

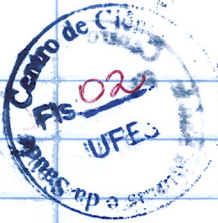
• MEIOSE E VARIABILIDADE GENÉTICA •



Desde sua origem, a vida encontrou meios de se adaptar às mudanças, garantindo sua sobrevivência e perpetuação. Ao longo de toda história evolutiva da vida na Terra, eventos determinísticos e principalmente estocásticos (imprevisíveis) selecionaram os mais adaptados às mudanças. A seleção natural atua, portanto, em toda a diversidade biológica disponível e, a partir dela, seleciona os mais aptos.

A variabilidade genética, matéria-prima da evolução, é a estratégia que garante a manutenção da vida ao longo do tempo, mesmo diante das mais diversas adversidades, o que garante sua perpetuação mesmo diante de inúmeros eventos de extinção em massa. Assim, quanto maior a diversidade genética de uma população ou espécie, por exemplo, maiores serão suas chances de sobrevivência diante das mais distintas e imprevisíveis adversidades.

Desta forma, a sobrevivência e reprodução se dá através do aperfeiçoamento das estratégias e "barganhas" (trade-off) em detrimento das limitações de cada linhagem em relação espacial e temporal. Por isso, o DNA evoluiu de maneira a encontrar os melhores mecanismos de custo e benefício com os recursos limitados e filogeneticamente acumulados ao longo de sua história. O DNA é, portanto, degenerado ao possuir um número limitado e por vezes redundante de aminoácidos, mas que estes, por sua vez, são capazes de produzir centenas de milhares de proteínas. No entanto, ainda que a maior parte da variabilidade é neutra (logo, não altera o valor adaptativo ou fitness do organismo e não está sujeita a seleção natural) e sinônima (nas primeiras e segundas bases do códon) e em regiões cromossômicas heterocromáticas (menos essenciais).



A variabilidade pode surgir das mais diversas formas, a citar: mutação, deleção/inservação, deriva genética, fluxo gênico/migração, divisões celulares, poliploidia, entre outros. Evolução nada mais é do que a mudança das frequências alélicas ao longo das gerações, e sem variabilidade e heterozigose, há o aumento progressivo das chances de extinção.

Em se tratando de divisões celulares como fonte de variabilidade, esta é uma medida evolutiva oriunda da reprodução sexuada. Ainda que todos os organismos vivos realizem divisões celulares como estratégia reprodutiva, de uni a plerocelulares, a reprodução sexuada permite que cada prole seja diferente de seus progenitores e entre si, aumentando a singularidade de todo organismo gerado por este tipo de reprodução. Esta estratégia permite que os organismos com reprodução sexuada representassem a maior biodiversidade do planeta, a citar, as quase um milhão de espécies de Hexapoda.

Há dois tipos de divisões celulares cuja finalidade no mesmo organismo plerocelular possa se distinguir. Ainda que a mitose seja uma divisão celular que atenda a finalidade de propagação e reprodução do organismo, as células-filhas originadas são idênticas às células de origem. Logo, a mitose atende também ao objetivo reprodutivo para organismos unicelulares e de reprodução assexuada. Para organismos sexuada e plerocelulares, ela atua nas células somáticas e tem como finalidade a formação de tecidos, crescimento e regeneração do organismo, entre outras.

Em contrapartida, a meiose, divisão celular em células gaméticas ou germinativas de organismos de reprodução sexuada, é uma fonte essencial de

variabilidade genética. Como a variação antecede a adaptação evolutiva (exaptação), ela é essencial para garantir o sucesso das linhagens ao longo do tempo e do espaço.



A divisão celular nas células germinativas que originarão os gametas apresenta três principais etapas: Intérfase, Meiose I e Meiose II.

A Intérfase é a fase em que os cromossomos duplicam-se, no qual cada par de cromossomos homólogos de origem materna e paterna apresentarão duas cromátides. A Intérfase é subdividida em Gap 1 ou G₁, Synthesis ou S e Gap 2 ou G₂. Nestas subfases, de alta atividade energética e metabólica, é quando ocorre a proliferação e aumento dos elementos celulares, além da duplicação das cromátides (fase S).

Na Intérfase, os cromossomos ainda se encontram organizados na carioteca (eucariotes). Esta fase corresponde a 75% em termos de representatividade em relação as demais fases.

Em seguida, é iniciada a Meiose I, subdividida em Prófase I, Prometáfase I, Metáfase I, Anáfase I, Telófase I e Citocinese, sendo a Meiose I a fase Reducional (A!) do processo de divisão celular meiótica.

Na Prófase I, ocorre o crossing-over, quando cromossomos homólogos estão próximos e permite que a permutação de nucleotídeos a genes inteiros ocorra. Este processo é essencial para geração de variabilidade genética, tornando todas as cromátides distintas umas das outras.

Na Prometáfase I ocorre a degradação da carioteca, de modo a permitir o início da divisão celular. Na metáfase I, os cromossomos se alinham na placa



equatorial, no qual ocorre o assortimento aleatório e independente dos cromossomos homólogos de origem materna e paterna. Este "embaralhamento" ou "sorteio" do posicionamento dos cromossomos acrescenta ao processo mais uma etapa "criativa", ao aumentar as possibilidades combinatorias à célula final/filha.

Na Anáfase I, há o direcionamento através do carreamento do centrômero aos pólos da célula, sem ocorrer aqui a divisão centromérica.

Por fim, na Telófase I, ocorre a separação dos cromossomos homólogos, dando origem na citosinese a duas células haplóides duplicadas (cada cromossomo contendo duas cromátides), logo, reducional.

Na Meiose II, fase Equacional (E!), ocorrem os mesmos processos vistos na Meiose I (Prófase II, Prometáfase II, Metáfase II, Anáfase II, Telófase II e ~~cit~~ citosinese). A diferença é que, sendo as células produzidas em Meiose I haplóides, não há como haver crossing over, uma vez que os cromossomos homólogos estão em células distintas. O que ocorre em Meiose II é, portanto, a divisão das cromátides-irmãs de cada uma das duas células, dando origem a quatro células-filhas haplóides com o cromossomo não duplicado, ou seja, contendo apenas uma cromátide. Outra diferença ocorre em Anáfase II, na qual ocorre a divisão centromérica por ocorrer a separação das cromátides que, na citosinese, correspondem a quatro ^{→ por exemplo,} cromossomos homólogos distintos contidos em quatro células diferentes. Logo, a Meiose II é, com isso, Equacional, diferente da Meiose I que, a partir de uma célula $2n$, origina duas células haplóides, ainda que duplicadas (cromátides dos cromossomos).



Além disso, cada fase traz consigo sua finalidade: em Intérfase temos a síntese e duplicação do DNA, em Meiose I temos variação trazida por crossing-over, mas redução cromossômica e, por fim, na Meiose II temos divisão cromossômica e surgimento de quatro células germinativas com cromossomos distintos.

Estes padrões e processos evidenciam quão criativa a natureza se torna, gerando descendentes únicos e irrepetíveis, garantindo variedades evolutivas adaptativas, gerando em cada célula germinativa o universo de singularidade.

DE124 2025 -50 92 10

