

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

Material Didático

ROSÂNGELA WAHL DE CARVALHO

**CADERNO PEDAGÓGICO SOBRE
MATERIAL GENÉTICO**

LONDRINA – PARANÁ
2008

ROSÂNGELA WAHL DE CARVALHO

CADERNO PEDAGÓGICO SOBRE MATERIAL GENÉTICO

Material didático desenvolvido como requisito do Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE da Secretaria de Estado da Educação, na área de Ciências, com o tema Material Genético.

Orientadora: Prof^ª Lúcia Giuliano Caetano

LONDRINA – PARANÁ
2008

CADERNO PEDAGÓGICO

1 IDENTIFICAÇÃO

1.1 ÁREA: Ciências

1.2 Professor PDE: Rosângela Wahl de Carvalho

1.3 Professor Orientador IES: Lúcia Giuliano Caetano

2 TEMA

Material Genético

3 INTRODUÇÃO

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 UNIDADE I – CÉLULAS

4.2 UNIDADE II – NÚCLEO

4.2.1 Envoltório nuclear

4.2.2 Nucleoplasma

4.3 UNIDADE III – MATERIAL GENÉTICO

4.3.1 Cromatina

4.3.2 Cromossomos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caderno Pedagógico

Material Genético

3 INTRODUÇÃO

Os jornais, revistas e noticiários estão recheados de termos ligados à genética. Isso causa em nossos alunos muita curiosidade e percebemos algumas vezes que nós professores temos dificuldades para discutir esses assuntos em sala de aula.

Há décadas a humanidade busca entender suas origens, suas características genéticas, as relações entre o mundo natural e o construído pelo homem. Portanto, a ciência tem como função social orientar para a tomada de decisões com autonomia em relação a assuntos que afetam sua vida.

Todo o conhecimento científico tem uma história que foi construída através de análises que nem sempre o aluno e até mesmo o professor conseguem imaginar como esse conteúdo chegou até o material didático usado nas aulas. Ao analisarmos isso vemos a importância do estudo da história da ciência nos diferentes níveis, para que nossos alunos percebam as possibilidades e limitações do conhecimento científico.

O desenvolvimento científico e tecnológico vem criando nos educadores a necessidade de adotar modelos de ensino que atendam às modificações que a sociedade passa a exigir, pensando assim o ingresso ao PDE veio de encontro a essas expectativas, pois possibilitou a busca de novos conhecimentos e metodologias para a aprendizagem significativa.

Quando o professor utiliza os recursos que possui para as suas aulas, deveria ter conhecimento de como ele fora historicamente elaborado, quais pesquisas foram feitas, a fonte dos textos, nem sempre

temos essa noção, vamos relatar um fato que ocorreu: Quando foi proposto o tema para o nosso estudo no PDE, ficamos muito preocupadas, pois, Material Genético trabalhamos mais detalhadamente no Ensino Médio e a nossa implementação deverá ser no Ensino Fundamental. Começamos a ter aulas teóricas a respeito e, em uma das aulas, a professora Lúcia Giuliano Caetano, perguntou como nós achávamos que as fotos dos cromossomos eram tiradas e editadas no livro. Dissemos que, apesar de termos lido em alguns livros sobre a técnica, ainda tínhamos dúvidas e que provavelmente, para ficarem bem nítidas, as fotos eram obtidas através de microscópio eletrônico, mas grande foi nossa surpresa, quando ela nos explicou como era. Mais maravilhadas ficamos, ao iniciar as aulas práticas, assim colegas, convidamos a todos a entrar nesta caminhada sobre os dispositivos biológicos armazenadores das características de cada indivíduo, os **CROMOSSOMOS**.

4 DESENVOLVIMENTO

Não podemos pensar em ciência, sem tratar de sua perspectiva histórica, pois o conhecimento é uma construção humana, portanto falível e intencional, então, também é importante considerar a evolução do pensamento do ser humano, pois é a partir dele que a ciência se constrói. Nosso enfoque será o conteúdo e sua história.

4.1 UNIDADE I

□ Células

Para iniciar o estudo do material genético primeiro faz-se necessário recapitularmos a história da descoberta das células, e sua estrutura.

A invenção do microscópio trouxe uma nova dimensão para a Ciência, no século XVII, vários pesquisadores utilizaram o novo instrumento nos seus estudos, como Robert Hooke, Jan Swammerdam, Marcello Malpighi, Nehemiah Grew e Anton von Leeuwenhoek.

Robert Hooke foi o primeiro a usar o termo “célula”, nenhuma área do conhecimento escapava a seu interesse: a Física, a Química, a Paleontologia, a Astronomia, a Arquitetura, a tecnologia naval. Seu trabalho mais conhecido é o estudo da cortiça, que era composta quase que exclusivamente de ar, aprisionado em alvéolos, ou células, como ele os chamou, já que lembravam as pequenas celas em que viviam os monges de um mosteiro. Hooke não entendeu, na época, que essas células eram o remanescente de um material vivo, assim mesmo, o termo até hoje designa as pequenas unidades dos seres vivos.

Hooke iniciou o estudo da anatomia dos insetos, mostrando com detalhe, o olho múltiplo da mosca e descreveu o ferrão de uma abelha. Seu livro relatava ainda sob o ponto de vista de Hooke sobre luz e cores.

De todos os microscopistas pioneiros, não há dúvida de que o maior foi Anton von Leeuwenhoek, ele era tudo menos o que poderia chamar de cientista, foi comerciante de tecidos, provador de vinhos e até funcionário público de sua cidade. Mas possuía uma mente inteligente e curiosa, assim em suas pesquisas fez grandes descobertas, começou a fazer observações com microscópios simples, de sua própria fabricação, sua técnica de polimento das lentes aumentava a eficiência de seus instrumentos. No museu da Universidade de Utrecht ainda existe um de seus microscópios de uma só lente de cristal, que ampliam em até 270 vezes.

Leeuwenhoek, em várias cartas à Royal Society de Londres, descrevia detalhadamente seus resultados, inclusive as primeiras descrições de protozoários, de bactérias e de espermatozoides. Fez as primeiras observações detalhadas a respeito dos glóbulos vermelhos do

sangue, percebendo que eram redondos no sangue do homem e dos mamíferos, mas ovais nos peixes e nas aves, foi capaz de detectar o pequeno núcleo existente nos ovais; observou um pouco de material da placa dentária de sua boca, descrevendo os pequeninos animais, no caso as bactérias, que se moviam ativamente debaixo de suas lentes.

Assim esses pesquisadores, utilizando um instrumento novo, o microscópio, abriram o caminho para descobertas de outros cientistas, como Schleiden e Schwann, famosos pela sua teoria celular, Virchow, que entendeu que as células se reproduzem, e Pasteur, um dos primeiros a compreender o papel dos micróbios nas doenças.

Em 1830 foi fabricado o microscópio acromático composto, que contribuiu para as principais idéias da teoria celular, elaborada por Matthias Schleiden e Theodor Schwann.

Schleiden era advogado, mas tornou-se professor de botânica, definiu a célula como a unidade essencial do organismo vivo. Theodor Schwann era devotado à investigação da estrutura elementar dos tecidos animais. Estudou os ovos, inclusive os dos mamíferos, e chegou à conclusão de que eram essencialmente células.

Na metade do século XIX, o microscopista e médico Rudolf Virchow, apresentou a proposição de que as células só podiam surgir de outras preexistentes, e que são o último elo da cadeia de formações subordinadas que criam tecidos, órgãos, sistemas e indivíduos.

Como relatado anteriormente, todos os organismos são formados por células, que são as unidades fundamentais da vida, em estrutura e função. Os menores seres vivos são constituídos por uma única célula, os maiores por bilhões de células.

Existem fundamentalmente duas classes de células: procariontes (pro, primeiro, e cario, núcleo), cujos cromossomos não estão separados do citoplasma por membrana, e eucariontes (eu, verdadeiro, e

cario, núcleo), com um núcleo bem individualizado e delimitado pelo envoltório nuclear.

As bactérias são células procariontes, os vegetais e animais são constituídos por células eucariontes.

O enfoque principal neste trabalho será a célula eucarionte animal, que apresenta em sua estrutura, membrana plasmática; citoplasma e núcleo.

No citoplasma encontram-se as seguintes organelas: mitocôndrias; retículo endoplasmático; ribossomos; vacúolos; lisossomos; centríolos; complexo de Golgi.

Apresentamos uma atividade, que além de levar o aluno a compreender a estrutura celular, mostrará a noção tridimensional da célula.

Esta atividade originalmente foi realizada por um professor e publicada na revista Nova Escola – Edição de novembro de 1997, onde ele confecciona um modelo de célula tridimensional, a partir de mamão, garrafas e caixas de plástico, usando gel para representar o citoplasma.

Através de pesquisas e tentativas, construímos o nosso próprio modelo de célula tridimensional, com outros materiais.

☐ Atividade:

Célula tridimensional

☐ Materiais:

- Recipiente de plástico;
- Massa de biscoito colorida;
- Pimenta em grão;
- Glicerina sólida (para sabonete);



Massas de biscoito e grãos de pimenta

☐ Confeção:

- Modele as organelas com a massa de biscoito;
- Veja alguns exemplos de organelas modeladas em massa de biscoito;



Em lilás núcleo; em laranja complexo de Golgi; em rosa com grãos pretos retículo endoplasmático rugoso; em rosa retículo endoplasmático liso: em rosa e verde mitocôndrias; em verde centríolos; grãos pretos ribossomos; bolinhas lilás lisossomos.

OU



Em vermelho, núcleo celular; em verde, retículo endoplasmático liso e rugoso (com bolinhas lilás, que são os ribossomos); em azul mitocôndrias; em laranja centríolos; e em amarelo lisossomos.

- Depois das organelas prontas e secas, dissolva a glicerina em banho-maria, despeje na caixa ou recipiente de plástico, coloque as organelas, espere esfriar;
- Dissolva mais um pouco de glicerina e despeje por cima das organelas, até ficarem cobertas, espere esfriar e retire da caixa.



Representação de célula animal



- Esta atividade pode ser realizada na 6ª série, enfocando célula animal e vegetal;
- Na 7ª série, sugerimos que antes de mostrar o material pronto, trabalhar as organelas e fechar com a confecção da célula;
- Tanto na 7ª série como na 1ª série do Ensino Médio, a confecção pode ser feita pelos alunos e ainda utilizando outros materiais.

4.2 UNIDADE II

□ Núcleo

Conta a história que o núcleo foi descrito pela primeira vez como componente importante para a vida celular em 1831, pelo botânico escocês Robert Brown (1773-1858). Outros cientistas já haviam notado a existência dessa estrutura, mas ele foi o primeiro a reconhecê-la como componente fundamental das células. O termo “núcleo” vem do grego nux, que significa semente (Amabis, 2004).

No ano de 1866, Haeckel relatou que o núcleo celular era o principal agente responsável pela divisão das células. Mas o primeiro cientista, a descrever o processo da divisão celular mitótica foi o zoólogo alemão Anton Schneider, em 1873. O núcleo se encontra no citoplasma, ele é a estrutura que controla as atividades das células eucarióticas, como a divisão celular e suas atividades metabólicas.

Divisão celular é o processo pelo qual uma célula se transforma em duas células-filhas. As novas células são capazes de crescer e de se transformar em células idênticas à original. É a maneira pela qual, organismos unicelulares se reproduzem e as células dos organismos multicelulares se multiplicam, possibilitando o crescimento.

A divisão celular faz parte do ciclo celular; este é um período que com o surgimento da célula, a partir de uma pré-existente, e termina quando ela se divide.

O ciclo celular se divide em duas etapas: divisão celular e interfase. A divisão celular compreende a mitose (divisão do núcleo) e a citocinese (divisão do citoplasma). Quando a célula não está se dividindo, permanece em interfase, que é o período entre duas divisões celulares consecutivas.

Durante a interfase, os filamentos cromossômicos permanecem descondensados no interior do núcleo, constituindo a cromatina. Neste período a célula cresce e as moléculas de DNA dos cromossomos se duplicam, preparando a célula para a próxima divisão.

O núcleo é de grande importância para nosso trabalho, pois nele está o material genético; ele apresenta quatro componentes fundamentais:

- a) Carioteca ou envelope nuclear;
- b) Cromatina;
- c) Nucléolo;
- d) Nucleoplasma ou Cariolinfa.

No compartimento nuclear localiza-se:

- a) A cromatina;
- b) Várias classes de RNA (mensageiro, ribossômico, de transferência, pequenos);
- c) O nucléolo;
- d) Diversas proteínas.

Os elementos mencionados acima estão espalhados na matriz nuclear ou nucleoplasma.

4.2.1 Envoltório Nuclear

Nas células eucariontes, o envoltório nuclear separa o conteúdo do núcleo do citoplasma, sendo visível somente ao microscópio

eletrônico, pois sua espessura está abaixo do poder de resolução do microscópio óptico.

Tendo uma estrutura complexa, possui duas unidades de membrana, que têm cada uma delas de 5 a 6 nm de espessura e limita a cisterna perinuclear que tem entre 10 a 50 nm de espessura. Encontramos na membrana interna, na sua face nucleoplasmática, um espessamento chamado lâmina nuclear. Ainda, encontramos ribossomos ligados na face citoplasmática da membrana externa, e esta apresenta continuidade com o retículo endoplasmático rugoso.

As membranas do envoltório possuem em torno de 70% de proteínas e 30% de lipídios, por isso são chamadas lipoprotéicas.

Por possuir poros o envoltório nuclear difere-se de outras membranas biológicas, pois não é contínuo. Esses poros são formados pela fusão das membranas nucleares internas e externas, por onde transitam macromoléculas entre o núcleo e o citoplasma. Há uma variação da quantidade dos poros, que são uniformemente espaçados, de acordo com o tipo de célula e com seu estágio de funcionamento.

Os estudos feitos com microscópio eletrônico permitiram que se vissem estruturas granulares eletrodensas associadas aos poros, formando, portanto, esses conjuntos, que não são simples portas de passagens livres para as macromoléculas, mas uma via seletivamente regulada.

As macromoléculas, como o RNA e a grande maioria das proteínas, são reconhecidas pelo mecanismo seletivo e transportadas através dos poros por um processo que consome energia.

Já as moléculas menores com até 9nm de diâmetro (Junqueira & Carneiro 2004) não têm problemas para transitarem em ambos os sentidos.

4.2.2 Nucleoplasma

O nucleoplasma é uma massa incolor constituída por água, proteínas, RNAs, nucleosídeos e íons, onde encontraremos mergulhados os nucléolos e a cromatina.

- Atividade
- Visualização do Núcleo
- Materiais:

- Microscópio óptico
- Lâminas
- Lamínulas
- Espátula
- Conta gotas
- Papel absorvente
- Azul de metileno

- Realização

- Raspar células da mucosa bucal com a espátula, colocar na lâmina, pingar o azul de metileno, cobrir com a lamínula, absorver o excesso com o papel, levar para observação no microscópio.

As atividades realizadas em laboratório são de extrema importância, mas não deve ser uma mera demonstração, o aluno precisa participar ativamente, podendo preparar sua própria lâmina para observação, assim nem sempre o resultado será aquele que se espera, podendo ocorrer variações. Por isso a importância de se preparar várias lâminas e refletir com os alunos que a ciência é construída através de experimentos e que os pesquisadores sempre trabalham desta maneira.

As fotos são das atividades da mucosa bucal e da película de cebola, que com a adição do corante azul de metileno evidencia-se o núcleo.



4.3 UNIDADE III

☐ Material Genético

O material genético está na forma de cromatina na célula em interfase.

4.3.1 Cromatina

O termo **cromatina**, (do grego chromatós, cor), que significa material corável, começou a ser usado em meados do século XIX; nessa época, ao tratar células com certos corantes usados para tingir tecidos, os citologistas descobriram que o material contido no núcleo celular corava-se intensamente, destacando-se das outras partes da célula (Amabis 2004).

Como o núcleo celular é composto por: carioteca (ou envelope nuclear), cromatina, nucléolo e nucleoplasma (ou cariolíngua) então, toda parte do núcleo que cora e que pode ser observada com o auxílio do microscópio óptico é cromatina, com exceção dos nucléolos. A cromatina é constituída por DNA, proteínas histonas e proteínas não histônicas. E ainda encontra-se associada a ela, uma quantidade pequena de RNA, quando isolada.

Estudos mostram que há diferença na organização da cromatina, essas diferenças são percebidas nas fases do ciclo celular e seu grau de atividade. Ela poderá ser encontrada descompactada quando a célula encontra-se em interfase. Já ao longo da mitose, ocorre a compactação da cromatina, que produz cromossomos, síntese de DNA. Os cromossomos são, portanto a cromatina espiralizada e duplicada.

A cromatina e os cromossomos representam dois aspectos morfológicos e fisiológicos da mesma estrutura.

A cromatina possui uma estrutura básica chamada nucleossomo, constituído por 200 pares de bases de DNA envolvendo um conjunto formado de histonas nucleossômicas, H2A, H2B, H3 e H4, que se associam aos pares formando um octâmero de cerca de 10nm de diâmetro e 6nm de altura e uma molécula de H1.

As histonas têm papel extremamente importante no enrolamento da cromatina, pois são constituídas por aminoácidos carregados positivamente, o que auxilia sua união com o DNA que predominantemente possui cargas negativas.

Observado ao microscópio eletrônico a cromatina revela-se como uma estrutura semelhante a um colar de pérolas.

No núcleo interfásico percebe-se que há uma parte da cromatina de coloração muito intensa, denominada heterocromatina, encontrada num estado de compactação muito grande, não transcrevendo RNA, permanecendo, portanto, sempre inativa. e ainda, outra porção menos corada e de aspecto mais homogêneo, que chamamos de eurocromatina. Podendo ser encontrada sob duas formas: cerca de 10% da eurocromatina é ativa, ou seja, possui DNA transcricionalmente ativo (o DNA que sintetiza RNA) e o restante da eurocromatina encontra-se em um estado de condensação entre a eurocromatina transcricional ativa e a heterocromatina, sendo portanto inativa (do ponto de vista transcricional). A percepção de diferentes padrões de coloração no núcleo interfásico só foi possível a partir de observações feitas ao microscópio de luz, até então os tipos de cromatina eram identificados por seus estados de compactação.

Toda a informação genética das células é encontrada nas moléculas de DNA e chama-se genoma ao conjunto de informações genéticas depositadas nas moléculas de DNA. Desde os primeiros momentos do desenvolvimento embrionário, de qualquer ser vivo, até sua morte, todas as atividades são governadas pelas informações genéticas contidas em suas células. São essas informações que também determinam as imunidades dos seres vivos e predisposição ou não para algumas doenças.

Os nucleotídeos são as unidades que constituem o DNA e são formados por um grupo fosfato ligado a uma pentose, que por sua vez se liga a uma base nitrogenada. Em cerca de 75% do DNA de uma célula,

verifica-se que existem seqüências de nucleotídeos em cópias únicas, ou seja que não se repetem ou ainda, que se repetem poucas vezes, aí são encontrados os genes (10% do DNA), considerados como os setores funcionais do DNA.

O restante, aproximadamente os 25% que sobraram são de seqüências de nucleotídeos repetitivos, cuja função, em geral, ainda é ignorada. Embora alguns estudiosos creiam que tenham algum papel relacionado à manutenção da estrutura do cromossomo.

O material genético, portanto, tem seqüências de DNA únicas e seqüências de DNA repetidas.

Então, é importante ressaltar que o DNA somente terá expressão na célula quando está na forma de cromatina ativa, transcrevendo os diferentes tipos de RNAs. Na divisão celular o processo de transcrição é interrompido, ocorrendo somente durante a interfase.

4.3.2 Cromossomos

□ Histórico

Ao iniciarmos este trabalho nos propusemos a tratar do conteúdo e, também falar de sua história, então não podemos esquecer os pesquisadores que a construíram, pessoas, estas que dedicaram seu tempo e sua vida a desvendar caminhos desconhecidos e que muitas vezes nem tiveram o reconhecimento merecido. Mendel é um exemplo, “Infelizmente, Mendel permaneceu até a sua morte como a única pessoa que havia compreendido e apreciado o verdadeiro significado de seu trabalho” (Brown, 1999).

No fim do século XIX, surgiram as primeiras idéias sobre cromossomos, após a realização de estudos sobre mitose. Contribuições importantes foram dadas por Strasburger, em 1875 e por Flemming, de

1879-1882, este último o responsável pelo termo "mitose". Assim divisão mitótica foi melhor compreendida em animais e vegetais.

Balbani, em 1880, descobriu a existência dos cromossomos politênicos do díptero *Chironomus*, bastante comuns em insetos. Em 1881, Flemming descobriu os cromossomos plumosos nos ovócitos do anfíbio *Siredon*.

Em 1882 Flemming descobriu corpos com formatos de bastões dentro do núcleo das células, que denominou cromossomos. Embora os estudos com cromossomos tenham se tornado freqüentes, a idéia de que estavam envolvidos com herança somente surgiu em 1887, nos trabalhos de Weismann, que os introduziu na teoria de herança.

Esta incluía os seguintes pontos:

- 1) A "substância nuclear" controla a forma e a função de cada célula, e se divide (mitose) gerando produtos iguais a si.
- 2) Ovos precisam perder metade da sua "substância nuclear" no corpúsculo polar antes da fertilização, e precisam ser completados com exatamente a mesma quantidade de "substância nuclear" proveniente do espermatozóide
- 3) Pelo fato de a reprodução sexuada depender da junção dos núcleos do ovo e do espermatozóide em cada geração, é preciso que a "substância nuclear" das células germinativas de ambos, macho e fêmea, tenham sido reduzidas à metade. (Esta proposição foi formulada depois do entendimento do processo da meiose).
- 4) Não há diferenças substanciais na "substância nuclear" de células de ovos e espermatozóides.
- 5) A reprodução sexuada pode ser entendida como produtora de variabilidade entre os indivíduos, onde a seleção natural pode atuar.

A Teoria de Weismann considera todos estes pontos (passíveis de observação na natureza), mesmo tendo sido formulada com

total ignorância das leis de Mendel. Estas foram redescobertas apenas em 1900, por três cientistas: Correns, de Vries e Tschermak, em uma série de estudos de Citologia. Com o renascimento das leis de Mendel, surgiu a Teoria da herança cromossômica, que relaciona os cromossomos com as leis mendelianas de herança.

Este foi um marco para o estudo dos cromossomos, onde a Citologia e a genética passaram a sobrepor seus conhecimentos numa área posteriormente denominada

□ **Citogenética.**

Ainda no século XIX é que surgiu a desconfiança da existência dos cromossomos. Mas foi em 1903 que W. Sutton propôs que os genes se encontravam nos cromossomos, então, em 1910, T. H. Morgan e colaboradores (Calvin Bridges, Arthur Sturtevant e Hermann Muller) desenvolveram as técnicas para o mapeamento dos genes. A teoria cromossômica se estabeleceu a partir do entendimento do comportamento dos cromossomos na divisão. Uma característica que chamou a atenção dos estudiosos foi que os cromossomos eram encontrados em número sempre constante dentro das células de organismos de uma mesma espécie e que isso era passado de uma geração à outra dentro da espécie. Essa constância no número de cromossomos foi compreendida com a observação do comportamento dos cromossomos ao microscópio óptico.

As células humanas possuem 46 cromossomos e a molécula de DNA contida no nele mede cerca de 4 cm cada uma, analisando dessa maneira, percebemos que se todas essas moléculas estiverem estendidas dentro do núcleo teríamos alguns problemas, tais como: falta de espaço, comprometimento de seu funcionamento e integridade. Também nesse caso a natureza dá mostras de sua sabedoria ao resolver o problema criando um mecanismo nas células que permitem o enrolamento da molécula de DNA sobre si mesma.

Durante a interfase é quando encontramos a molécula de DNA em seu menor grau de enrolamento, e é no momento que a célula se prepara para a divisão celular, na fase chamada metáfase que a molécula está enrolada ao máximo. Isso significa dizer que os cromossomos passam de estados de maior e menor compactação.

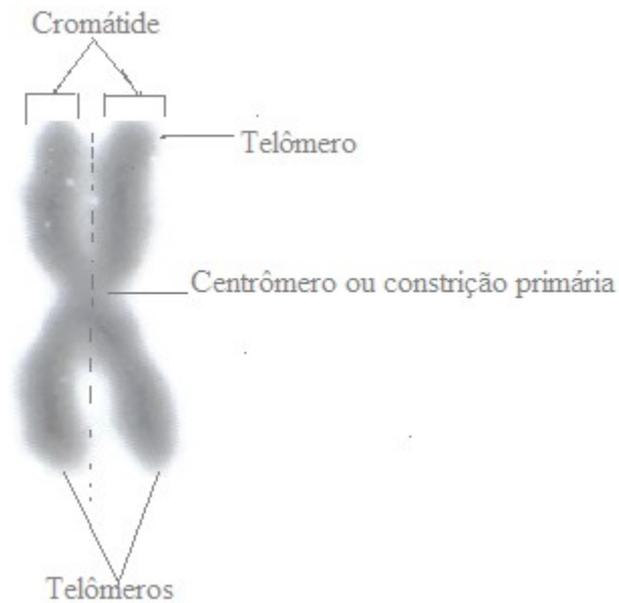
Então, na metáfase, quando os cromossomos estão altamente espiralarizados, podem ser vistos como estruturas individuais, podendo por sua vez, serem fixados e fotografados com o auxílio do microscópio óptico. Ao grupo de cromossomos organizados de acordo com regras estabelecidas pelos geneticistas, damos o nome de cariótipo.

□ **Estrutura do cromossomo**

Em cada cromossomo existem estruturas que são indispensáveis para a replicação, ou seja, para a duplicação que ocorre na molécula de DNA durante a interfase se suas proteínas associadas antes da divisão celular.

Os cromossomos metafásicos estão constituídos por dois componentes filamentosos, as **cromátides**, unidas pelo **centrômero** filamentoso (ou constrição primária). O centrômero tem um papel essencial na separação das cromátides irmãs durante a anáfase, que se segue à metáfase. Como consequência de tal separação, uma vez segregadas nas respectivas células-filhas, cada uma das cromátides se converte num cromossomo. Em alguns cromossomos, pode ser visualizada ainda uma constrição secundária outra região de condensação diferenciada no cromossomo. O segmento seccionado pela constrição secundária e anterior ao telômero (extremidade dos braços cromossômicos) é conhecido como satélite.

A presença do centrômero divide as cromátides dos cromossomos metafásicos em dois braços, em geral um mais longo que o outro. Os extremos dos braços são chamados de telômero.



□ Tipos de cromossomos

De acordo com a posição do centrômero, os cromossomos classificam-se em três grupos:



Metacêntricos: são os cromossomos cujos braços das cromátides possuem comprimentos muito parecidos, pois o centrômero acha-se numa posição mais ou menos central.



Submetacêntricos: o centrômero localiza-se de maneira em que as cromátides possuem um braço mais longo que o outro.



Acrocêntricos: são cromossomos cujos os braços menores das cromátides são muito pequenos, pois o centrômero encontra-se em uma das suas extremidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABIS, José Mariano & Martho R. Gilberto. **Biologia das células**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

BROWN, T. A. **Clonagem gênica e análise de DNA**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

_____. **Genética um enfoque molecular**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

CHASSOT, Attico. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna. São Paulo, 1994.

COOPER, M. Geoffrey. **A célula – uma abordagem molecular**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

DE ROBERTIS. **Bases da biologia celular e molecular**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

JUNQUEIRA, L. & CARNEIRO. **Biologia celular e molecular**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

GUERRA, M.. **Introdução a citogenética geral**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

_____ & Souza M. J. **Como observar cromossomos:** Um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana. Ribeirão Preto/SP: FUNPEC, 2002.

JOHN, P. **Hierarquia Cromossômica.** EDUSP, 1979.

JOHN. P. **Citogenética de populações.** EDUSP, 1980.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. **Diretrizes curriculares de ciências para a educação básica.** Curitiba, 2006.

PASTERNAK J. Jack. **Genética molecular humana.** São Paulo: Manole, 2002.

RONAN, Colin. **História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.