

## MENDEL ENROLADO NA DUPLA-HÉLICE

Cristina Yumi Miyaki<sup>1</sup>, Lyria Mori<sup>1</sup>, Maria Cristina Arias<sup>1</sup> & Rodrigo V. M. da Silveira<sup>2</sup>

1. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
2. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

Enviar correspondência para Lyria Mori, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 11.461, 05422-970 São Paulo, SP.

E-mail: cymiyaki@ib.usp.br; lmori@ib.usp.br; mcarias@ib.usp.br; esquecidoponto@terra.com.br.

### Resumo

*Essa atividade permite ao aluno reavaliar a sua rede de conhecimento por meio da elaboração de um mapa de conceitos que busca estabelecer relações relevantes entre conceitos da Genética Mendeliana e conceitos da Genética Molecular.*

### Introdução

Fincham (1990) traduziu bem o sentimento de professores quando afirmou: “Professores de Genética de cursos de Graduação em áreas Biológicas, normalmente, acham que é necessário relembrar as leis de Mendel, mas temem entediar os alunos, que pensam, equivocadamente, que já aprenderam o suficiente sobre mendelismo no ensino médio e já sabem tudo que é necessário sobre as leis de Mendel”. Entretanto, basta iniciar uma discussão sobre questões como: quantos alelos de um determinado gene um indivíduo possui e quantas moléculas de DNA existem em um cromossomo ou quantas duplas-hélices de DNA existe em um cromossomo, para perceber que esses conceitos não estão relacionados para os alunos.

Durante a execução da presente atividade os alunos devem discutir conceitos de genética clássica e de biologia molecular estabelecendo relações entre eles. Dessa forma os alunos terão uma nova oportunidade de recordar os conceitos de uma maneira dinâmica e sob uma perspectiva mais integrada. Assim, o principal objetivo dessa atividade é que o aluno compreenda que a abordagem clássica e a molecular não estão separadas, mas complementam uma à outra.

Esta atividade foi desenvolvida com base em um trabalho de pesquisadores ingleses para fazer a ligação entre a genética clássica e a genética molecular. Esses pesquisadores trabalharam com uma das sete caracte-

rísticas de ervilha (*Pisum sativum* L.) estudadas por Mendel a textura da semente, em que o estado liso é dominante sobre o rugoso.

Os pesquisadores analisaram a causa do fenótipo rugoso, e suspeitaram que esse fenótipo fosse consequência de um aumento na quantidade de um açúcar simples (amido não ramificado) no cotilédono, o que resultaria no acúmulo de grande quantidade de água. Com o amadurecimento da semente ocorre a desidratação. Como na semente rugosa há um acúmulo de água, que a torna muito volumosa, ao secar, a película da semente se enrugam. A semente lisa possuidora de açúcares com muitas ramificações, não acumula água e, como consequência, não apresenta rugosidade. Esses pesquisadores descobriram que o alto teor de açúcar simples na semente rugosa se deve a um defeito na síntese (ausência) de uma enzima ramificadora do amido (SBE-1, “starch-branching enzyme”), e o amido não ramificado, por pressão osmótica, retém mais água no cotilédono.

Assim, esse caso das ervilhas lisas e rugosas se presta para relacionar diversos conceitos biológicos, por exemplo: meiose, cromossomos homólogos, DNA, cadeia dupla de nucleotídeos, RNA mensageiro, alelo, gene, dominante, recessivo, número de moléculas de DNA no cromossomo, e outros.

### Função Pedagógica

Essa atividade permite que o aluno possa visualizar e entender a integração entre os conceitos da genética mendeliana e da genética molecular, possivelmente já conhecidos por ele, mas em contextos independentes. Essa atividade permite, também, que o aluno aprenda por meio da utilização de mapa de conceito, construindo relações significativas.

Mapas de conceito têm por objetivo material-

zar redes cognitivas de conceitos. Eles podem ser ferramentas muito úteis ao evidenciar a necessidade de estabelecer novas relações significativas entre conceitos, geralmente apresentadas em contextos distintos.

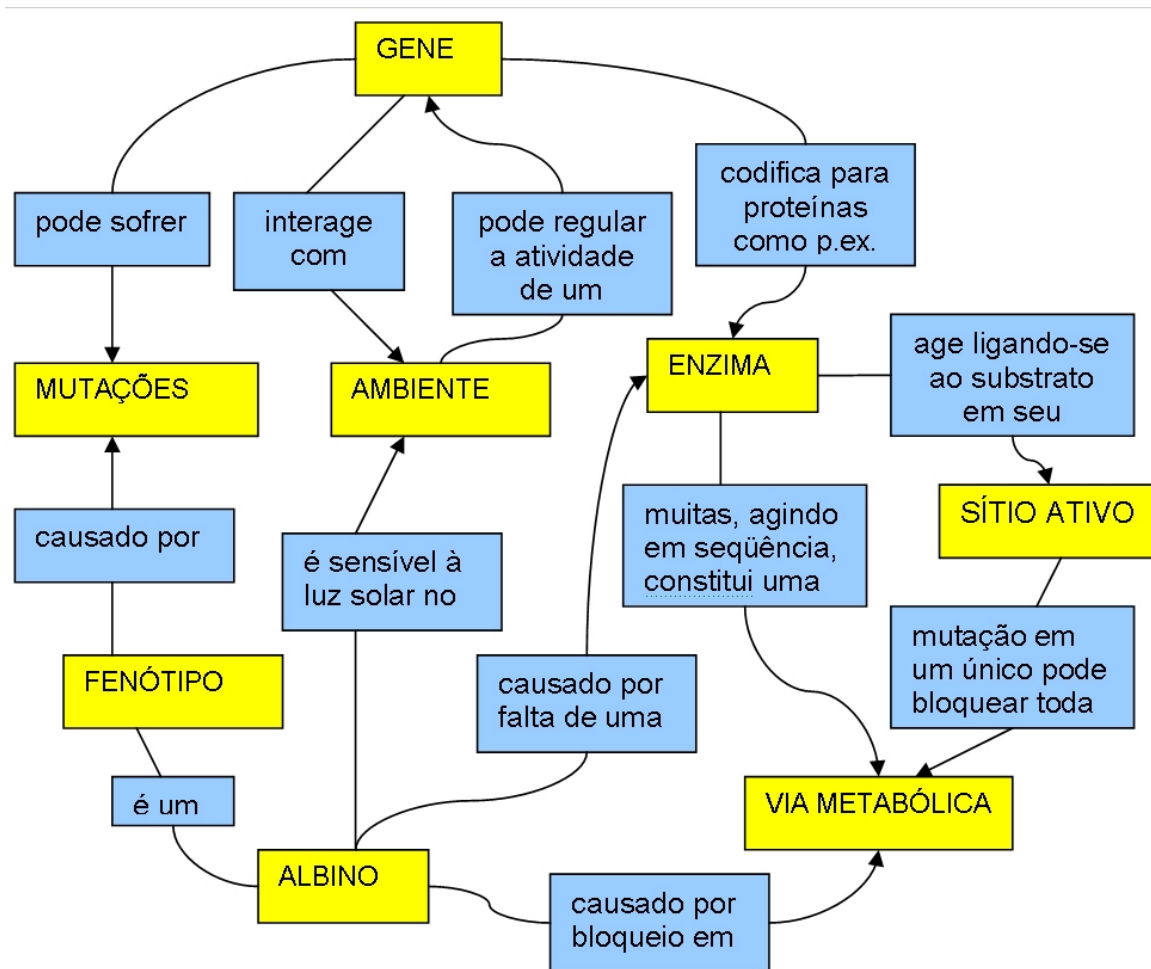
Para criar um mapa de conceitos sobre um determinado tema, é necessário primeiro identificar as idéias ou conceitos mais importantes. Esses conceitos são ligados um a um, por meio de verbos e/ou palavras de ligação. Em seguida, eles são organizados em uma grande rede com significado. O valor real do mapa de conceitos está no processo, ou seja, em pesar, relacionar e organizar os conceitos que cada indivíduo precisa ter para desenvolver um entendimento significativo do tema abordado (Amabis & Martho, 1996). Na FIGURA1 está representado um exemplo de um mapa de conceito bem simplificado.

**Materiais para cada grupo de trabalho (aproximadamente cinco alunos)**

Cartões azuis ou papéis de recados auto-adesivos removíveis, cada um, com os seguintes conceitos e

objetos da nomenclatura Mendeliana escritos: **AA, Aa, aa, A, a**, fatores, dominante, recessivo, ervilha lisa, ervilha rugosa.

- Cartões vermelhos (podem ser de outra cor), cada um, com os seguintes objetos e conceitos atuais: mutação, DNA sem a inserção, DNA com a inserção, dupla-hélice de DNA, cromossomo, enzima SBE-1 funcional, fenótipo, genótipo, gene(s), amido ramificado, enzima SBE-1 não funcional, heterozigoto, homozigoto, água, alelo(s).
- Cartões amarelos (podem ser de outra cor) com palavras de ligação: não produz, produz, perde muita água, perde pouca água, é (5 cópias desse cartão), são (2 cópias), codifica (2 cópias), acumula muita, acumula pouca, faz, composto de. Caso seja necessário, pode-se acrescentar cartões sem palavras de ligação, para que o aluno as escreva na hora, de acordo com a necessidade.
- Papel pardo ou manilha com cerca de 1m. x 1m, lápis e borracha.



**FIGURA1.** Exemplo de construção de mapa de conceito. Em amarelo estão os conceitos e em azul as palavras de ligação (Adaptado de Griffiths *et al.*, 2000).

- Resumos do que “**Mendel disse em 1866**” e do que “**Mendel, hoje, saberia**”, os textos estão anexados e deverão ser copiados para fornecer aos alunos antes do início da atividade.

### Aplicando a Atividade

1. Você pode formar grupos de aproximadamente cinco alunos.
2. Cada turma deve receber um conjunto de conceitos Mendelianos e um de conceitos genéticos atuais, além das palavras de ligação.
3. Distribuir uma folha de papel de embrulho grande (1mx1m), lápis e borracha, e os textos (anexados) que descrevem os conceitos no tempo de Mendel e os conhecidos hoje sobre a genética da característica textura da semente da ervilha.
4. Solicitar aos alunos que desenhem linhas no papel, orientadas por setas, ligando os vários conceitos por meio de palavras de ligação.

*Lembre-se que não existe uma resposta correta, mas existem ligações erradas, que devem ser corrigidas. Um mapa bem elaborado é aquele que resulta em uma rede de ligações múltiplas, indo além das ligações lineares.*

### Procedimento para o aluno

1. Ler os textos: “**Mendel, em 1866, disse que:**” e “**Mendel, hoje, saberia que:**”.
2. Colocar os cartões com os conceitos sobre a folha de papel
3. Ligar pares de conceitos com linhas, orientadas por setas, conectados por palavras de ligação.
4. Procurar fazer correlações múltiplas de modo que o mapa final fique com o aspecto de rede, evite relações lineares simples. Ou seja, o mesmo conceito pode estar conectado a vários outros conceitos.
5. Caso tenha dúvidas ao fazer as ligações reveja o seu conhecimento sobre os conceitos envolvidos naquela ligação.

### Entendendo a atividade

1. O que representam as letras **AA**, **Aa**, e **aa**?
2. O que representam as letras **A** e **a**?
3. Qual a relação entre fatores mendelianos e genes?
4. Qual a relação entre genótipo e fenótipo?

5. Qual o significado, ao nível molecular, de dominância nesse exemplo?
6. Qual a consequência de uma inserção de nucleotídeos no gene SBE-1?

### Respostas para as questões da seção “Entendendo a atividade”

1. **AA**, **Aa** e **aa** representam os genótipos das ervilhas em relação à característica textura da semente. **AA** ou **Aa** confere o estado liso e **aa** o estado rugoso.
2. As letras **A** e **a** representam os alelos possíveis para a característica em questão.
3. Mendel desconhecia a existência de genes, e por isso criou fatores abstratos para explicar as proporções matemáticas que ele encontrava nas descendências  $F_1$  e  $F_2$  dos cruzamentos das ervilhas. Esses fatores foram denominados posteriormente de genes por Bateson.
4. O fenótipo é a manifestação do genótipo.
5. Nesse exemplo, a dominância significa que o genótipo heterozigótico possui uma cópia do gene sem a mutação (inserção) e que a quantidade de enzima SBE-1 sintetizada por essa única cópia é suficiente para transformar o açúcar em amido ramificado, fazendo com que o fenótipo da ervilha seja liso.
6. A inserção de 800 pares de bases no gene SBE-1 leva à síntese de uma enzima não funcional, ou seja, incapaz de transformar o açúcar em amido ramificado.

### Bibliografia e Leitura Adicional Recomendada

Amabis, J. M. & Martho, G. R. 1996. Navegando em mapas de conceito. *Temas de Biologia*, 2. Editora Moderna. <[www.moderna.com.br/didáticos/em/biologia](http://www.moderna.com.br/didáticos/em/biologia)>.

Bhattacharyya, M. K., Smith, A. M., Ellis, T. H. N., Hedley, C. & Martin, C. 1990. The wrinkled-seed character of pea described by Mendel is caused by a transposon-like insertion in a gene encoding starch-branching enzyme. *Cell*, 60: 115-122.

DNA Learning Center : < [www.dnalc.org/home.html](http://www.dnalc.org/home.html)> Dutra, I. M. – Novas formas de aprender, novas formas de avaliar: Mapas conceituais e uma proposta de categorias construtivistas para seu uso na avaliação da aprendizagem. <http://www.tvebrasil.com.br/salto/>

[boletins2005/nfa/text5.htm](http://boletins2005/nfa/text5.htm).

Fincham, J. R. S. 1990. Mendel – now down to the molecular level. *Nature*, 343: 208-209

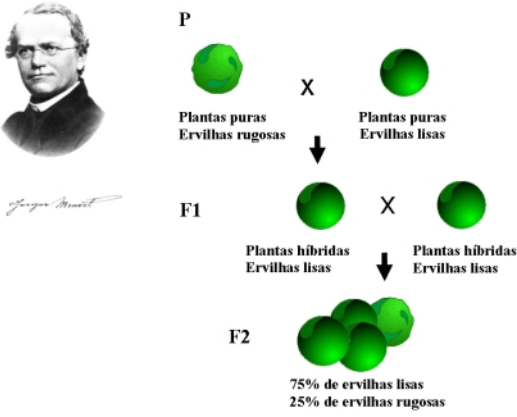
Griffiths, A. J. F., Miller, J. H., Suzuki, D. T., Lewontin, R. C. & Gelbart, W. M. 2000. “An introduction to Genetic Analysis”. W.H. Freeman.

Micro & Gene – Materiais Didáticos: < <http://www.ib.usp.br/microgene> >.

Moreira, M. A. Mapas Conceituais – Pós-escrito. <http://www.if.ufrgs.br/cref/mapas/pos.html>

Miyaki, C. Y.; Amabis, J. M.; Mori, L. & Silveira, R. V. M. 2002. *Biologia – Módulo 1: Relendo o trabalho de Mendel*. Construindo Sempre: Programa de Educação Continuada (PEC). Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP e Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/microgene>.

Novak, J. 1990. Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27: 937-949 .

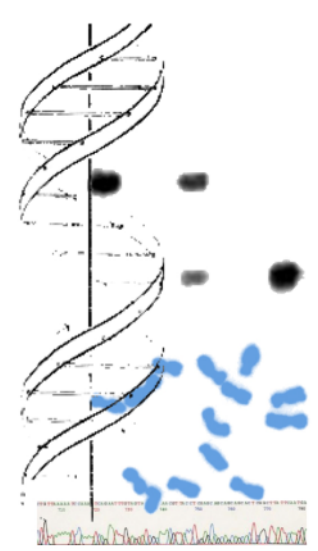


The diagram illustrates Mendel's experiment with pea plants. It starts with the P generation: two purebred plants, one wrinkled (green) and one smooth (green). An arrow points to the F1 generation, which consists of two hybrid plants, both smooth (green). Another arrow points to the F2 generation, showing a 3:1 phenotypic ratio: 75% smooth (green) and 25% wrinkled (green). A small portrait of Gregor Mendel is shown on the left.

**Mendel, em 1866, disse que:**

- As plantas possuem **fatores** hereditários;
- Os fatores são transmitidos de uma geração a outra;
- Os fatores podem ser representados por letras: maiúscula (**A**) para o **dominante** e minúscula (**a**) para o **recessivo**;
- As plantas híbridas (F1) possuem os dois fatores (**Aa**), só assim podem produzir dois tipos de descendentes (F2);
- Os fatores na planta híbrida não se misturam;
- Os fatores na planta híbrida devem se separar na formação dos gametas, de modo que cada gameta possua apenas um dos fatores.

**Obs.: Nessa época, nada se sabia sobre cromossomos e meiose.**



The diagram shows a DNA double helix on the left and several chromosomes on the right. The chromosomes are represented as blue structures with a central axis and arms.

**Mendel, hoje, saberia que:**

- As plantas híbridas (F1) para semente lisa e rugosa possuem os dois **alelos** (**A** e **a**), que Mendel chamou de **fatores**.
- A **meiose** explica como os alelos se separam na formação dos gametas.
- Durante a meiose os **cromossomos homólogos** se separam.
- Os cromossomos são constituídos por **DNA** e proteínas.
- O DNA é formado por **uma cadeia dupla de nucleotídeos**.
- A partir do DNA, uma molécula de RNA é sintetizada (**RNA mensageiro**), que codifica uma proteína.
- O **alelo A** que codifica a semente lisa, é um fragmento de DNA com 3,3 mil pares de bases que codifica a **enzima SBE-1** (starch-branching enzyme ou enzima ramificadora do amido).
- O **alelo a** que codifica a semente rugosa, é um fragmento de DNA com uma **inserção** de 800 pares de bases, portanto o gene possui 4,1 mil pares de bases e a **enzima SBE-1 produzida não é funcional**. Assim, não há produção de amido ramificado, levando a um maior acúmulo de água, e quando a semente seca torna-se rugosa.