

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta azul ou preta.

Não é permitido o uso de corretor. Risque aquilo que pretende que não seja classificado.

Para cada resposta, identifique o grupo e o item.

Apresente as suas respostas de forma legível.

Apresente apenas uma resposta para cada item.

As cotações dos itens encontram-se no final do enunciado da prova.

**Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o grupo, o número do item e a letra que identificam a opção escolhida.**

### Grupo I

Em 1948, o químico Erwin Chargaff, usando a técnica de cromatografia em papel, foi capaz de determinar o teor dos nucleótidos de DNA em diversos tipos de células. Após dois anos de investigação, apresentou os resultados do seu trabalho, descobrindo que o DNA é composto por 4 nucleótidos distintos. Estes dados foram essenciais para Watson e Crick construírem um modelo da estrutura da molécula de DNA.

A tabela I apresenta os resultados resumidos de Chargaff.

**Tabela I.**

Fonte	Adenina	Guanina	Timina	Citosina	$\frac{A + T}{G + C}$
Esperma humano	30,9	19,1	31,6	18,4	1,62
Timo humano	30,9	19,9	29,4	19,8	1,52
Espermatozoides da estrela-do-mar	32,8	17,7	32,1	18,4	1,85
Semente de trigo	26,5	23,5	27,0	23,0	1,19
Levedura	31,3	18,7	32,9	17,1	1,79
<i>Escherichia coli</i>	26,0	24,9	23,9	25,2	1,00
<i>Diplococcus pneumoniae</i>	29,8	20,5	31,6	18,0	1,59
Bacteriófago T <sub>2</sub> (vírus)	32,5	18,2	32,6	16,7	1,86

- De acordo com os dados, é possível concluir que
  - o nucleótido de adenina é o mais abundante.
  - o DNA apresenta uma estrutura em hélice.
  - existem moléculas de DNA com apenas três nucleótidos.
  - o teor de pirimidinas é semelhante ao teor de purinas.
- A análise da tabela I permite verificar que a relação  $A + T/G + C$ 
  - é característica de cada espécie.
  - é igual, independentemente da espécie.
  - é muito distinta nas duas amostras de tecidos humanos.
  - apresenta o valor mais baixo na amostra de vírus bacteriófagos.

3. Considere as seguintes afirmações referentes ao DNA.
- I. O nucleótido de uracilo não está presente no DNA.
  - II. Uma molécula de DNA com 25% de adenina terá um teor superior de citosina.
  - III. Os nucleótidos de DNA possuem um grupo OH no carbono 2 da pentose.
- (A) II é verdadeira; I e III são falsas.  
(B) II e III são verdadeiras; I é falsa.  
(C) I e III são verdadeiras; II é falsa.  
(D) I é verdadeira; II e III são falsas.
4. O DNA pode ser distinguido do RNA por
- (A) não incorporar timina.  
(B) ser um polímero.  
(C) ser formado por nucleótidos.  
(D) armazenar informação genética nos seres eucariontes.
5. Os resultados de Chargaff, presentes na tabela I, também foram importantes para estudar a evolução dos organismos, pois permitiram verificar que os seres mais simples, como as bactérias *Escherichia coli*, possuem um
- (A) rácio A + G/T + C inferior aos seres mais complexos.  
(B) rácio A + G/T + C superior aos seres mais complexos.  
(C) teor de C-G superior aos seres mais complexos.  
(D) teor de C-G inferior aos seres mais complexos.
6. Durante a replicação,
- (A) a RNA polimerase adiciona nucleótidos de DNA à cadeia em formação.  
(B) cada cadeia parental é copiada e aparece na molécula-filha.  
(C) a DNA polimerase adiciona nucleótidos de RNA à cadeia em formação.  
(D) apenas se estabelecem novas ligações de hidrogénio.
7. Para ocorrer a replicação, são necessários
- (A) desoxinucleótidos e DNA molde.  
(B) aminoácidos e tRNA.  
(C) ribossomas e tRNA.  
(D) RNA e ribonucleótidos.
8. Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos relacionados com a transcrição do DNA, numa lógica de causa-efeito.
- A. Ocorre a quebra das pontes de hidrogénio entre as bases nitrogenadas.  
B. A molécula de DNA é aberta.  
C. A RNA polimerase liga-se ao DNA.  
D. A RNA polimerase separa-se do DNA.  
E. A RNA polimerase adiciona nucleótidos na extremidade 3' da cadeia em formação.
9. Explique em que medida a complementaridade de bases descoberta por Chargaff é essencial para manter a estrutura do DNA estável.

## Grupo II

Em 1961, os investigadores Nirenberg e Matthaei publicaram o primeiro estudo que relacionava a sequência de mRNA com a estrutura primária das proteínas, permitindo o início da descoberta do código genético. Quando aqueles investigadores adicionaram uma molécula de mRNA cujos nucleótidos continham apenas a adenina (poli-A) a uma mistura contendo todos os compostos necessário à síntese proteica, verificaram a formação de um polipéptido formado apenas por aminoácidos lisina. Quando o mRNA era poli-U, o polipéptido apenas tinha fenilalanina e, quando era poli-C, apenas tinha prolina na sua constituição.

Em 1965, Nirenberg, associado a Leber, um outro investigador, esclareceu algumas dúvidas relativas ao código genético, recorrendo a um sistema da tradução *in vitro* em que se usava extratos celulares obtidos de bactérias contendo ribossomas.

### Metodologia experimental (Nirenberg e Leber)

Aos extratos bacterianos adicionaram, em tubos diferentes, mRNA sintéticos e tRNA contendo aminoácidos marcados com carbono 14 (radioativo).

Após incubação, passaram a mistura por filtros de *nylon*, muito finos, obtendo ribossomas ligados a tRNA marcados com aminoácido radioativo e ligados aos mRNA sintéticos (fig. 1).

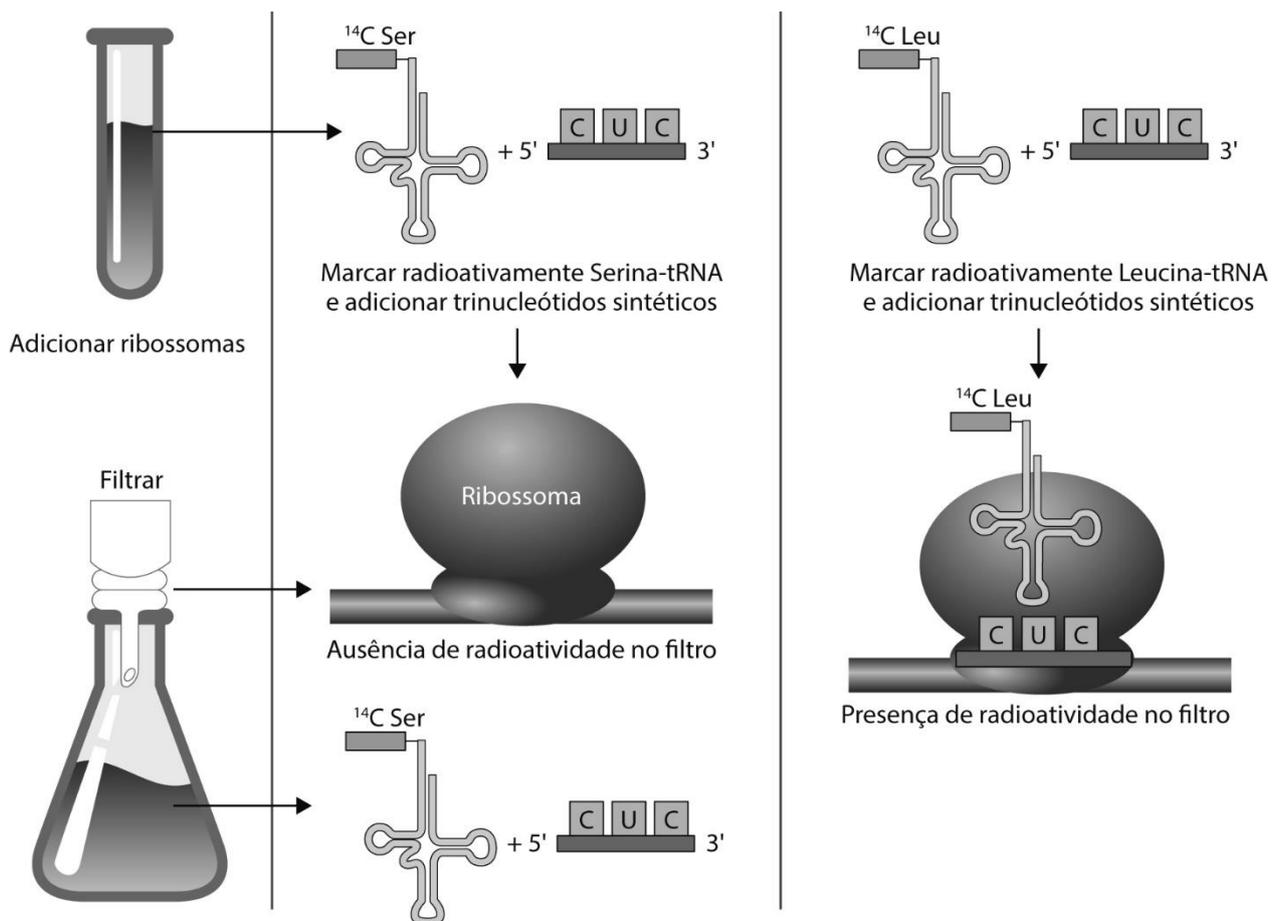


Figura 1.

Baseado em Hartwell *et al.*, *Genetics: From Genes to Genomes*, 4.<sup>a</sup> ed.

## Resultados

Para garantir que o seu protocolo experimental permitia obter RNA de transferência ligado de forma específica ao ribossoma e correspondente mRNA, Nirenberg e Leber implementaram uma experiência cujos resultados estão representados na tabela II.

**Tabela II.** Composição da mistura de reação.

Condição	Descrição	Quantidade de C14-Fen-tRNA ligado a ribossomas ( $10^{-12}$ moles)
<b>A</b>	Sem poli-U	0,12
<b>B</b>	Sem ribossomas	0 (não foi detetada radioatividade)
<b>C</b>	Sem magnésio	0,09
<b>D</b>	Sem poli-U, mas com poli-C ou poli-A	0 (não foi detetada radioatividade)
<b>E</b>	Completa	5,99

Quando Nirenberg e Leber usaram moléculas de RNA com apenas dois uracilos (UU) ou um (U), não foi detetada radioatividade nas membranas de *nylon*. Por sua vez, o uso de mRNA poli-A ou poli-C originou a retenção de ribossomas ligados a tRNA, transportando lisina ou prolina, respetivamente.

1. Indique qual das condições presentes na tabela II corresponde ao controlo experimental dos resultados apresentados.
2. Com o procedimento de Nirenberg e Leber foi possível
  - (A) estabelecer pela primeira vez a relação entre o mRNA e as proteínas.
  - (B) perceber que o tRNA reconhece o mRNA de forma específica nos ribossomas.
  - (C) refutar o dogma central da Biologia.
  - (D) comprovar pela primeira vez que a síntese proteica ocorre nos ribossomas.
3. Os dados da tabela II
  - (A) refutam as conclusões anteriores de Nirenberg e Matthaei.
  - (B) apoiam o uso do protocolo para determinar o código genético.
  - (C) mostram que a ligação entre o tRNA e o mRNA não é específica.
  - (D) indicam que os ribossomas não tiveram um papel ativo na síntese proteica.
4. Considere as seguintes afirmações referentes à experiência de Nirenberg e Leber.
  - I. O complexo constituído pelos ribossomas, o tRNA e o mRNA apenas se forma quando existem tripletos.
  - II. A variável dependente corresponde ao tipo de mRNA adicionado à tradução *in vitro*.
  - III. Não existe uma variável independente na experiência descrita.
  - (A) II é verdadeira; I e III são falsas.
  - (B) II e III são verdadeiras; I é falsa.
  - (C) I é verdadeira; II e III são falsas.
  - (D) I e III são verdadeiras; II é falsa.

5. O tRNA é um polímero formado por
- (A) replicação.
  - (B) nucleótidos com desoxirriboses.
  - (C) duas cadeias antiparalelas enroladas em hélice.
  - (D) uma cadeia em que os nucleótidos podem estabelecer pontes de hidrogénio.
6. Refira a função do mRNA.
7. O mRNA e o tRNA podem ser distinguidos
- (A) pela ribose presente nos seus nucleótidos.
  - (B) por apenas o primeiro possuir uracilo.
  - (C) por ambos terem timina.
  - (D) pela sua estrutura secundária.
8. Faça corresponder cada uma das afirmações expressas na coluna A ao respetivo termo na coluna B. Utilize cada letra e cada número apenas uma vez.

COLUNA A	COLUNA B
(a) O DNA é desenrolado e ocorre a polimerização de ribonucleótidos.	(1) Tradução
(b) Ocorre o estabelecimento de ligações peptídicas.	(2) Processamento do pré-mRNA
(c) Excisão dos intrões.	(3) Transcrição
	(4) Replicação
	(5) Migração do mRNA

9. Explique a importância, para a validade dos resultados, de não ser detetada radioatividade nas membranas de *nylon* na condição B.

### Grupo III

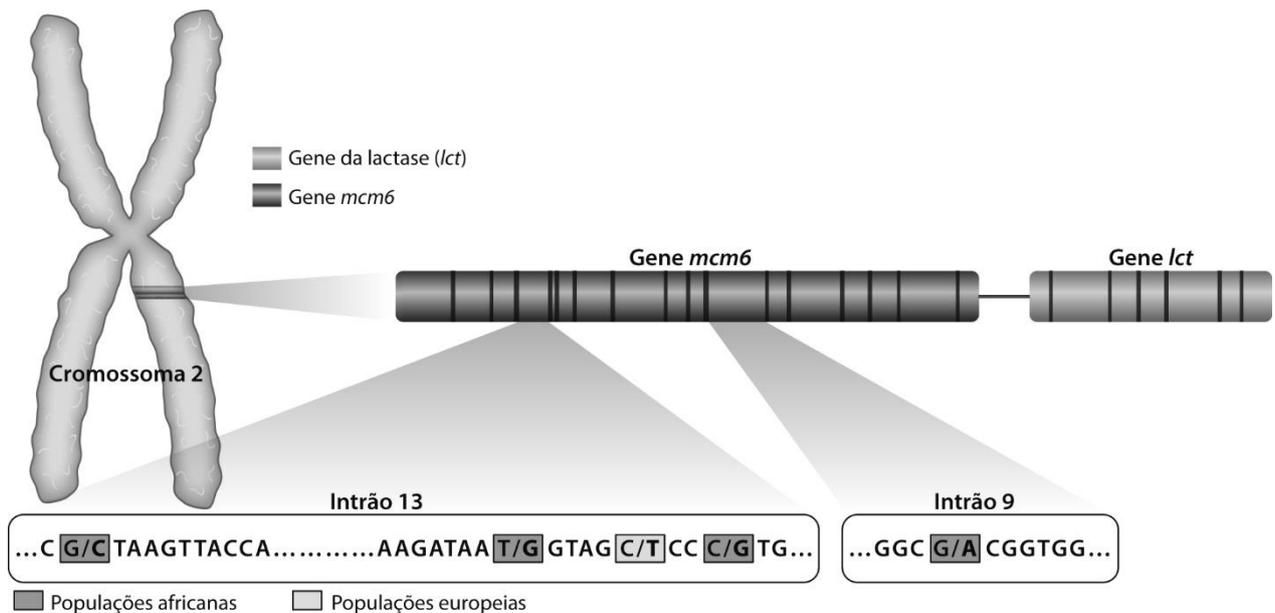
Os recém-nascidos da nossa espécie possuem a capacidade de digerir a lactose que se encontra de forma abundante no leite materno. Para tal, o gene *lct*, que se encontra no cromossoma 2, é ativado e resulta na produção de lactase, uma enzima que se encontra associada à membrana plasmática das células das microvilosidades intestinais e que reconhece a lactose presente no intestino, degradando-a em glicose e em galactose.

Contudo, a maioria dos indivíduos perde a capacidade de degradar a lactose em resultado da inativação do gene, uma vez que as sociedades mais primitivas não ingeriam leite a partir da infância.

A acumulação de lactose no sistema digestivo sem ser digerida pode provocar, em alguns indivíduos, o crescimento de microrganismos que perturbam o funcionamento do sistema digestivo, criando desconforto.

Mutações recentes, que ocorreram há cerca de 10 000 anos em populações humanas africanas e no Norte da Europa, conferiram a possibilidade de manter o gene *lct* sempre ativo, resultando na manutenção da capacidade de digerir a lactose, mesmo durante a fase adulta.

As mutações foram mapeadas, tendo-se determinado que se localizavam numa região reguladora do gene, antes da sua sequência codificante, e que facilitam a ligação da RNA polimerase. Os investigadores descobriram que essas mutações se encontram nos intrões do gene *mcm6*, adjacente ao gene *lct* (fig. 2).



**Figura 2.** Localização das mutações no intrão 13 do gene *mcm16* que aumentam a expressão do gene *lct*.

Baseado em Paul Strode. *The making of the Fittest: Got Lactase? The Co-evolution of Genes and Culture*. [Consult. em outubro de 2018]. Disponível em [www.biointeractive.org](http://www.biointeractive.org)

- Uma mutação génica
  - apenas pode ser introduzida durante a replicação.
  - corresponde a uma alteração na sequência polinucleotídica.
  - confere sempre desvantagem ao organismo portador.
  - não pode ser causada por agentes externos.
- A manutenção da capacidade de digerir a lactose em adulto resulta
  - de um aumento da taxa de transcrição.
  - de uma diminuição da taxa de transcrição.
  - de um aumento da taxa de replicação.
  - de uma diminuição da taxa de replicação.
- É possível afirmar, relativamente aos dados fornecidos, que as mutações estudadas
  - afetam a estrutura da proteína.
  - se encontram em regiões génicas não codificantes.
  - impedem o transporte da enzima lactase para o tubo digestivo.
  - impedem a transcrição do gene *lct*.
- Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos relacionados com a produção da enzima lactase nos indivíduos adultos portadores das mutações.
  - O mRNA processado migra para o citoplasma.
  - As mutações permitem a ligação da RNA polimerase.
  - A lactase sofre maturação e é incluída em vesículas do complexo de Golgi.
  - Transporte da lactase para as membranas plasmáticas.
  - Os ribossomas associam-se ao retículo endoplasmático.

5. Um investigador comparou a sequência aminoacídica da lactase presente em indivíduos sem a mutação e em indivíduos portadores da mutação, não tendo detetado diferenças. Explique estes resultados com base no mapeamento das mutações apresentado.
6. O gene *mcm6* codifica informação para sintetizar uma proteína que pertence a um complexo proteico que funciona como helicase. Estas enzimas ligam-se ao DNA e provocam o seu desenrolar durante a replicação.

Analise a seguinte sequência nucleotídica do gene *mcm6*, que codifica alguns aminoácidos importantes na ligação a outras proteínas e ao DNA, e tenha em conta o código genético fornecido na tabela III.

3' TGG TAA TTG AAG GAA 5'

Tabela III.

Código genético			
Aminoácido	Sequência de bases do RNA	Aminoácido	Sequência de bases do RNA
Alanina	GCU, GCC, GCA, GCG	Lisina	AAA, AAG
Arginina	CGU, CGC, CGA, CGU, AGA, AGG	Metionina	AUG
Asparagina	AAU, AAC	Fenilalanina	UUU, UUC
Ácido aspártico	GAU, GAC	Prolina	CCU, CCC, CCA, CCG
Cisteína	UGU, UGC	Serina	UCU, UCC, UCA, UCG
Glutamina	CAA, CAG	Treonina	ACU, ACC, ACA, ACG
Ácido glutâmico	GAA, GAG	Triptofano	UGG
Glicina	GGU, GGC, GGA, GGG	Tirosina	UAU, UAC
Histidina	CAU, CAC	Valina	GUU, GUC, GUA, GUG
Isoleucina	AUU, AUC, AUA	Terminação	UAA, UAG, UGA
Leucina	UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG	Iniciação	AUG

- 6.1. Determine a sequência de aminoácidos codificada.
- 6.2. Relativamente a uma mutação que afete o tripleto sublinhado, é possível afirmar que  
**(A)** o terceiro nucleótido é mais específico na determinação do aminoácido codificado.  
**(B)** uma única mutação não torna o tripleto num codão de finalização.  
**(C)** a substituição do nucleótido de guanina por citosina demonstra a redundância do código genético.  
**(D)** a substituição do nucleótido de guanina por citosina revela a ambiguidade do código genético.
- 6.3. O gene *mcm6* representado na figura 2 pertence a um organismo eucarionte, uma vez que  
**(A)** é formado por nucleótidos de DNA.  
**(B)** sofre transcrição para formar mRNA.  
**(C)** possui intrões na sua sequência.  
**(D)** está incluído num cromossoma com muitos genes.
- 6.4. As mutações podem não afetar a estrutura e função das proteínas.  
 Relacione este facto com uma das propriedades do código genético.

## Grupo IV

As leveduras são seres eucariontes unicelulares ideais para estudar os processos de divisão celular.

Observe o gráfico seguinte que representa a variação do número de células de levedura numa cultura de laboratório e as modificações no teor de DNA da cultura de laboratório ao longo de seis horas. Os investigadores verificaram que as leveduras sofreram apenas divisões mitóticas.

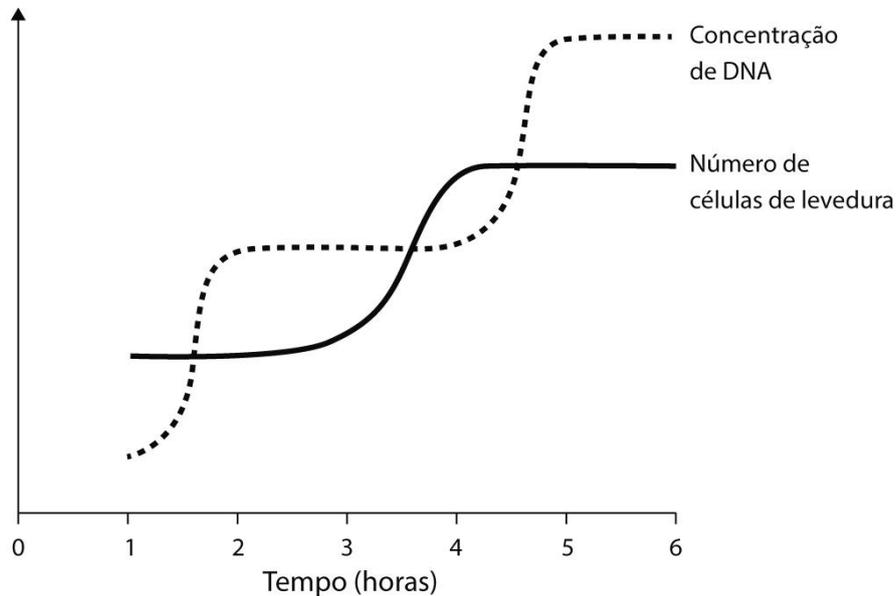


Figura 3.

- As leveduras são usadas para estudar a mitose, uma vez que
  - são capazes de se dividir rapidamente e em condições laboratoriais.
  - não possuem núcleo, facilitando a observação das células.
  - o seu material genético não está organizado em cromossomas.
  - o material genético não é replicado antes de ocorrer a divisão celular.
- Entre 2 e 3 horas após o início da experiência, é possível afirmar que
  - estaria a ser finalizada uma divisão celular.
  - os cromossomas estariam a migrar para os polos das células-filhas.
  - os cromossomas serão formados por dois cromatídios.
  - a replicação ainda estaria a decorrer.
- Ao fim de 6 horas de crescimento,
  - cada célula de levedura possui metade do material genético inicial.
  - as células de levedura mantiveram a sua informação genética.
  - os cromossomas são formados por mais do que duas cópias de DNA.
  - as células deixaram de se dividir, pois esgotaram os nutrientes presentes no meio.
- A divisão mitótica das plantas distingue-se dos animais por
  - se formar uma estrutura resultante da acumulação de vesículas golgianas.
  - os cromossomas se associarem ao fuso acromático pelos centrómeros.
  - manter a valência nuclear no final da divisão.
  - ocorrer a desintegração do invólucro nuclear e condensação da cromatina.

5. Faça corresponder cada uma das afirmações expressas na coluna A ao respetivo termo, na coluna B. Utilize cada letra e cada número apenas uma vez.

COLUNA A	COLUNA B
<p>(a) Os cromossomas descondensam e o invólucro nuclear reorganiza-se.</p> <p>(b) Os cromossomas atingem o máximo da condensação.</p> <p>(c) Divisão dos organelos e intensa atividade metabólica, em que a célula contém cromossomas formados por dois cromatídios.</p>	<p>(1) Metáfase</p> <p>(2) Fase G1</p> <p>(3) Telófase</p> <p>(4) Fase G2</p> <p>(5) Anáfase</p>

6. Mencione três características que distingam a prófase da metáfase.

7. Quando as culturas de leveduras são expostas a agentes químicos que impedem a formação do fuso acromático, as leveduras não concluem a divisão mitótica. Explique este facto.

FIM

### COTAÇÕES

Grupo	Item									
	Cotação (pontos)									
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10
II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10
III	1	2	3	4	5	6.1	6.2	6.3	6.4	
	5	5	5	5	10	5	5	5	10	55
IV	1	2	3	4	5	6	7			
	5	5	5	5	5	10	10			45
<b>TOTAL</b>										<b>200</b>