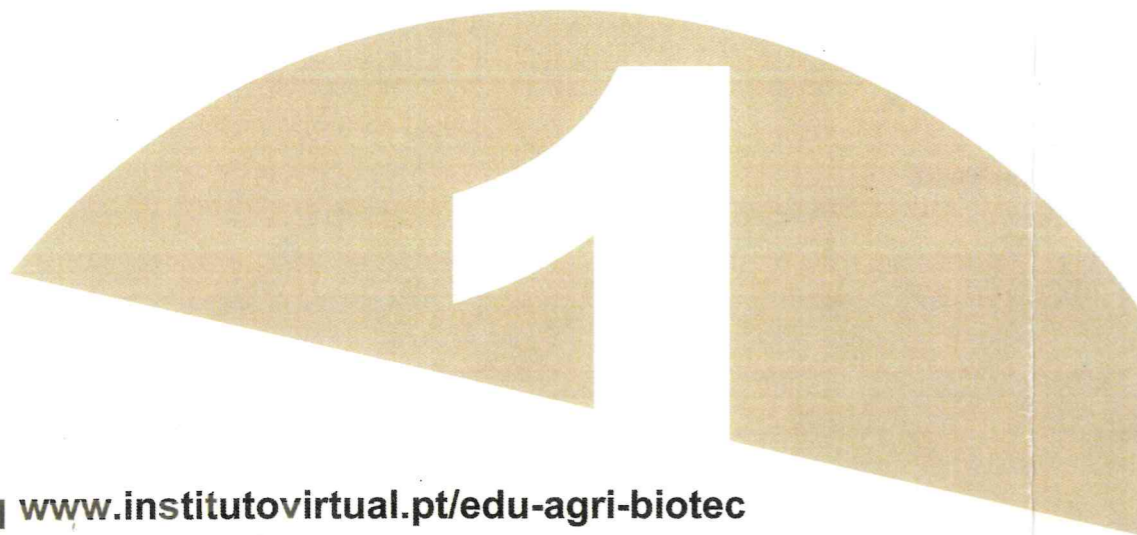


Material Didáctico Multimédia de Genética e Biotecnologia Vegetal



www.institutovirtual.pt/edu-agri-biotec



FUNDAÇÃO
CALOUSTE
GULBENKIAN

Projecto integrado no "Programa de Apoio a Projectos de Pesquisa no Domínio Educativo 2001", do Serviço de Educação e Bolsas da Fundação Calouste Gulbenkian.

«Cada espécie de organismo, representada por um determinado código genético, é uma experiência bem sucedida de adequação ao ambiente, que é necessariamente posta em causa quando esse ambiente é alterado de forma não transitória ou quando o código genético sofre qualquer agressão que o modifica. Isto é, especiação biológica, código genético (ADN) e ambiente estão necessariamente ligados.» Fraústo da Silva (2001)

Ficha temática n.º1 ABC da Genética

Breve visão panorâmica e evolutiva

Assim como um geólogo se pode referir a vulcões, a lava e magma nos seus relatos, também um biólogo descreve o que estuda referindo-se a células, membranas e genes, entre outros termos. De facto, na Biologia, saber o que é uma célula permite enquadrar e ajudar a entender o que é um gene. Os conhecimentos actuais dos processos biológicos foram resultando de uma 'caminhada de descobertas', feita ao longo de vários anos. Se percorrermos os 'marcos históricos' compreenderemos melhor alguns conceitos importantes.

A teoria celular, segundo a qual todos os seres vivos (sejam animais, vegetais ou, de outros grupos) são constituídos por células, é atribuída a M. Schleiden (1938) e a T. Schwann (1939), mas muitas observações e ideias sobre a sua estrutura são anteriores: em 1665, R. Hooke usa o termo «célula» em observações da textura de cortiça ao microscópio; em 1672, N. Grew apresenta ilustrações de material vegetal que revelam uma noção de estrutura celular e A. van Leeuwenhoek em 1674 (e durante vários anos) realiza a descrição de muitos microorganismos e células com bastante pormenor.

A organização das células em tecidos parece ter sido reconhecida por vários biólogos, como Wolff (1759) e, entre 1824-30, os trabalhos de outros biólogos apoiavam a existência de um padrão ou esquema geral para a constituição/forma das células (universalidade da estrutura celular) mas indicavam-na como 'independente' ou 'individual' nas suas formas e funções (autonomia celular morfológica e fisiológica). Em 1831, R. Brown descobria o núcleo, como parte importante das células, embora existam células que não o possuem. Um aspecto da organização das células num corte transversal de caule de girassol está ilustrado na figura 1.

Dado que todas as células de um organismo pluricelular provêm de uma única célula (designada 'célula-ovo' ou 'zigoto') as tentativas de explicação da formação de novas células foram variando ao longo dos anos. Para Schleiden 'as novas células formavam-se dentro das antigas a partir do núcleo', ideia aceite entre 1840-60; apesar de na mesma altura (1840) H. von Mohl e K. Nageli, defenderem uma ideia diferente, a qual era a correcta: ocorria formação de novas células através dum processo de divisão. Em 1880, Flemming descrevia, com pormenor (apoiado em observações suas e nas de outros investigadores), a divisão da célula somática e designava-a por «Mitose» (Cd-rom 'Descobrir a célula').

Numa dada espécie, entre sucessivas gerações, sabemos existir uma transmissão de instruções para as características - anatómicas e funcionais - dos seres vivos. Há uma herança. Há transmissão. Temos a hereditariedade. Ela está associada a uma característica dos seres vivos - a reprodução - que permite perpetuar uma espécie no tempo. Os 'pedigree' são esquemas de cruzamentos e respectivas descendências ao longo de diversas gerações e revelam as 'vias ou rotas' da hereditariedade. Em 1865, começaram a ser desvendados os mecanismos da hereditariedade nos estudos realizados por Gregor J. Mendel, botânico e monge do Mosteiro de Brno. Ele fez cruzamentos experimentais entre ervilheiras-de-cheiro (*Pisum sativum*, L.) que diferiam entre si em características como a cor da flor ou a forma das sementes e registou os resultados que observou nas sucessivas gerações. Verificou que uma característica podia ser determinada por dois «factores», cada um proveniente de cada progenitor. Num par de «factores», um era geralmente capaz de mascarar o outro - era 'dominante'. O factor escondido ou mascarado - era 'recessivo' (ele não desaparecia, e podia revelar-se em gerações posteriores, sempre que o outro factor não fosse de tipo 'dominante'). Verificou que os «factores» antagonísticos, por exemplo para o tamanho: 'gigante'/'anoão'; ou para a pigmentação: 'vermelha'/'branca'; envolvidos num dado cruzamento eram distribuídos na descendência segundo regras matemáticas simples. As 'Leis da Hereditariedade' de Mendel, foram por ele apresentadas em 1865, mas apenas lhes foi dada a devida importância por volta de 1900, altura em que três botânicos (Correns, deVries e von Tschermak) as redescobriram e confirmaram (Redescoberta das Leis de Mendel). Nessa altura, por volta de 1903, eram descritas, por vários investigadores (Flemming, Boveri, Sutton, e outros), as principais características da «Meiose» (Cd-rom 'Descobrir a célula').

Notas

Célula - (do grego *kytos*) é no sentido biológico um sistema em modificação contínua constituindo a unidade básica dos seres vivos. Na sua organização, distinguem-se, de modo simples, as que possuem um núcleo (células eucarióticas) das que não o têm (células procarionóticas). Conforme o seu número os seres são unicelulares (1) ou pluricelulares (>1). Elas possuem formas distintas em diferentes tecidos.

Células somáticas - todo o conjunto das células dum ser vivo, exceptuando as células gaméticas (ou gâmetas).



Figura 1 - (topo) Campo de girassóis. (baixo) Secção transversal de caule de girassol, com distintos tipos de células. (Resolução: 500x332x256).



Figura 2 - Aspectos de Microscópio (do grego *mikros*, pequeno, e *skopein*, ver, examinar). O primeiro terá sido construído por Z. Janssen (1590).

Mitose - Processo de divisão de 1 célula somática, que origina 2 'células-filhas', regra geral, com a mesma constituição genética da célula inicial.

Tipos de Reprodução (de modo simples): assexuada por oposição à sexuada (a qual envolve gâmetas). Há plantas, como a batateira, que se podem reproduzir dos dois modos.

«Factores» de Mendel - designam as entidades celulares com informação hereditária, e que se transmitem entre sucessivas gerações filiais (F1, F2, F3,...).

Meiose - Processo de divisão limitado às «células germinais» para formação de «células gaméticas» ou gâmetas, com diferente constituição genética; dado que a quantidade de material genético é reduzida a metade (Meioun; do grego, 'diminuir'); e durante o processo há um mecanismo de troca e recombinação genética (os pontos de quebra e troca de material genético visualizáveis são os 'quiasmas'), permissor de variabilidade genética entre os diversos gâmetas resultantes.

Genética - termo usado em 1906, por Bateson, para o ramo da biologia dedicado às investigações experimentais de hereditariedade.

Notas



Figura 3 a - Os estudos bioquímicos, realizam-se em laboratórios.

Constituintes químicos celulares: inorgânicos (água e sais minerais) e orgânicos (proteínas, hidratos de carbono, ácidos nucleicos, lípidos, etc.).



Figura 3 b - Secção transversal de uma zona de Pteridium, (género de planta pertencente ao grupo dos Fetos), mostrando diversos contrastes e colorações (Resol. 500x321x256).

Cromossomas - descobertos por volta de 1876, sendo as estruturas das células que têm informação genética. São de tipos diferentes, com forma e tamanho variados.



Figura 4 - Aspecto de observações de cromossomas (técnicas de coloração diferentes) ao microscópio. (Ampliações variadas, permissoras de visualização da estrutura básica dos cromossomas).

ADN - macromolécula que funciona como 'depósito' de informação genética. Localiza-se fundamentalmente no núcleo (cromossomas) mas também existe em pequenas quantidades em mitocôndrias e em cloroplastos, que existem no citoplasma.

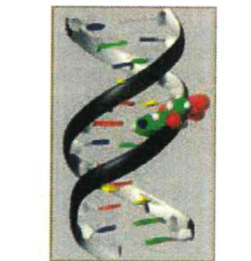


Figura 5 - Aspecto esquemático da estrutura em dupla hélice da cadeia de ADN, mostrando em pormenor as moléculas de açúcar (desoxirribose) e fosfato. As 4 bases estão representadas por diferentes cores e são A, T, C, G (adenina, timina, citosina e guanina) cuja regra de emparelhamento é: A-T e C-G.

A maioria dos genes é uma sequência de ADN destinada a codificar somente uma proteína, mas nem sempre assim é, nalguns casos, uma dada sequência pode codificar mais do que uma proteína. É portanto uma simplificação a frase: «um gene, uma proteína!»

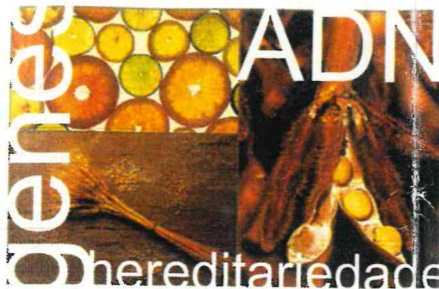
A ponte entre duas gerações - entre pais e filhos ou seja, entre a geração P e a geração F1 - era assim, feita por células: ou 'os gâmetas' formados por meiose (em seres com reprodução sexuada); ou células, formadas por mitose (em seres com reprodução assexuada, como certas algas). Sendo sabido dar-se entre gerações ('de pais para filhos') uma transmissão de instruções para algumas características, o desafio era procurar que material possuía essas instruções ou informações! As pistas sobre esse material indicavam-no dever ser capaz de comandar o funcionamento celular e de, pelo menos, fazer réplicas (ou cópias) de si próprio que fossem separáveis, de modo a existirem em toda e qualquer célula dum ser vivo, que sofre divisões (por mitose ou por meiose). Era necessário espertar para dentro das células e a ajuda foi dupla: o uso de microscópios (cada vez mais potentes, figura 2) ampliavam o que à vista desarmada não se via, e o uso de várias soluções de corantes ('tinturas') apropriadas (figura 3 a) para certos constituintes da célula, originava contrastes úteis na distinção dos constituintes (entre várias técnicas de coloração, foi desenvolvida em 1924, por Feulgen, a técnica chamada 'Reacção de Feulgen' importante porque permitia corar apenas o núcleo das células, que assim se destacava das zonas incolores da célula) (Figura 3 b). Os biólogos visualizavam o interior das células e viram nos seus núcleos umas estruturas longas e finas, em forma de bastonete (figura 4) a que deram o nome de **cromossomas**. Há geralmente duas cópias de cada tipo numa célula, excepto nos gâmetas que tinham uma só cópia. O seu número era o mesmo em diferentes células somáticas dum ser vivo pluricelular (número diplóide característico; por exemplo 28 cromossomas, 2n=28, agrupados em 14 pares de cromossomas homólogos), excepto nos gâmetas que tinham metade (número haplóide; n=14, com 1 cromossoma de cada par). A fusão de dois gâmetas (cada um com metade do número de cromossomas) originava o zigoto ou 'célula-ovo' (em que o número de cromossomas característico era restabelecido). Ao relacionar «os factores hereditários» de Mendel com estes, e outros aspectos dos cromossomas, tornava-se óbvio que esses «factores» podiam ser os cromossomas ou estar neles localizados. A demonstração experimental de que o material hereditário existia nos cromossomas foi conseguida por Morgan e seus colaboradores (Teoria Cromossómica da Hereditariedade).

Sabido o local das instruções hereditárias ou «factores» de Mendel, faltava saber qual a constituição destas instruções: 'de que substância eram feitas?' A resposta surgia com a descoberta, feita em 1869, por Miescher (bioquímico e médico) de uma substância complexa no núcleo de algumas células de sangue. Semelhante substância era depois encontrada em células diferentes e em seres vivos distintos. Pouco a pouco, os estudos sobre os constituintes químicos da célula iam evoluindo e, a substância que tinha as instruções ou informações hereditárias foi identificada: era uma substância ácida do núcleo, incluído nos 'ácidos nucleicos' e identificada como ácido desoxirribonucleico (ADN). Outro ácido nucleico com funções celulares importantes é o ácido ribonucleico (ARN). A procura de pistas sobre o ADN prosseguia. O estudo da sua estrutura evoluiu com os trabalhos de Rosalind Franklin, física, que sugeriu apoiada nos seus resultados, um aspecto helicoidal para o ADN (1952). No ano seguinte, J. Watson e F. Crick descreveram a estrutura correcta do ADN: é uma **dupla hélice** (Figura 5).

Esta estrutura pode ser mais facilmente entendida se a imaginarmos assim: ela é uma escada torcida para dar uma espiral. Cada degrau da escada é feito de 2 blocos diferentes que emparelham (num total de 4 blocos, que na realidade são as bases A, T, C, G). Os lados que são o suporte (ou viga) são na realidade, unidades de açúcar (desoxirribose) e de fosfato alternadas. É a sequência de degraus diferentes numa escada (por exemplo para quatro degraus: \A-T, A-T, C-G, A-T\ ou \C-G, A-T, A-T, C-G\) a que, na realidade correspondem diferentes informações genéticas.

Um gene é assim, na realidade, uma dada sequência do ADN, com informação para uma dada característica, ou função. Diferentes sequências têm diferentes informações genéticas! Sempre que uma célula se vai dividir esta informação é geralmente duplicada, para que depois exista em cada célula a mesma informação - é o processo de replicação; mais facilmente entendido se o imaginarmos assim: Quando o ADN vai ser duplicado a escada em espiral é destorcida, para ficar com uma posição plana e, só então, e de modo gradual, cada degrau da escada abre pelo meio (e os dois blocos desemparelham), enquanto os lados da escada se afastam.

Entretanto, novos blocos surgem para emparelhar com estes, formando degraus encadeados ao longo de vigas novas, para que surjam duas escadas novas. Feitas a partir do molde da escada inicial, são dela cópias fiéis, excepto quando há erros. Esses erros que alteram e mudam a sequência do ADN: são **mutações**, que podem ser benéficas ou prejudiciais, designando-se mutantes as estruturas biológicas (gene, célula, indivíduo) portadoras duma mutação.



As **mutações** são classificadas segundo vários critérios: tamanho; origem, grandeza ou magnitude do efeito fenotípico e do tipo celular afectado. Quanto a este último distinguem-se entre as que são mutações somáticas (dão-se e afectam células do corpo, ou somáticas) e as mutações genéticas, que se dão e afectam as células sexuais ou gâmetas, produzindo neste caso alterações hereditárias.

Proteínas - são formadas por cadeias de unidades químicas designadas Aminoácidos (AA), cujo número total é de 20. A sequência destes AA é característica de cada proteína. A primeira sequência proteica conhecida foi a da insulina. Se a informação genética está nos cromossomas, a **síntese das proteínas** dá-se no citoplasma, mais concretamente numas pequenas estruturas chamadas ribossomas.

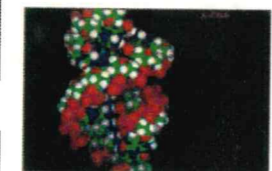


Figura 6 - Modelo da macromolécula do ácido desoxirribonucleico; aspecto de estrutura molecular e conformação espacial.

Enzimas - são proteínas essenciais no metabolismo celular, designadas como 'catalizadores biológicos'.



Figura 7 - Aspecto de maçarocas de milho com grãos de múltiplas cores na zona esquerda da figura.

Os **genomas** de todos os seres vivos consistem de ADN. Mas como excepção à regra: os vírus têm genomas que consistem de ADN ou de ARN.

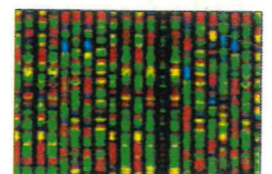


Figura 8 - Aspecto de arranjo de ADN, (em inglês: 'DNA array') com as diversas bases coloridas, fazendo lembrar 'missangas'.

Mais dados em: www.orni.gov/hgmis/publicat/tko/tko.pdf

A descoberta da estrutura do ADN (figura 6) por J. Watson e F. Crick, em 1953, foi muito importante para a Biologia e útil, na Medicina e noutras áreas, tendo aos seus autores sido atribuído um Prémio Nobel em 1962. Esta descoberta foi complementada pelos estudos de Sanger em **proteínas**. Durante algum tempo pensou-se que os aminoácidos se enfileiravam desordenadamente nas cadeias de proteína, ideia que Sanger mostrou ser errada, dado que a cada proteína correspondia uma dada e única sequência. Depois, Crick e colegas seus, repararam que devia existir uma correspondência qualquer entre a sequência das bases do ADN (A, T, C, G) e a sequência de aminoácidos duma proteína. Para decifrar estas mensagens entre ácidos nucleicos e proteínas, foi desenvolvido, uma vez mais, baseado em resultados experimentais, um **código**: lido em grupos de 3 bases no ADN - 'codões' - era transcrito (dado que usa ainda as bases A, T, C, G) em 3 bases nos ARN: mensageiro - **ARN-m** e de transferência - **ARN-t**, tripletos neste caso designados - 'anticodões' - para depois ser traduzido (dado haver passagem da linguagem de bases noutra) em aminoácidos. Este é o **código genético**. Um resumo do rumo ou caminho da informação genética é, então:

replicação **ADN** → transcrição → **ARN** → tradução → **Proteína**, tendo este ordenamento (feito por Crick) ficado conhecido por: «**Dogma central da biologia molecular**». Nessas passagens da informação genética estão envolvidas várias proteínas funcionais: as **enzimas**, que coordenam as funções vitais. O dinamismo, movimento, organização e complexidade das células são, por vezes, descritos com terminologia engraçada, como: 'ballet macromolecular', 'maquinaria' e 'orquestra' - a qual nos deve ajudar a imaginar o funcionamento das células como filmes com movimento, em vez de fotografias.

Também a ideia de que os genes estão alinhados nos cromossomas como se fossem pérolas num colar não deve ser generalizada, pois há genes que podem não se manter fixos e, portanto, terem a alcunha de '**genes saltitantes**' e o nome de '**transposões**'. Esta descoberta foi feita em milho pela geneticista Barbara McClintock na década de 1940 (e a sua importância reconhecida, 43 anos depois, pelo Prémio Nobel recebido em 1983). Ela ficara fascinada com o aspecto de maçarocas de milho com grãos de diversas cores e tonalidades e estudou a hipótese de a cor dada por um gene poder ou não ser perturbada por outro gene, que 'saltava' para junto dele e o inactivava. Este aspecto multicolorido das maçarocas de milho (figura 7) interessou também, em 1588, Jacob Theodor, (de Bergzabern -aldeia a Sul de Estrasburgo), que descreveu com detalhe estes fenótipos multicolores! Também há 'transposões' em moscas-da-fruta (**Drosophila**) e em bactérias.

Sabemos que as centenas ou milhares de genes e seus produtos - ARN (ácido ribonucleico) e proteínas - funcionam de forma ordenada num organismo vivo de modo a manter em funcionamento as células. O **genoma** duma espécie corresponde ao conjunto de toda esta informação. A obtenção do conhecimento de sequências genéticas correspondentes a essa informação, por meio de várias técnicas, chama-se '**sequenciamento do genoma**'. A figura 8 mostra uma imagem obtida numa análise ao ADN, com distinção das suas diferentes bases. Entre alguns dos genomas já sequenciados contam-se, entre os procariótas, algumas dezenas de espécies de bactérias e incluem para os eucariótas, por exemplo: *S. cerevisiae*; *C. elegans*; *A. thaliana* e muito recentemente o do **Homem -Homo sapiens!**

Para saber mais:
sobre genes em plantas e outros seres vivos - www.tigr.org
sobre biologia molecular www.argo.com (inscrição para acesso gratuito)
sobre a importância de estudar «que não se vê, mas que existe, e que influencia o que se vê», sobretudo em aspectos ligados ao mundo dos micróbios e à Medicina, ver vídeo (inglês: 'When Worlds Collide: Micro Versus Macro') em: www.hhmi.org/biointeractive/museum/exhibit99/video2.html

Fontes consultadas

CD-Rom 'Descobrir a célula', Porto Editora Multimedia (<http://www.portoeditora.pt>);

De Robertis y De Robertis(h) (1981). Biologia Celular e Molecular.(10ª ed.). Ed. 'El Ateneo', Barcelona.

Enciclopédia Visual da Ciência 'Vida', 16, Ed. Verbo.

Fraúst da Silva, J.J.R. (2001). A evolução do uso de elementos químicos por sistemas biológicos. *Química* 80: 12-26.

Gura, T. (2000). Reaping the Plant Gene Harvest. *Science* 287: 412-4. (<http://www.sciencemag.org>)

Saedler, H.; Sörlinger(1996). Preface, i-iv, in Transposable Elements, Eds Saedler, H.; Gierl, A.; Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

Stansfield, W. D.(1985). Genética. (2ª ed.), Schaum series, Ed. McGraw-Hill, Inc.

Imagens:

www.freefoto.com
<http://bioidiac.bio.uottawa.ca>
www.webshots.com
www.loats.com

Poema disponível na internet, juntamente com outros poemas em: www.isr.ist.utl.pt/~cfb/VdS/especial/gedeao.txt

Escolas Participantes

Escola Profissional de Desenvolvimento Rural de Serpa
Escola Profissional do Alto Minho Interior
Escola Profissional Agrícola do Rodo Régua
Escola de Viticultura e Enologia da Bairrada Anadia
Escola Profissional Agrícola de Torres Vedras Runa



Instituto de soldadura e qualidade

Conteúdo Científico

Dr.ª Maria Alexandra Viegas Abreu Lima - Departamento de Protecção de Plantas
EAN-INIA
Concepção Gráfica
Daniela Parchow Figueiredo - Centro de Edição - ISQ