



# BIOLOGIA

com **Arthur Jones**

Meiose

# MEIOSE

## REDUÇÃO DO NÚMERO CROMOSSÔMICO

O termo “meiose” deriva da palavra grega meiosis, que significa diminuição, sendo uma alusão ao fato de o número de cromossomos ser reduzidos à metade nas células filhas.

A meiose reduz o número cromossômico porque compreende duas divisões nucleares consecutivas, a **meiose I** e a **meiose II**, e uma única duplicação cromossômica. Assim, no final do processo meiótico, formam-se quatro células filhas, cada uma com metade do número de cromossomos originalmente presente na célula-mãe.

## FASES DA MEIOSE

Tanto a meiose I como a meiose II são subdivididas em quatro fases, com os mesmos nomes que os fases da mitose. A meiose I é constituída por: prófase I, metáfase I, anáfase I e telófase I. A meiose II é constituída por: prófase II, metáfase II, anáfase II e telófase II. Os processos básicos de divisão celular que ocorrem na meiose são semelhantes aos da mitose. Nas prófases I e II, ocorre condensação dos cromossomos. Nas metáfases I e II, os cromossomos se dispõem na região equatorial da célula e se ligam às fibras do fuso. Nas anáfases I e II, ocorre a separação dos cromossomos para pólos opostos. Nas telófases I e II, há descondensação dos cromossomos e formação de novos núcleos filhos nos pólos da célula em divisão.



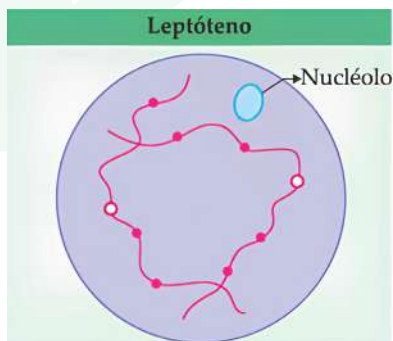
### Se liga **mamífero**

Apesar da grande semelhança entre a mitose e a meiose, nesta última ocorrem fenômenos únicos, ausentes na mitose. Um deles é a troca de pedaços entre cromossomos homólogos, como veremos a seguir.

## PRÓFASE I

A prófase I é longa e complexa, sendo por isso dividida em cinco subfases, denominadas, em sequência: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese.

### Leptóteno: a visualização dos cromômeros

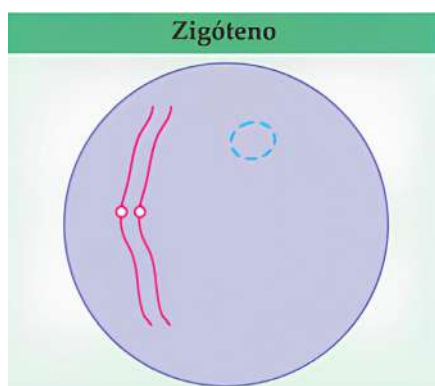


Fonte: Sóbiologia

O leptóteno (do grego leptos, fino, delgado) caracteriza-se pelo fato de os cromossomos se tornarem visíveis ao microscópio óptico como fios longos e finos. Apesar de cada cromossomo ser constituído por duas cromátides irmãs, ele aparece ao microscópio como um fio simples. Os cromossomos vão se tornando mais bem definidos porque estão em processo de condensação, a qual tem início em certos pontos, chamados **cromômeros**.



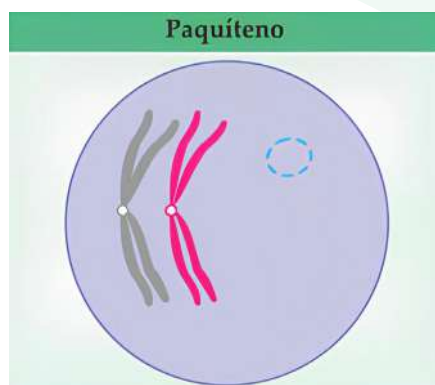
## Zigóteno: o início do emparelhamento cromossômico



Fonte: Sóbiologia

O **zigóteno** (do grego zygon, ligação, emparelhamento) é assim chamado porque, nessa fase, os cromossomos homólogos duplicados colocam-se lado a lado, emparelhando-se perfeitamente ao longo de todo seu comprimento, como se fossem as duas partes de um “ziper” sendo fechado.

## Paquíteno: a formação dos bivalentes

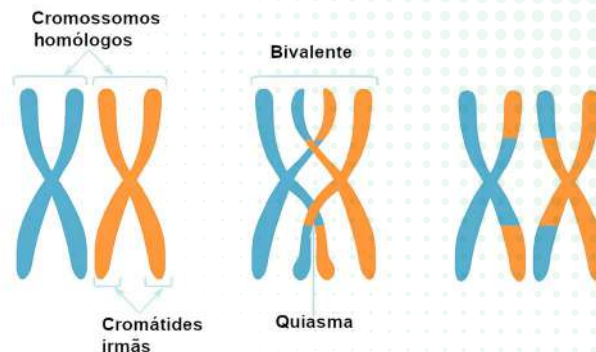


Fonte: Sóbiologia

No **paquíteno** (do grego pachys, espesso, grosso), os cromossomos estão bem mais grossos e completamente emparelhados. Nessa fase, cada par de cromossomos homólogos aparece como uma entidade única, denominada **bivalente** ou **tétrade cromatídica**. O termo “**bivalente**” (do prefixo latino bis, dois) refere-se ao fato de haver dois cromossomos homólogos emparelhados; o termo “**tétrade**” (do grego tetra, quatro), por sua vez, refere-se à existência de quatro cromátides, pois cada cromossomo está duplicado e é constituído por duas cromátides irmãs.

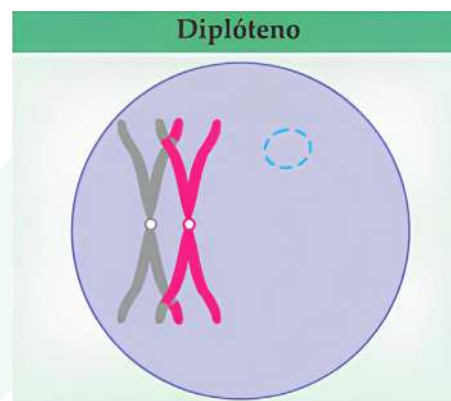
## Crossing over, permutação ou recombinação gênica

É nesta fase que se caracteriza o processo de troca de material genético entre o par de cromossomos homólogos chamado de Crossing over e que promove o aumento da chamada variabilidade genética.



Fonte: Brasilescola

## Diplóteno: a visualização dos quiasmas



Fonte: Sóbiologia

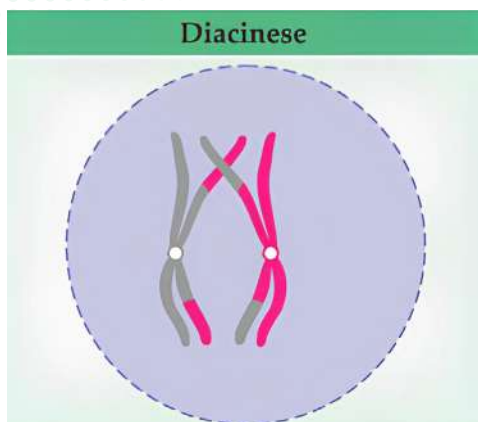
O **diplóteno** (do grego diploos, duplo) é assim chamado porque os cromossomos homólogos, agora começando a se separar, aparecem nitidamente constituídos por duas cromátides. Lembre-se de que o nome das fases foi dado quando ainda não se sabia que os cromossomos se duplicavam na interfase que precede a meiose. Com a separação dos homólogos, pode-se perceber que suas cromátides cruzam-se em determinados pontos, originando figuras em forma de letra X, denominadas **quiasmas** (do grego chiasma, cruzado, em forma de X).

Os quiasmas são a manifestação visível da ocorrência da permutação no paquíteno ou mesmo no final do zigóteno (os cientistas ainda têm dúvida sobre o momento em que ocorre a permutação). No ponto em que há uma permutação, as cromátides permutadas ficam cruzadas, originando o quiasma. A ocorrência de pelo menos um quiasma por par de cromossomos homólogos é essencial para mantê-los unidos até o início da anáfase I. Essa união é fundamental para que os cromossomos homólogos migrem corretamente para polos opostos.



**Anote aqui**

## Diacinese: a terminação dos quiasmas

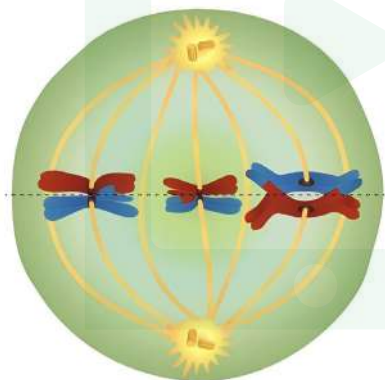


Fonte: Sóbiologia

A **diacinese** (do grego dia, através, e cinesis, movimento) é assim chamada porque os cromossomos homólogos continuam o movimento de separação iniciado no diplóteno. Os homólogos permanecem unidos apenas pelos quiasmas, os quais vão deslizando para as extremidades cromossômicas, fenômeno conhecido como terminalização dos quiasmas. Na diacinese, os nucléolos desaparecem completamente e a membrana nuclear se desintegra; com isso, os pares de cromossomos homólogos, ainda associados pelos quiasmas, espalham-se pelo citoplasma.

## METÁFASE I

Na **metáfase I**, os pares de cromossomos homólogos prendem-se ao fuso que se formou durante a prófase I, dispondo-se na região equatorial da célula. Cada homólogo de um par cromossômico fica voltado para um dos polos da célula.

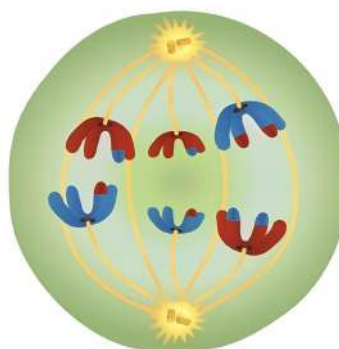


Fonte: Quizlet

## ANÁFASE I

Na **anáfase I**, cada cromossomo de um par de homólogos, constituído por duas cromátides, é puxado para um dos polos da célula. É nesta fase que, finalmente, os quiasmas terminam de se desfazer. A principal diferença entre a anáfase da mitose e a anáfase I da meiose é que, na mitose, separam-se as cromátides irmãs e, na meiose I, separam-se cromossomos homólogos

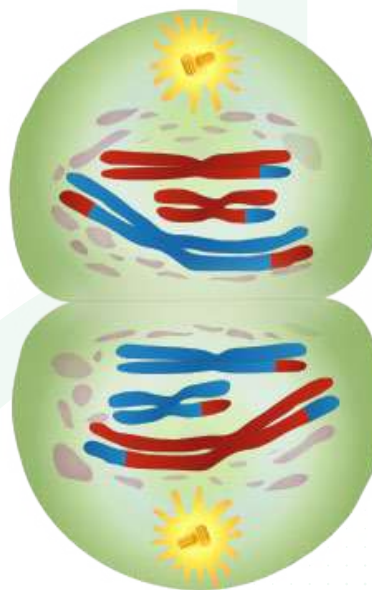
duplicados, cada um constituído por duas cromátides irmãs unidas pelo centrômero.



Fonte: Quizlet

## TELÓFASE I

Na telófase I, os cromossomos já estão distribuídos em dois grupos, um em cada pólo da célula. O fuso se desfaz, os cromossomos se descondensam, as membranas nucleares se reorganizam e os nucléolos reaparecem. Surgem, assim, dois novos núcleos, cada um com metade do número de cromossomos presente no núcleo original. Cada cromossomo, entretanto, está duplicado, sendo constituído por duas cromátides unidas pelo centrômero.



Fonte: Infoescola

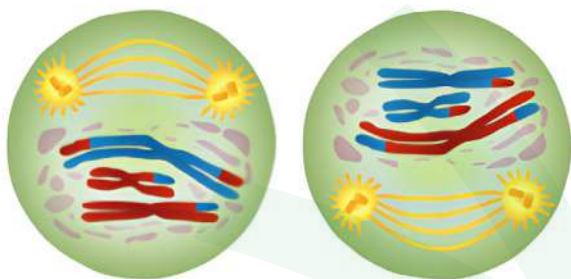
## CITOCINESE I

Geralmente, logo após a primeira divisão meiótica se completar, ocorre a **citocinese I**, com a separação de duas células filhas. Estas logo iniciam a meiose II, processo que dará origem a quatro células haplóides. Mais ou menos ao mesmo tempo em que a citocinese ocorre, os centros celulares se duplicam nos polos das células.

## PRÓFASE II

A segunda divisão da meiose é muito semelhante a uma meiose. As duas células resultantes da divisão I entram, ao mesmo tempo, em **prófase II**. Os cromossomos, constituídos por duas cromátides, começam a se condensar e vão se tornando progressivamente mais curtos e grossos. Como consequência dessa condensação, os nucléolos vão desaparecendo. Os centros celulares recém-duplicados afastam-se e começam a organizar os microtúbulos do fuso.

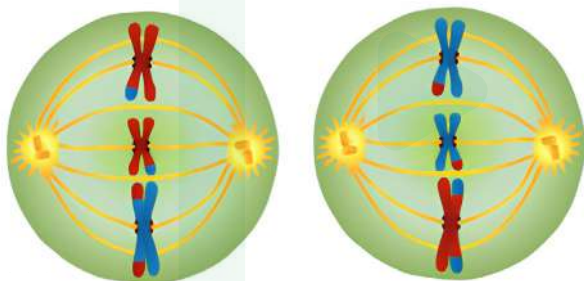
O fim da prófase II é marcado pela fragmentação da membrana nuclear e pelo espalhamento dos cromossomos na região mediana do citoplasma.



Fonte: Goconqr

## METÁFASE II

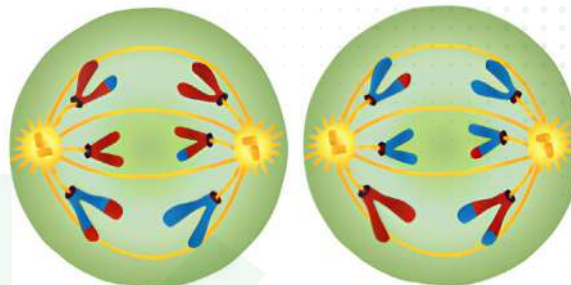
Na **metáfase II**, os cromossomos associam-se aos microtúbulos do fuso formado durante a prófase II, dispondo-se no plano equatorial da célula.



Fonte: Goconqr

## ANÁFASE II

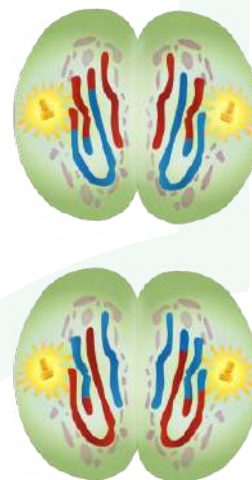
Na **anáfase II**, as cromátides irmãs são separadas e levadas para pólos opostos da célula, em decorrência do encurtamento das fibras do fuso. Esse processo é semelhante ao que ocorre na anáfase da mitose, e difere do que ocorre na anáfase I, quando há separação de cromossomos homólogos duplicados.



Fonte: Goconqr

## TELÓFASE II E CITOCINESE II

Na **telófase II**, os cromossomos se descondensam, os nucléolos reaparecem e as membranas nucleares se reorganizam, completando-se, assim, a segunda divisão meiótica. Em seguida, o citoplasma se divide, processo chamado citocinese II, encerrando a meiose.



Fonte: Goconqr



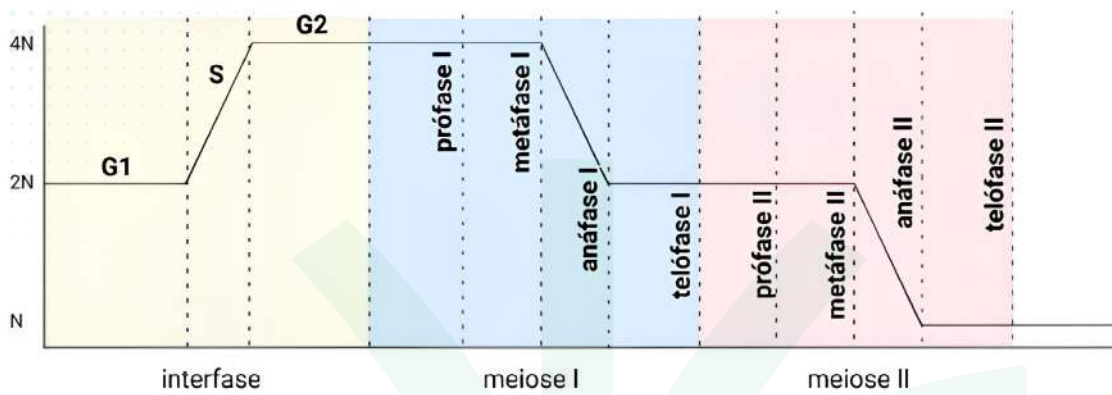
**Anote aqui**



## OBJETIVOS DA MEIOSE

- ▶ **Formação de gametas** – Ocorre nas espécies que têm ciclo reprodutivo diplôntico.
- ▶ **Formação de esporos** – Ocorre nas espécies de ciclo haplôntico e haplôntico-diplôntico.

## GRÁFICOS DA MEIOSE



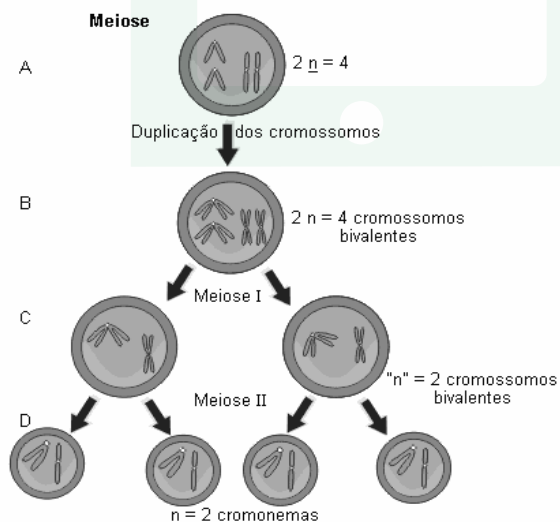
Fonte: Descomplicaexercicios

## VARIABILIDADE GENÉTICA E MEIOSE

A separação dos cromossomos homólogos durante a meiose é um processo crucial para a formação de gametas geneticamente distintos. No caso da espécie humana, um único indivíduo é capaz de formar uma variedade significativa de gametas devido à aleatoriedade na orientação dos cromossomos homólogos durante a metáfase I e à segregação aleatória durante a anáfase I.

Considerando uma célula humana com  $2n = 4$  cromossomos, os cromossomos homólogos podem se separar de diversas maneiras durante a meiose. Como os pares de cromossomos homólogos podem se alinhar independentemente uns dos outros durante a metáfase I e se separar aleatoriamente durante a anáfase I, isso resulta em uma grande diversidade de combinações genéticas nos gametas produzidos.

Por exemplo, a segregação dos cromossomos homólogos pode ocorrer de três maneiras distintas: todos os cromossomos paternos em um polo e todos os maternos no outro, uma mistura aleatória de cromossomos maternos e paternos em cada polo, ou uma variedade intermediária desses dois padrões. Isso significa que um único indivíduo humano pode produzir um grande número de gametas geneticamente diferentes, cada um com uma combinação única de cromossomos homólogos. Essa variabilidade genética é fundamental para a diversidade e adaptação das populações humanas ao longo do tempo.



Fonte: EducaBras

**+ Anote aqui**

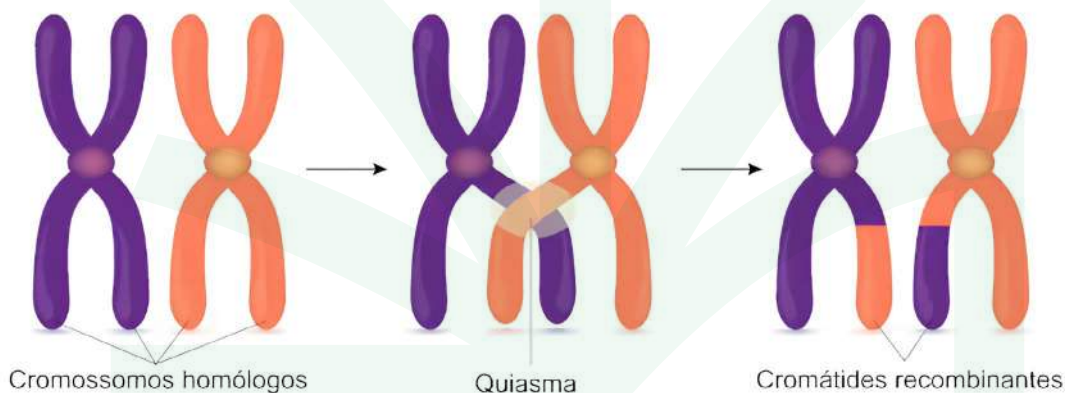


## Se liga **mamífero**

### CROSSING-OVER OU PERMUTAÇÃO

O termo “crossing-over”, que significa troca, é um fenômeno essencial na meiose, estando profundamente ligado ao seu papel biológico. É o crossing-over que impulsiona a variabilidade genética das células resultantes da meiose, proporcionando uma diversidade semelhante aos descendentes de uma espécie que se originam dessas células. A diversidade dentro de uma espécie é crucial para a evolução, pois é sobre essas variações individuais que a seleção natural exerce sua influência.

O mecanismo do crossing-over é bastante complexo e ainda não está totalmente compreendido. Simplificando, pode-se dizer que ocorre por meio de quebras que acontecem enquanto os cromossomos homólogos estão emparelhados, desde o estágio zigóteno até o paquíteno. Essas quebras sempre envolvem duas cromátides não irmãs em pontos correspondentes e são seguidas pela troca de segmentos entre elas. Cada ponto de quebra seguido pela união resulta em um crossing-over, e sua localização é aleatória, variando de célula para célula. O número de crossing-overs por bivalente é bastante variável, dependendo do comprimento do cromossomo, mas geralmente está entre 1 e 10.



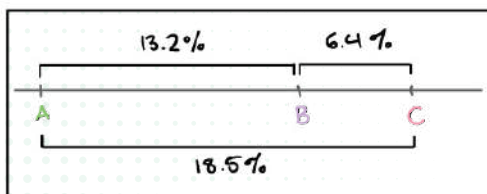
Fonte: Brasilescola

Durante a subsequente divisão celular, as cromátides que trocaram segmentos se tornarão os novos cromossomos distribuídos entre as células-filhas. Assim, cada célula recebe conjuntos gênicos que resultam das trocas, levando a uma mistura aleatória de alelos de cada um dos cromossomos homólogos da célula-mãe. Esse processo é conhecido como recombinação genética e é característico dos processos de reprodução sexuada, sendo fundamental para a variabilidade genética e, conseqüentemente, para a evolução das espécies.

### REPRODUÇÃO SEXUADA E CROSSING-OVER:

$$\begin{aligned} RF(A-B) &= 13.2\% \\ RF(B-C) &= 6.4\% \\ RF(A-C) &= 18.5\% \end{aligned}$$

largest RF =  
outermost  
genes of trio



Fonte: Khanacademy

Reprodução sexuada é aquela que permite a introdução de variabilidade genética durante a reprodução. Em alguns organismos, como os machos de *Drosophila melanogaster* e as fêmeas do bicho-da-seda, o processo de crossing-over não ocorre.

A frequência de quebras e trocas entre dois pontos em um cromossomo varia de acordo com a distância entre esses pontos. Essa frequência de crossing-over é utilizada para calcular a distância entre genes ao longo de um cromossomo, uma aplicação que é explorada no estudo de Genética.

# REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AMABIS, Jose Mariano. Fundamentos da Biologia Moderna. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2002.
- BURNIE, David. Dicionário Temático de Biologia. São Paulo: Scipione, 2001.
- CORSON, Walter H. ed. Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente. São Paulo: Augustos, 1996.
- FAVARETTO, Jose Arnaldo. Biologia. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2003.
- MORANDINI, Clezio & BELLINELLO, Luiz Carlos. São Paulo: Atual, 1999.
- PAULINO, Wilson Roberto. Biologia. São Paulo: Ática, 1998.
- SILVA Jr, Cesar da & SASSON, Sezar. Biologia. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2003.
- SOARES, Jose Luis. Biologia. São Paulo: Scipione, 1997.
- UZUNIAN, Armenio. Biologia. 2 ed. São Paulo: Harbra, 2004.
- ZAMPERETTI, Kleber Luiz. Biologia Geral. Rio Grande do Sul: Sagra-dc Luzzatto, 2003.
- FUTUYMA, Douglas J. Biologia Evolutiva. 2 ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1993.
- GOWDAK, Demetrio. Biologia. São Paulo: FTD, 1996.
- MORANDINI, Clezio & BELLINELLO, Luiz Carlos. São Paulo: Atual, 1999.
- PAULINO, Wilson Roberto. Biologia. São Paulo: Ática, 1998.
- SILVA Jr, Cesar da & SASSON, Sezar. Biologia. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2003.
- SOARES, Jose Luis. Biologia. São Paulo: Scipione, 1997.
- UZUNIAN, Armenio. Biologia. 2 ed. São Paulo: Harbra, 2004.
- ZAMPERETTI, Kleber Luiz. Biologia Geral. Rio Grande do Sul: Sagra-dc Luzzatto, 2003.
- FAVARETTO, J. A . e MERCADANTE, C.. Biologia, Vol. Único. São Paulo, Moderna, 2000.
- LINHARES, S. e GEWANDSZNAJDER. Biologia Hoje. Vols. 1, 2 e 3. Editora Ática, 1996.
- LOPES, S., Bio, Volumes 1, 2 e 3., Saraiva, 1997.
- SOARES, J. L.. Biologia no Terceiro Milênio, vols. 1, 2 e 3., São Paulo, 1998.
- EDITORA
- CHEIDA, L.E. Biologia Integrada, Vol. 1, 2, 3 , São Paulo, Moderna, 2002.
- AMABIS e MARTHO, Fundamentos da Biologia Moderna, vol. Único, Moderna, São Paulo, 2003.
- PAULINO, W. R., Biologia, Vols. 1, 2, 3, Ática, São Paulo, 2002





*Estamos juntos nessa!*



CURSO  
**FERNANDA PESSOA**  
ONLINE

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.