

Leitura complementar da aula
CICLO DE VIDA DAS PLANTAS VASCULARES

Texto adaptado do capítulo
“Meiose e Reprodução Sexuada”
de Raven *et al.* (2001)

Meiose, Ciclo de Vida e Diploidia

Acredita-se que os primeiros organismos eucariotos do planeta eram haplóides e assexuados. No entanto, uma vez que a reprodução sexuada (fusão de gametas seguida de meiose) foi estabelecida entre eles, o cenário estava preparado para a evolução da diploidia. Parece que esta condição surgiu pela primeira vez quando duas células haplóides se comportaram como gametas e se combinaram para formar um zigoto (célula diploide proveniente da fusão de gametas); provavelmente tal evento ocorreu repetidas vezes na história da vida no planeta. Presumivelmente, o zigoto então se dividiu imediatamente por meiose (um processo chamado **meiose zigótica**), restabelecendo assim a condição haplóide (Fig. a). Em organismos com esse tipo simples de ciclo de vida (algumas algas e todos os fungos), o zigoto é a única célula diploide do ciclo de vida.

Por “acidente” - um acidente que ocorreu independentemente em linhagens evolutivas separadas - alguns desses zigotos diplóides dividiram-se por mitose em vez de meiose e, como consequência, produziram um organismo composto por células diplóides, com a meiose ocorrendo atrasada, posteriormente. Em animais, fungos aquáticos e algumas algas verdes e pardas, essa meiose tardia resulta na produção de gametas - femininos e masculinos - e por esta razão é chamada **meiose gamética**. Se esses gametas forem colocados juntos eles se fundem, um evento que recompõe o estado diplóide (Fig. b). Deste modo, em animais e em alguns outros organismos, os gametas são as únicas células haploides do ciclo de vida.

Em plantas, a meiose resulta na produção de esporos, não de gametas, e por isso é chamada **meiose esporica**. Os esporos são células haplóides que podem se dividir apenas por mitose, quando então produzem um organismo multicelular haplóide, ao contrário dos gametas que, apesar de também serem células haplóides, só podem se desenvolver após a fusão com outro gameta. Organismos haplóides multicelulares, que aparecem em alternância

com formas diplóides, são encontrados em plantas, muitas algas (entre elas algumas pardas, vermelhas e verdes) e em alguns outros poucos grupos de organismos. Tais organismos exibem um tipo de ciclo de vida conhecido como **alternância de gerações** (Fig. c). Entre as plantas e as algas, a geração haplóide (n) é chamada de **gametófito** (“fito” do grego: *phyton*, planta; + “gameto”: gameta = planta produtora de gametas), enquanto a geração diplóide ($2n$) é denominada de **esporófito** (“fito” do grego: *phyton*, planta; + esporo = planta produtora de esporos).

Diagramas dos principais tipos de ciclos de vida.

Nestes diagramas, a fase diplóide do ciclo localiza-se abaixo da barra larga, e a fase haplóide ocorre acima dela. As quatro setas brancas significam a produção de meiose; a seta branca solitária representa a oosfera fecundada, ou zigoto.

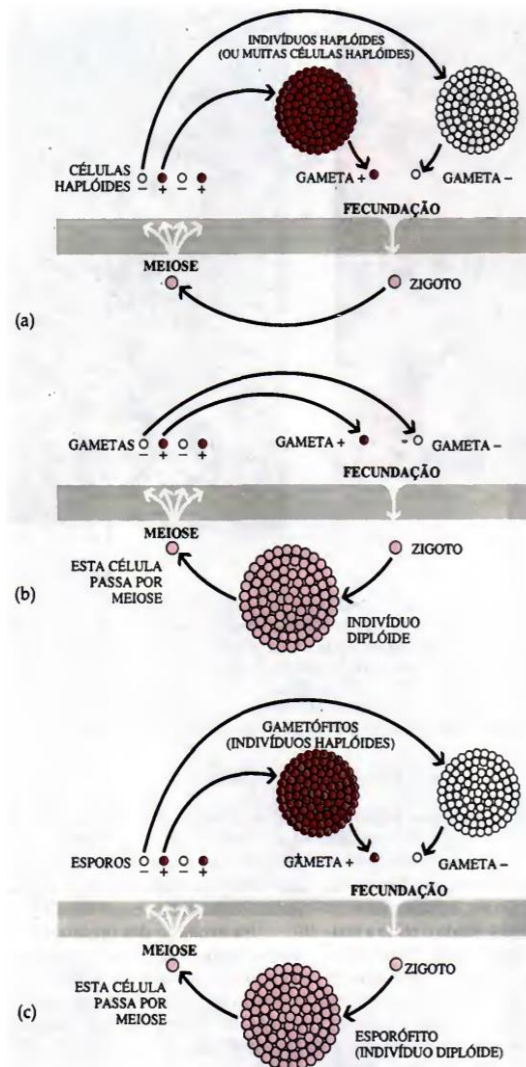
(a) Na **meiose zigótica**, o zigoto divide-se por meiose para formar quatro células haploides, que se dividem por mitose para produzir mais células haploides ou um indivíduo haploide que eventualmente dará origem a gametas por diferenciação. Este tipo de ciclo de vida é encontrado em *Chlamydomonas* e em numerosas outras algas e nos fungos

(b) Na **meiose gamética**, gametas haploides são formados por meiose em um indivíduo diplóide e fundem-se para formar um zigoto diplóide que se divide para produzir um outro indivíduo diplóide.

Este tipo de ciclo de vida é característico da maioria dos animais e alguns parasitas (Oomycota), assim como na alga parda *Fucus*.

(c) Na **meiose esporica**, o esporófito, ou indivíduo diplóide, produz esporos haploides como resultado da meiose. Estes esporos não funcionam como gametas mas passam por divisão mitótica. Isto dá origem a indivíduos pluricelulares haploides (gametófito), que eventualmente produzem gametas que se fundem para formar zigotos diplóides. Estes zigotos, por sua vez, diferenciam-se em indivíduos diplóides.

Este tipo de ciclo de vida, conhecido como **alternância de gerações**, é característico das plantas terrestres, mas ocorre em alguns grupos de algas também.



Em algumas algas - a maioria das algas vermelhas, muitas algas verdes e algumas poucas algas pardas - as formas haplóide e diplóide, ou seja, as gerações, são semelhantes quanto ao aspecto externo. Tais tipos de ciclos de vida exibem uma **alternância de gerações isomórficas** (do grego “forma igual”).

Por outro lado, há alguns ciclos de vida nos quais as formas haplóides e diplóides não são idênticas. Durante a história destes grupos ocorreram mutações que se expressaram em

apenas uma geração ou na outra. Desse modo, o gametófito e o esporófito se tornaram notavelmente diferentes um do outro, originando a alternância **heteromórfica** (“forma diferente”) de **gerações**. Tais ciclos de vida são característicos das plantas terrestres.

Nas briófitas (musgos, hepáticas e antóceros), o gametófito é a forma dominante. Ela é uma forma independente do ponto de vista nutricional e é, geralmente, maior que o esporófito, que pode ser estruturalmente mais complexo. Por outro lado, nas plantas vasculares, como por exemplo as coníferas e as angiospermas, o esporófito é a forma dominante; ela é muito maior e mais complexa do que o gametófito que é, em quase todos os grupos, nutricionalmente dependente do esporófito. Nas angiospermas, o gametófito é uma planta tão pequena que a maioria das pessoas tem dificuldade até de conceber sua existência: gametófito feminino tem apenas sete células, enquanto que o masculino, apenas três células! Essas plantas, além de extremamente pequenas, são completamente dependentes do esporófito nutricionalmente.

A diploidia permite o armazenamento de mais informação genética e, assim, talvez permita uma expressão mais refinada do conjunto de genes do organismo ao longo de seu desenvolvimento. Talvez essa seja a razão por que nas plantas vasculares o esporófito é grande, complexo, e uma geração nutricionalmente independente. Uma das tendências evolutivas mais claras nesse grupo, que predomina na maioria dos hábitos terrestres, foi o crescente domínio do esporófito e a redução do gametófito. Entre as angiospermas, o

Reprodução Assexuada: uma Estratégia Alternativa

A reprodução assexuada (também conhecida como reprodução vegetativa) resulta em uma progênie que é idêntica ao único parental. Em eucariotos, há uma grande diversidade de tipos de reprodução assexuada, variando desde o desenvolvimento de uma oosfera não fertilizada até a divisão do organismo parental em partes quase iguais. Entretanto, em todos os casos, os novos organismos são produtos de mitose e são, em consequência, geneticamente idênticos ao parental.

A reprodução vegetativa é comum em plantas e ocorre de muitos modos diferentes. Frequentemente, as plantas reproduzem-se sexuada e assexuadamente, garantindo-se com duas estratégias evolutivas, mas muitas espécies reproduzem-se apenas assexuadamente. Entretanto, mesmo entre estas, é claro que seus ancestrais foram capazes de reprodução sexuada e que, conseqüentemente, a reprodução vegetativa representa uma alternativa - uma “escolha” feita em resposta à pressão evolutiva para uma extrema uniformidade. Essa escolha, se feita rigorosamente, restringe severamente a habilidade de adaptação da

população a diferentes condições. Faltando recombinação e variação genética, a população não pode se adaptar a mudanças nas condições ambientais tão prontamente quanto as populações que se reproduzem sexuadamente.

Vantagens da Reprodução Sexuada

A reprodução sexuada tem uma grande vantagem seletiva. Ela ocorre apenas em organismos eucariotos e é decorrente de uma alternância regular entre meiose e fecundação. Uma das mais significativas características da reprodução sexuada é que esse mecanismo produz uma enorme variabilidade genética nas populações naturais, o que, até certo ponto, ajuda na manutenção dessa diversidade. Assim sendo, ela fornece o mecanismo básico da evolução. Em teoria, a reprodução sexuada é desnecessária se o organismo estiver particularmente adaptado ao ambiente. O que é necessário em tal situação é que uma determinada “combinação vitoriosa” apresente uma reprodução precisa. Entretanto, na verdade, as populações naturais têm que manter um ajuste contínuo frente às constantes mudanças do meio ambiente e terão vantagem aquelas que forem capazes de invadir novos ambientes, em competição com outras.

Outra medida da vantagem evolutiva da reprodução sexuada é fornecida pela quantidade de energia e de outros recursos de que ela necessita. Nas angiospermas, a reprodução sexuada requer não apenas a produção de gametas, frequentemente em excesso, mas também o desenvolvimento de flores e de vários outros dispositivos que aumentam as possibilidades, as quais ainda continuam baixas, de fecundação desses gametas. A preponderância da reprodução sexuada entre os eucariotos pode hoje ser vista como uma evidência para o sucesso da reprodução sexuada sobre a assexuada.

As vantagens da reprodução sexuada foram habilmente resumidas em 1932 por Hermann J. Müller, ganhador do prêmio Nobel:

Não há uma razão biológica básica para que a reprodução, variação e evolução não possam seguir indefinidamente sem sexualidade ou sexo; por isso, sexo não é uma necessidade no sentido absoluto, ele é um “luxo”. Entretanto, ele é altamente desejável e útil, pois se torna necessário para seres assexuados quando as espécies competidoras também são dotadas de sexo. Embora, frequentemente, apresentem uma vantagem temporária, eles não poderão manter o ritmo dos organismos sexuados na corrida evolutiva e eventualmente perderão, quando ajustes forem necessários.