um gradiente de umidade, variando de xérico a méxico, observa-se uma variação contínua na abundância das espécies arbóreas: elas descrevem curvas semelhantes à normal. Cada espécie é favorecida numa determinada região do gradiente de umidade, onde atinge maior abundância. Fora dessa região a espécie torna-se cada vez mais rara até desaparecer. As **tolerâncias ecológicas** são parcialmente responsáveis pela formação de padrões como este. É claro que além de água as plantas também precisam operar em temperaturas adequadas e necessitam de quantidades balanceadas de luz e nutrientes. Assim, cada população deve se restringir a uma determinada região de um “espaço de recursos e condições”, que define seu **nicho ecológico**, e que combina corretamente faixas de temperatura, disponibilidade de água, nutrientes e luz, de modo a promover o crescimento, a manutenção e a reprodução dos indivíduos constituintes de suas populações.

Como vimos anteriormente, cada planta modifica o microclima e cria uma **zona de depleção** de recursos ao seu redor. Em conseqüência disso, as variações nas abundâncias das espécies dentro das comunidades devem ser percebidas dentro de um contexto mais amplo, refletindo diferentes intensidade e formas de interações entre espécies. Baseado nisso, Tilman (1986) propôs um modelo simples para explicar a **substituição espacial e temporal das espécies vegetais** em função de alterações na disponibilidade relativa de luz e nutrientes. A observação de que o porte da vegetação aumenta progressivamente quando partimos de ambientes pobres em nutrientes em direção a ambientes de solos mais ricos, sugere que bons competidores por nutrientes não competem eficientemente por luz. Líquens e herbáceas necessitam de pequenas quantidades de nutrientes e, devido ao seu pequeno porte não sombreiam demasiadamente o solo, dominando ambientes que não suportam plantas arbustivas e arbóreas. Estas últimas requerem elevados teores de nutrientes, necessários na construção de seus altos troncos que podem suportar vastas copas e projetar densas sombras. Ao fazerem isso, impedem a interceptação de luz e, por conseguinte, o crescimento dos líquens e herbáceas. Portanto, em ambientes pobres em nutrientes a **razão luz/nutrientes** seria elevada, tornando-se baixa em ambientes ricos em nutrientes. Cada espécie de planta estaria adaptada a uma região do gradiente luz/nutrientes. As alterações ambientais promovidas pela presença das diferentes espécies de plantas podem “**fechar**” permanente ou temporariamente **as comunidades à invasão** por outras espécies. Cactáceas são plantas adaptadas a ambientes áridos e com alto grau de insolação. O interior das florestas torna-se proibitivo a estas plantas, devido à umidade elevada e intenso sombreamento. No entanto, o sub-bosque de uma floresta da América Central é ocupado por cactáceas. Isso é possível devido à marcante estacionalidade das árvores, que perdem todas as folhas durante a estação seca, permitindo que a luz intensa alcance o nível do solo. Isso torna possível a coexistência, num mesmo habitat, destas duas formas de vida que tem requerimentos ecológicos extremamente distintos (Janzen 1971).

Tilman raciocinou que alterações na razão luz/nutrientes poderia promover a substituição de espécies, como ocorre numa sucessão e pôde demonstrar isso numa série de experimentos em que parcelas experimentais foram fertilizadas, tendo sido verificada a substituição da vegetação original, de pequeno porte, pela de grande porte, à medida que a razão luz/nutrientes era reduzida. Estes resultados sugeriam que variações espaciais e temporais no ambiente físico mudam o equilíbrio estabelecido pela tolerância ecológica e capacidade competitiva das diferentes espécies, levando à substituição das comunidades no espaço - **comunidades de gradiente ou clines** e no tempo - **sucessão ecológica**. Além da eliminação de espécies as alterações climáticas e mesmo nutricionais ocasionadas pela presença de algumas espécies beneficia outras, permitindo-lhes colonizar, mesmo que temporariamente, a comunidade.

Quando nos afastamos da costa do litoral brasileiro, podemos observar uma mudança notável na flora e na fauna. Dos Manguezais com seus solos lamacentos, ricos em matéria orgânica, baixo teor de oxigênio e permanentemente encharcados em água salobra, dominados por espécies arbóreas dos gêneros *Rizophora* e *Avicenia* e rica fauna com elementos marinhos e terrestres passamos às Restingas situadas sobre solos arenosos e pobres em nutrientes, dominadas por bromeliáceas, cactáceas e várias espécies de arbustivas e finalmente, sobre solos mais férteis, encontramos a Mata Atlântica, com sua incrível diversidade de plantas e animais, que se distribuem em diferentes estratos do nível do solo até o dossel, situado a mais de 40-50 m de altura.

As comunidades estruturam-se gradualmente através da colonização, permanência ou substituição de diferentes espécies de animais e plantas no tempo, no processo conhecido como **sucessão ecológica**. A presença ou não de uma determinada espécie será determinada pela sua capacidade de dispersão, sua tolerância ecológica, habilidade competitiva e interações com seus predadores, parasitoides e patógenos.