

## Biologia Molecular: CARBOIDRATOS

## CONCEITOS INICIAIS

Os **carboidratos** (glicídios ou sacarídeos) são as fontes primárias para produção de energia nas células, além de exercerem inúmeras funções estruturais e metabólicas nos organismos vivos. São substâncias que contêm carbono, hidrogênio e oxigênio de acordo com a fórmula geral  $C_x(H_2O)_y$ , onde  $x \geq 3$  e ocorrem como compostos simples e complexos. São poliidroxi aldeídos ou poliidroxi cetonas, ou ainda, substâncias que por hidrólise formam aqueles compostos. São classificados como: **monossacarídeos**, **dissacarídeos**, e **polissacarídeos** de acordo com o número de unidades de açúcares simples que contém. Os carboidratos ligados covalentemente a proteínas e lipídeos são denominados glicoconjugados e estão distribuídos em todos os seres vivos, mais notadamente entre os eucariontes. Alguns carboidratos (ribose e desoxirribose) fazem parte da estrutura dos nucleotídeos e dos ácidos nucléicos.

Os carboidratos também participam de vários processos biológicos como a transdução de sinal, interações célula-célula e endocitose que envolvem tanto os glicoconjugados como as glicoproteínas, os glicolipídeos ou as moléculas de carboidratos livres.

Os carboidratos são formados de pequenas moléculas chamadas **oses**\*.

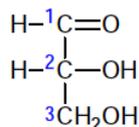
**Oses**, também chamados de monossacarídeos, que são os glicídios mais simples, como a **glicose**, a **frutose**, a **galactose**, a desoxirribose e a ribose, não podendo ser quebrados em açúcares menores;

**Osídeos**, que são os glicídios mais complexos, sendo formado por oses e podendo ser quebrados em glicídios menores, podendo ser classificados em oligossacarídeos, formados por de 2 a 10 monossacarídeos, como a sacarose, e polissacarídeos, formados por mais de 10 monossacarídeos, como o amido, a celulose e a quitina.

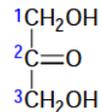
Alguns autores preferem não usar o **termo açúcar** para todos os glicídios, chamando de açúcares **apenas os monossacarídeos e os dissacarídeos** (oligossacarídeos formados por 2 unidades de monossacarídeos, como a sacarose formada por glicose e frutose). No entanto, trata-se de um padrão de conceito acadêmico.

## OS MONOSSACARÍDEOS COMO BLOCO ESTRUTURAL OU ENERGÉTICO

Os monossacarídeos (oses ou açúcares simples) são as **unidades básicas dos carboidratos**. São constituídos por uma unidade de poliidroxi aldeído ou de poliidroxi cetona contendo **três a nove átomos de carbono**, sendo o principal combustível para a maioria dos seres vivos. Os monossacarídeos mais simples são as trioses (três átomos de carbono): **gliceraldeído** e **diidroxiacetona**.



Gliceraldeído



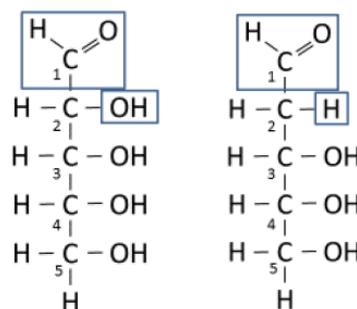
Diidroxiacetona

Os monossacarídeos são classificados de acordo com a natureza química do grupo carbonila e pelo número de seus átomos de carbono. Os que têm grupos aldeídicos são aldoses e os que têm grupos cetônicos, formam as cetoses. Os monossacarídeos são os **blocos constitutivos** — os **monômeros** — a partir dos quais as células vivas constroem os dissacarídeos, os polissacarídeos e outros carboidratos essenciais. Além disso, o monossacarídeo **glicose** é a forma pela qual os açúcares são transportados no sistema circulatório dos seres humanos e de outros animais vertebrados. Conforme o monossacarídeo possua 3, 4, 5, 6 ou 7 carbonos em sua composição, seus nomes genéricos serão respectivamente: **triose**, **tetrose**, **pentose**, **hexose** ou **heptose**. Destacam-se neste grupo as **pentoses** e as **hexoses**.

## PENTOSSES

Como pentoses, destacamos a **ribulose** (papel energético no ciclo de Calvin-Benson), a **ribose** e a **desoxirribose**, estas últimas desenvolvendo função estrutural na composição dos ácidos nucleicos. A desoxirribose não se apresenta respeitando a fórmula geral por possuir um átomo de oxigênio a menos:  $C_5H_{10}O_4$ , o que justifica o termo "desoxi".

Como os átomos de oxigênio são centros reativos na molécula de pentose, o fato de a desoxirribose no DNA ter menos átomos de oxigênio que a ribose no RNA é uma das justificativas para o DNA ser menos reativo e mais estável que o RNA.

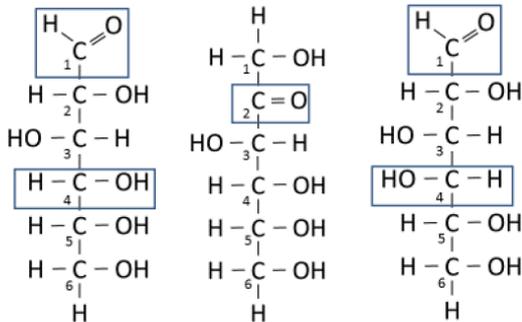


À esquerda, ribose, e à direita, desoxirribose. Observe o carbono 1 de ambas com um grupo aldeído, o carbono 2 da ribose com um grupo hidroxila e o carbono 2 da desoxirribose com um hidrogênio no lugar da hidroxila, justificando o nome desoxirribose.

## HEXOSSES

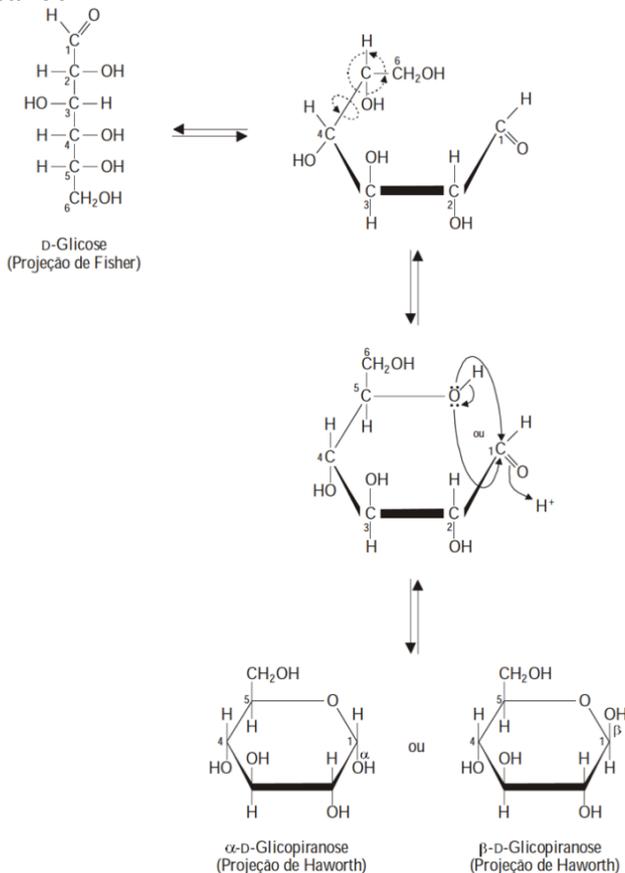
Como hexoses, temos importantes monossacarídeos que desenvolvem papéis energéticos, como a **glicose** (também chamada dextrose), a **galactose** e a **frutose** (conhecida também como levulose). Estas obedecem à fórmula geral:  $C_6H_{12}O_6$ .

Como todas as hexoses têm fórmula  $C_6H_{12}O_6$ , são consideradas **isômeros**, ou seja, possuem fórmula molecular idêntica, mas fórmula estrutural diferente. Glicose e frutose são isômeros funcionais, uma vez que glicose é aldeído e frutose é cetona, enquanto que glicose e galactose são isômeros espaciais, uma vez que ambas são aldeídos e diferem apenas na posição espacial da hidroxila do carbono 4.



Da esquerda para a direita, glicose, frutose e galactose. Observe o carbono 1 da glicose e da galactose com um grupo aldeído e o carbono 2 da frutose com um grupo cetona. Observe o carbono 4 da glicose e da galactose com o grupo hidroxila com uma orientação espacial diferente.

Em solução aquosa menos de 1% das aldoses e cetoses se apresentam como estruturas de cadeia aberta (acíclica) mostradas nas figuras acima. Os monossacarídeos com cinco ou mais átomos de carbono **ciclizam-se**, formando anéis pela reação de grupos alcoólicos com os grupos carbonila dos aldeídos e das cetonas para formar hemiacetais e hemicetais, respectivamente. A **reação de ciclização intramolecular** torna os monossacarídeos moléculas mais estáveis.

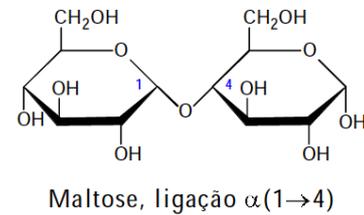


**Ciclização da D-glicose** com formação de duas estruturas cíclicas de glicopiranoose. A projeção de Fisher (no alto à esquerda) é rearranjada em uma representação tridimensional (no alto à direita). A rotação da ligação entre C4 e C5 aproxima o grupo hidroxila em C5 do grupo aldeído em C1 para formar uma ligação hemiacetal, produzindo dois estereoisômeros, os anomeros e que diferem na **posição da hidroxila do C1** (no anomero o grupo OH é representado para baixo e no anomero o grupo OH é representado para cima). As formas glicopiranosídicas são mostradas como projeção de Haworth, nas quais as ligações mais escuras do anel são projetadas à frente do plano do papel e as ligações mais claras do anel são projetadas para trás.

### OS DISSACARÍDEOS COMO FORMA DE TRANSPORTE NOS SERES VIVOS

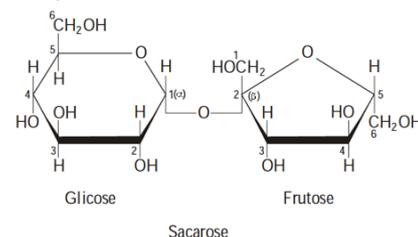
Quando ligados entre si por uma **ligação glicosídica**, (formada por um grupo hidroxila de uma molécula de açúcar com o átomo de carbono anomérico de outra molécula de açúcar) os monossacarídeos formam uma grande variedade de moléculas. Os dissacarídeos são glicosídeos compostos por dois monossacarídeos (como a **maltose**, a **lactose** e a **sacarose**). Os oligossacarídeos são polímeros relativamente pequenos que consistem de dois a dez (ou mais) monossacarídeos. Assim, os dissacarídeos representam importante grupo de oligossacarídeos.

A **maltose** é obtida de hidrólise do amido e consiste de dois resíduos de glicose em uma **ligação glicosídica  $\alpha$ , 1-4** onde o C1 de uma glicose liga-se ao C4 de outra glicose. O segundo resíduo de glicose da maltose contém um átomo de carbono livre (C1).



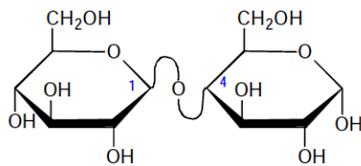
A maltose (também conhecida como **maltodextrina**) é resultado da hidrólise de moléculas poliméricas como o amido, sendo encontrada em cereais como a cevada e o trigo. Ela é frequentemente relacionado a suplementação energética de atletas pois possibilita restaurar o glicogênio hepático e muscular consumido durante os exercícios.

A **sacarose** (açúcar comum extraído da cana) é constituída pela união de uma  $\beta$ -D-**glicose** com a D-**frutose**, pela ligação glicosídica  $\alpha,\beta(1 \rightarrow 2)$  indicando que a ligação ocorre entre os carbonos anoméricos de cada açúcar (C1 na glicose e C2 na frutose).



A sacarose é a forma pela qual o açúcar é transportado na maioria das plantas, isto é, das células fotossintetizantes (principalmente nas folhas) no qual ele é produzido, para outras partes do corpo da planta. A sacarose que consumimos do dia-a-dia é comercialmente obtida dos caules da cana de açúcar e das raízes espessadas de beterraba.

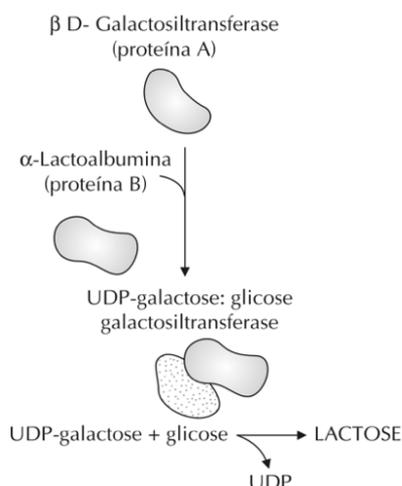
A **lactose** é encontrada apenas no leite, sendo formada pela união do C1 da  $\beta$ -D-galactose com o C4 da D-glicose, numa ligação glicosídica  $\beta(1\rightarrow4)$ .



Lactose, ligação  $\beta(1\rightarrow4)$

A lactose é sintetizada pela **lactose sintase** (UDP-galctose:glicose galactosiltransferase), a qual transfere a galactose da UDP-galactose à glicose, liberando UDP. Esta enzima é composta de duas proteínas, A e B. A proteína A é uma beta-D-galactosil transferase, sendo encontrada em uma série de tecidos corporais. Em outros tecidos que não a glândula mamária em lactação, esta enzima transfere a galactose da UDP-galactose para a N-acetil-D-glicosamina, formando a mesma ligação beta-(1  $\rightarrow$  4) encontrada na lactose e produzindo N-acetil-lactosamina, um componente das glicoproteínas com ligação N, estruturalmente importantes. A proteína B, ao contrário, é encontrada somente nas **glândulas mamárias em fase de lactação**. Ela é uma alfa-lactoalbumina, sendo encontrada em grande quantidade no leite.

Antes e durante a gestação, a glândula mamária sintetiza N-acetil-lactosamina. Durante a gestação, o hormônio esteróide **progesterona** inibe a síntese da proteína B. Após o parto, os níveis de progesterona caem significativamente, estimulando a síntese do hormônio peptídeo **prolactina**, o qual, por sua vez, estimula a síntese de alfa-lactoalbumina (proteína B).



## INTOLERÂNCIA À LACTOSE

Má absorção ou má digestão de lactose é a diminuição na capacidade de **hidrolisar a lactose**, que é resultante da hipolactasia. A **hipolactasia** significa diminuição da atividade de enzima lactase na mucosa do intestino delgado, também denominada recentemente de "**lactase não persistente**". O aparecimento de sintomas abdominais por má absorção de lactose caracteriza a **intolerância à lactose**. A má absorção de lactose nem sempre provoca sintomas de intolerância à lactose. Após o desmame, ocorre uma redução geneticamente programada e irreversível da atividade da lactase na maioria das populações do mundo, cujo mecanismo é desconhecido, resultando em má absorção primária de lactose. Porém, a hipolactasia também pode ser secundária a doenças que causem dano na borda em escova da mucosa do intestino delgado ou que aumentem significativamente o tempo de trânsito intestinal, como nas enterites infecciosas, giardíase, doença celíaca, doença inflamatória intestinal (especialmente doença de Crohn), enterites induzidas por drogas ou radiação, doença diverticular do cólon e anemia (estudo em ratos, mostrando diminuição na expressão gênica). Diferentemente da hipolactasia primária do adulto, a hipolactasia secundária é transitória e reversível.

Assim, existem **três formas** mais comuns de **intolerância à lactose**, que pode ser por:

- **deficiência genética da produção da enzima lactase**, sendo a forma mais rara da doença;
- **deficiência primária pela diminuição natural e progressiva da produção da enzima lactase** a partir da adolescência até o fim da vida, sendo a forma mais comum da doença;
- **deficiência secundária pela diminuição na produção da enzima lactase devido a outras doenças intestinais**, como a alergia à caseína, principal proteína do leite, sendo reversível com o controle do quadro alérgico, ou mesmo por diarreias persistentes que levam à perda das células intestinais que produzem a lactase, sendo reversível com a posterior renovação de tais células.

### Resumindo:

Dissacarídeo	Unidades formadoras	Fonte	Papel biológico
Sacarose	Glicose + frutose	Cana e beterraba	Energético
Maltose	Glicose + glicose	Cereais	Energético
Lactose	Glicose + galactose	Leite	Energético

### Metabolismo da Galactose e Galactosemia Clássica

A principal fonte dietética de galactose é a lactose (galactosil beta-1,4-glicose), obtida do **leite** e **laticínios**. A digestão da lactose pela beta-galactosidase (lactase) das células da membrana da mucosa intestinal foi discutida. Uma parte da galactose também pode ser obtida pela degradação lisossômica de carboidratos complexos como as glicoproteínas e glicolípídeos, os quais são importantes componentes da membrana, bem como pela degradação das

próprias células corporais. Assim como a frutose, a entrada da galactose nas células *não é dependente de insulina*. Assim como a frutose, a D-galactose deve ser fosforilada antes que possa ser subsequenteiramente metabolizada. A maioria dos tecidos possui uma enzima específica para este fim, a galactocinase, a qual produz galactose 1-fosfato. O ATP é o doador de fosfato.

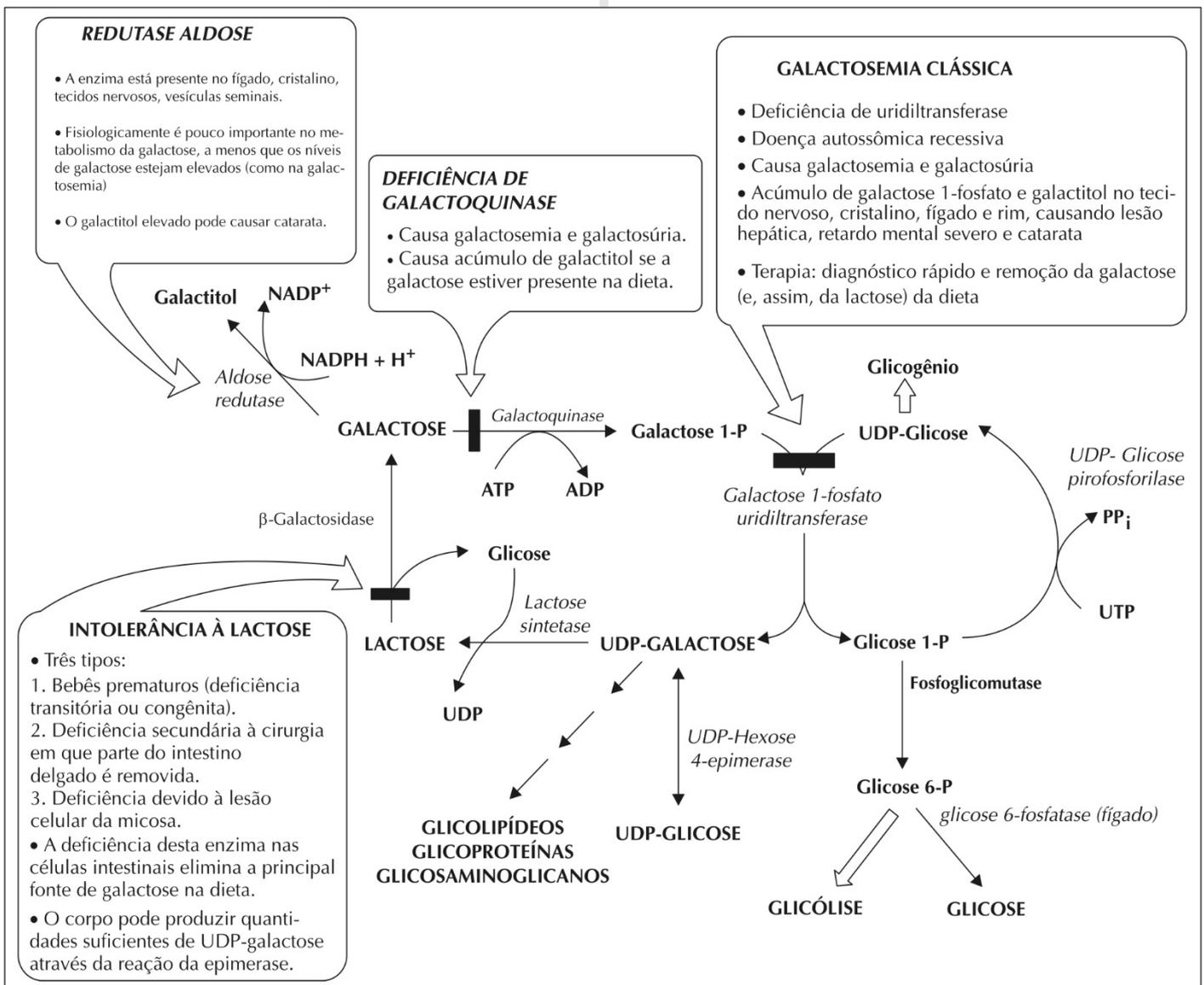
A galactose 1-fosfato não pode entrar na rota glicolítica, a menos que seja primeiramente convertida em UDP-galactose. Isto ocorre em uma reação de troca, na qual o UMP é removido da UDP-glicose (deixando como resultado glicose 1-fosfato) e transferido à galactose 1-fosfato, produzindo UDP-galactose. A enzima que catalisa esta reação, a *glicose 1-fosfato galactose 1-fosfato uridiltransferase*, está ausente em indivíduos com **galactosemia clássica**. Se esta enzima está ausente, a **galactose se acumula nas células**. As conseqüências fisiológicas são similares àquelas encontradas na intolerância essencial à frutose, mas um espectro mais amplo de tecidos é afetado. A galactose acumulada é desviada para rotas colaterais, como a da produção de galactitol. Esta reação é

catalisada pela mesma enzima, *aldose redutase*, que converte a glicose em sorbitol.

Por ser uma doença genética, a **galactosemia** não tem cura, sendo o tratamento feito pela exclusão da galactose da dieta, de modo que o indivíduo galactosêmico não deve ingerir leite e derivados. O leite de soja pode ser usado sem problemas porque, como não tem origem em mamíferos, não contém lactose e, conseqüentemente, galactose em sua composição.

Quanto mais cedo foi diagnosticada a doença, menor o risco de sequelas, uma vez que a exclusão tardia do leite e de seus derivados da dieta pode não evitar problemas neurológicos com efeitos permanentes, como problemas de fala, aprendizagem e coordenação motora.

O diagnóstico da doença é feito através do "**teste do pezinho**" ou **triagem neonatal**.



## POLISSACARÍDEOS

Os **polissacarídeos** (ou glicanos) são formados por longas cadeias de unidades de monossacarídeos unidas entre si por ligações glicosídicas. São insolúveis em água e não tem sabor nem poder reductor. São classificados como:

**Homopolissacarídeos (homoglicanos)** contêm apenas um único tipo de monossacarídeo, por exemplo, amido, glicogênio e celulose.

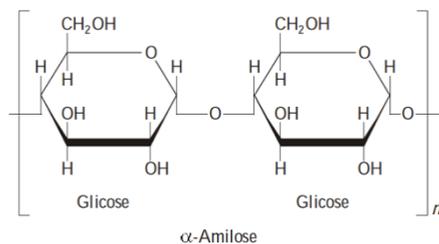
**Heteropolissacarídeos (heteroglicanos)** contêm dois ou mais tipos diferentes de monossacarídeos, por exemplo, ácido hialurônico, condroitina sulfato, dermatana sulfato e heparina.

Alguns polissacarídeos têm função de **reserva**, enquanto outros têm função **estrutural**; alguns polissacarídeos são tipicamente encontrados em animais, enquanto outros são tipicamente encontrados em vegetais.

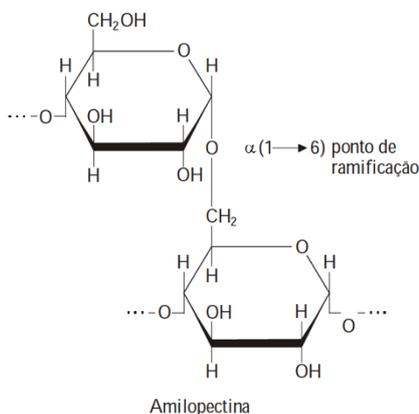
### Polissacarídeos de Reserva (Polímeros de $\alpha$ -glicoses)

O **amido** é um homopolissacarídeo depositado nos cloroplastos das células vegetais como grânulos insolúveis. É a forma de armazenamento de glicose nas plantas e é empregado como combustível pelas células do organismo. É constituído por uma mistura de dois tipos de polímeros da glicose:

A **Amilose** é um polímero de cadeia longa de resíduos de  $\alpha$ -glicose unidos por ligações glicosídicas  $\alpha$ , (1→4).

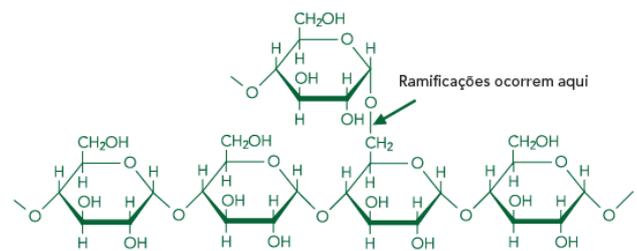


A **Amilopectina** é uma estrutura altamente ramificada formada por resíduos de  $\alpha$ -glicose unidos por ligações glicosídicas  $\alpha$ , (1→4), mas, também, por várias ligações  $\alpha$ , (1→6) nos pontos de ramificação, que ocorrem entre cada 24-30 resíduos.



O **Glicogênio** é a mais importante forma de polissacarídeo de **reserva** da glicose das **células animais**. A estrutura do glicogênio assemelha-se à da amilopectina, exceto pelo maior número de ramificações que ocorrem em intervalos de 8-12 resíduos de glicose (na amilopectina os intervalos das ramificações são de 24-30 resíduos de glicose). Essa estrutura altamente ramificada, torna suas unidades de glicose **mais facilmente mobilizáveis** em períodos de necessidade metabólica. O glicogênio está presente principalmente no músculo esquelético e no fígado, onde ocorre na forma de grânulos citoplasmáticos.

### Amido e glicogênio



Glicogênio e amido são polímeros de glicose com ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4. Ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,6 produzem ramificação no carbono 6.

	Amilose	Amilopectina	Glicogênio
Unidades monoméricas	D-glicose	D-glicose	D-glicose
Peso molecular	4.000 → 500.000	50.000 → $16 \times 10^6$	50.000 → $n \times 10^6$
Tipo de polímero	Linear	Ramificado	Ramificado
Pontos de ramificação	–	24–30 resíduos de glicose	8–12 resíduos de glicose
Ligações glicosídicas	$\alpha$ (1→4)	$\alpha$ (1→4), $\alpha$ (1→6)	$\alpha$ (1→4), $\alpha$ (1→6)

## GLICOGENOGÊNESE E GLICOGENÓLISE

A **glicogênese** (glicogenogênese) é a síntese intracelular do glicogênio. O glicogênio é um polissacarídeo composto de unidades repetidas de  $\alpha$ -glicoses unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$ , (1→4) com ramificações formadas por ligações  $\alpha$ , (1→6) a cada 8 a 14 resíduos. Constitui a principal forma de reserva de polissacarídeos nos tecidos animais.

O glicogênio é sintetizado em quase todos os tecidos animais, mas os maiores depósitos estão presentes no **fígado** e **músculos esqueléticos**. O glicogênio é armazenado em grânulos intracelulares que também contêm as enzimas que catalisam as reações para a sua síntese e degradação. A **insulina** é um hormônio anabólico que favorece majoritariamente processos de síntese. A insulina estimula o acúmulo de glicogênio através do aumento do transporte de glicose no músculo e síntese de glicogênio em fígado e músculo, através da desfosforilação da enzima glicogênio sintetase. No geral, a ação resultante de todos os efeitos da insulina no organismo é a redução do nível de glicose sanguíneo, sendo considerado um hormônio **hipoglicemiante**.

A glicose armazenada sob a forma de glicogênio no fígado e músculos destinam-se a diferentes funções:

**Glicogênio hepático:** Atua como reservatório de glicose para a corrente sanguínea com a distribuição para outros tecidos. A quantidade de glicogênio hepático varia amplamente em resposta à ingestão de alimentos. Acumula após as refeições e, quando necessário, é degradado lentamente para manter a concentração de glicose no sangue mais ou menos constante. As reservas de glicogênio hepático no homem apresentam importante papel como fonte de glicose no período entre as refeições e, em maior extensão, durante o **jejum noturno** (isto é, 8-16 horas).

**Glicogênio muscular:** Serve como combustível para gerar ATP durante a atividade muscular aumentada. É formado durante o repouso após as refeições. Os níveis de glicogênio muscular apresentam menor variabilidade do que os teores hepáticos em resposta a ingestão de carboidratos.

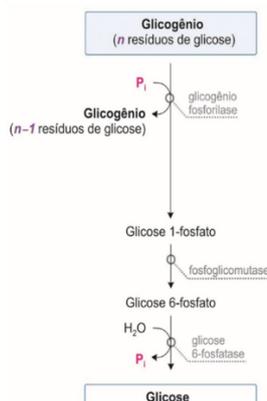
O glicogênio muscular somente pode ser utilizado pela própria fibra muscular, de modo que a **glicogenólise** fornece glicose apenas como fonte de energia para a atividade muscular, não podendo promover aumento da glicemia (ou seja, aumento nos níveis sanguíneos de glicose). O glicogênio hepático pode fornecer glicose para o sangue, elevando a glicemia e disponibilizando a glicose de modo sistêmico.

### Por que o glicogênio hepático pode ser usado na regulação da glicemia e o glicogênio muscular não?

A **glicogenólise** se inicia pela enzima *fosforilase do glicogênio* ou *glicogenase*, que promove a degradação do glicogênio celular em um composto denominado glicose-1-fosfato, o qual é convertido pela enzima fosfoglicomutase em glicose-6-fosfato (ou G6P). A G6P pode entrar diretamente na glicólise da respiração celular ou, através da enzima glicose-6-fosfatase, ser convertida em glicose.

As **células hepáticas (ou hepatócitos) possuem a enzima glicose-6-fosfatase**, sendo capazes de converter glicogênio em glicose, a qual é capaz de atravessar a membrana plasmática do hepatócito e passar para o sangue, **elevando a glicemia**.

As fibras musculares estriadas (ou miócitos) **não apresentam a enzima glicose-6-fosfatase**, de modo que a glicogenólise só vai até a G6P, **não sendo capazes de gerar glicose** a partir do glicogênio. Como a G6P não consegue atravessar a membrana plasmática, não pode passar para o sangue e, desse modo, fica disponível apenas para a própria fibra muscular como fonte de energia na respiração celular.



A **glicogenólise hepática** sofre controle endócrino do glucagon e da adrenalina, ambos desencadeando aumento de glicemia.

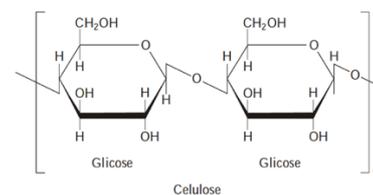
O hormônio **glucagon** é produzido pelas células  $\alpha$ -pancreáticas e é liberado quando há diminuição da glicemia (**hipoglicemia**), o que ocorre em jejum. Por exemplo, a sensação de fome pode ser desencadeada pela hipoglicemia, e a ingestão de alimento normaliza a glicemia para que a fome cesse; no entanto, se o indivíduo não se alimentar, o glucagon promove glicogenólise no fígado, quebrando glicogênio em glicose e disponibilizando a glicose para o sangue, o que normaliza a glicemia e promove a cessação da fome.

O hormônio **adrenalina** é sintetizado pela porção medular das glândulas suprarrenais (ou adrenais) e é liberado em **situações de estresse**, o que também promove glicogenólise no fígado, quebrando glicogênio em glicose e disponibilizando a glicose para o sangue, de modo que a glicose pode ser usada como fonte de energia para que se possa enfrentar situações de risco.

## POLISSACARÍDEOS ESTRUTURAIS

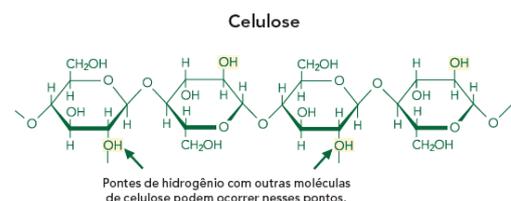
(Polímeros de  $\beta$ -glicoses)

A **Celulose** é uma sequência linear de unidades de  $\beta$ -glicose unidas por ligações glicosídicas  $\beta$ , (1 $\rightarrow$ 4). É o principal componente das paredes celulares nos vegetais e um dos compostos orgânicos mais abundantes na biosfera. A hidrólise parcial da celulose produz o dissacarídeo **celobiose**.



Nós vertebrados não temos **celulases** (enzimas que hidrolisam a celulose) e, portanto, não podemos hidrolisar as ligações glicosídicas  $\beta$ , (1 $\rightarrow$ 4) da celulose presentes na madeira e  **fibras vegetais**. Entretanto, alguns herbívoros contêm microrganismos produtores de celulases, razão pela qual podem digerir celulose.

No caso dos **mamíferos herbívoros ruminantes**, como bois, carneiros, veados e camelos, os microrganismos são encontrados em compartimentos especiais do estômago. No caso dos **mamíferos herbívoros não ruminantes**, como cavalos, coelhos e gorilas, os microrganismos são encontrados numa região do intestino denominada apêndice cecal ou vermiforme.



A celulose é um polímero não-ramificado de glicose com ligações glicosídicas  $\beta$ -1,4 quimicamente muito estáveis.

**O PODER DAS FIBRAS**

Na década de 70, o médico britânico **Dennis Burkitt** passou vinte anos como cirurgião no interior da África, acompanhando os hábitos alimentares dos africanos e do aspecto dos mesmos não apresentarem várias doenças do trato digestivo.

Sua hipótese baseava-se no fato de que a dieta dos africanos das zonas rurais era excepcionalmente rica em  **fibras insolúveis** contidas em  **cereais integrais, frutas, farelos, verduras e legumes**, cardápio completamente diferente do observado nas culturas do mundo desenvolvido e em desenvolvimento.

A partir daí, Burkitt imaginou haver uma relação entre a ingestão destes alimentos e a ausência de doenças do trato digestivo em negros africanos. E o médico estava certo. Sua constatação foi confirmada também a partir de uma experiência de campo nada atraente, uma detalhada classificação das fezes eliminadas pelos indivíduos da África Negra e seus compatriotas europeus. O pesquisador notou, em relação à quantidade, que um africano adulto produzia 400 a 500 gramas de fezes por dia, enquanto o europeu eliminava um máximo de 120 gramas. O mesmo trabalho de pesquisa verificou que quanto à consistência, as fezes dos europeus eram mais rígidas.

Bom, quem está envolvido nestas diferenças entre os dois povos de culturas nutricionais tão diferentes? As fibras alimentares. Hoje é convicção unânime dos nutricionistas e médicos que as  **fibras corroboram para o bom funcionamento do tubo digestório**. As fibras vegetais correspondem a uma mistura de três componentes moleculares: a celulose, as pentoses e a lignina.

O grande paradoxo das fibras é que são geralmente constituídas por moléculas que não alimentam, mas, são indispensáveis à nossa vida. As fibras permitem absorver água, aumentar o volume do resíduo fecal e disparar a eficiência dos movimentos peristálticos. Com isso, são fundamentais para acabar com o desconforto de uma constipação intestinal (prisão de ventre).

**Fibras solúveis** correspondem a substâncias como a  **amilopectina** (componente do amido), e são encontradas em frutas e verduras em geral. Dentre os benefícios trazidos pelas fibras solúveis, podem ser citados:

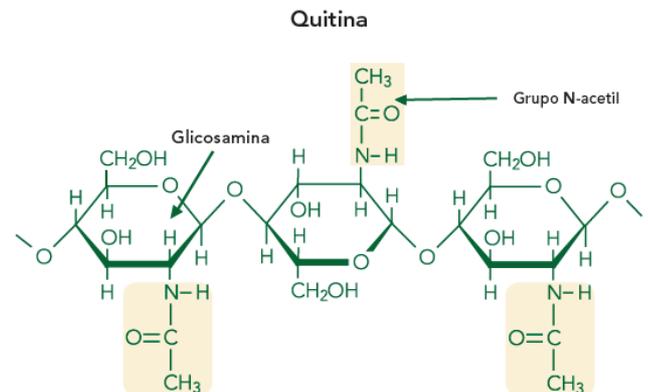
- a  **mistura com a água para a formação de uma espécie de gel que promove o enchimento gástrico e confere sensação de saciedade;**
- o  **retardo na absorção intestinal de glicose, evitando quadros de hiperglicemia;**
- a  **redução na absorção intestinal de gorduras, diminuindo o risco de obesidade;**

- a  **redução na reabsorção intestinal de sais biliares, levando à redução do colesterol sanguíneo e à diminuição no risco de doenças cardiovasculares.**

(Os sais biliares são produzidos pelo fígado a partir do colesterol e armazenados e liberados pela vesícula biliar, atuando na emulsificação de gorduras e sendo reabsorvidos do intestino para o sangue após sua atuação. Como as fibras alimentares reduzem a reabsorção de sais biliares, o organismo precisará produzir mais dessas moléculas a partir do colesterol, que é, então, removido do sangue.)

A  **Quitina** é o principal componente  **estrutural** do exoesqueleto de invertebrados artrópodes como  **insetos, aracnídeos e crustáceos** (nestes, há uma impregnação de carbonato de cálcio, tornando-o mais resistente). A quitina é constituída de resíduos de N-acetil-glicosamina em ligações  $\beta$ , (1 $\rightarrow$ 4) e forma longas cadeias retas que exerce papel estrutural. Se diferencia quimicamente da celulose quanto ao substituinte em  **C2**, que é um grupamento amina acetilado em lugar de uma hidroxila.

A quitina também é encontrada como constituinte estrutural da  **parede celular dos fungos**.



A quitina é um polímero de N-acetilglicosamina; os grupos N-acetil fornecem pontos adicionais para pontes de hidrogênio entre os polímeros.



**Momento de ocorrência de muda em um organismos artrópode.**

**GLICÍDIOS CONJUGADOS**

São  **polímeros** de carboidratos formados por mais de um tipo de carboidratos. Os principais exemplos são os glicosaminoglicanos e os peptídeoglicanos.

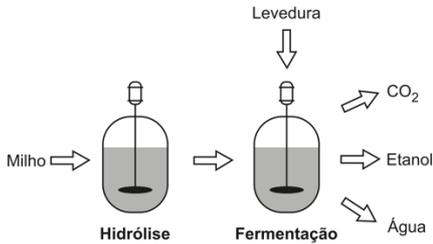
Os **Glicosaminoglicanos (GAG)** são polissacarídeos lineares constituídos por resíduos repetitivos de dissacarídeos de ácido urônico (geralmente o ácido glicurônico ou o ácido idurônico) e de N-acetilglicosamina ou N-acetilgalactosamina. Em alguns glicosaminoglicanos uma ou mais das hidroxilas do açúcar aminado estão esterificadas com sulfatos. Os grupos carboxilato e os grupos sulfato contribuem para a alta densidade de cargas negativas dos glicosaminoglicanos.

Os glicosaminoglicanos estão presentes nos espaços extracelulares como uma matriz gelatinosa que embebem o colágeno e outras proteínas, particularmente nos tecidos conjuntivos: cartilagens (**ácido condroitinossulfúrico ou condrina**), tendões, pele, parede de vasos sanguíneos (**heparina**).

Os **Peptideoglicanos (mureínas)** são encontrados nas paredes celulares de muitas bactérias, que são cadeias de heteroglicanos ligados a peptídeos. São macromoléculas que consistem de cadeias **polissacarídicas** e **polipeptídicas** unidas por ligações cruzadas covalentes e são componentes da parede celular de bactérias. A virulência e os antígenos característicos das bactérias são propriedades do revestimento das suas paredes celulares.

## Exercícios de Aprendizagem

**01. (ENEM)** O esquema representa, de maneira simplificada, o processo de produção de etanol utilizando milho como matéria-prima.



A etapa de hidrólise na produção de etanol a partir do milho é fundamental para que

- a glicose seja convertida em sacarose.
- as enzimas dessa planta sejam ativadas.
- a maceração favoreça a solubilização em água.
- o amido seja transformado em substratos utilizáveis pela levedura.
- os grãos com diferentes composições químicas sejam padronizados.

**02. (UNINTA)** O amido é a mais importante fonte de carboidratos para o nosso organismo. É o polissacarídeo que constitui a reserva dos vegetais e está presente na forma de grãos das sementes e de raízes de numerosas plantas, como: batata, trigo, milho, dentre outros. Sobre o amido, analise as afirmativas a seguir.

- O grão de amido é uma mistura de dois polissacarídeos, amilose e amilopectina.
- É um polissacarídeo formado pela união de moléculas de  $\beta$ -glicose.
- Na digestão, o amido é decomposto por reações de hidrólise, em carboidratos menores.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

- I, II e III.
- I, apenas.
- I e II, apenas.
- I e III, apenas.
- II e III, apenas.

**03. (UECE)** A intolerância à lactose pode causar grande desconforto aos seus portadores e provocar quadros de diarreia. Com relação à intolerância à lactose, é correto afirmar que

- o leite de cabra é o alimento indicado para substituir o leite de vaca.
- se trata de uma alergia desenvolvida pela ingestão de proteínas presentes nos alimentos que contêm leite de vaca.
- se desenvolve somente em recém-nascidos e perdura pela vida inteira do indivíduo.
- alguns pacientes podem tolerar pequenas quantidades de lactose presentes nos alimentos.

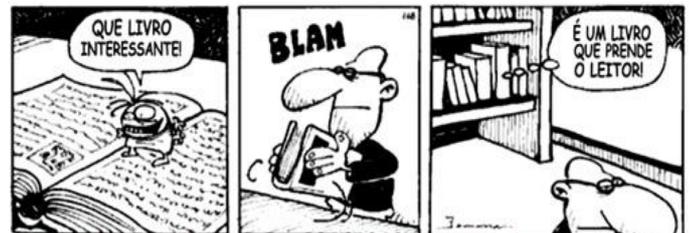
**04. (UECE)**

Estão tirando o carboidrato do pão.  
Revista Saúde, nº 247, abril, 2004.

Tido como culpado pelo aumento da obesidade e responsável pelo aumento de triglicérides, moléculas associadas a doenças cardiovasculares, os carboidratos apresentam a seguinte fórmula geral:

- $C_x(H_2O)_y$ .
- $C_xH_{2y}O_{(x-y)}$ .
- $C_x(OH)_y$ .
- $(CH)_xO_y$ .

**05. (FUVEST)**



Fonte: <http://www2.uol.com.br/niquel/bau.shtml>. Acessado em 25/08/2009.

Os animais que consomem as folhas de um livro alimentam-se da celulose contida no papel. Em uma planta, a celulose é encontrada

- armazenada no vacúolo presente no citoplasma.
- em todos os órgãos, como componente da parede celular.
- apenas nas folhas, associada ao parênquima.
- apenas nos órgãos de reserva, como caule e raiz.
- apenas nos tecidos condutores do xilema e do floema.

**Exercícios de Fixação**

**01. (UERJ 2015)** As principais reservas de energia dos mamíferos são, em primeiro lugar, as gorduras e, em segundo lugar, um tipo de açúcar, o glicogênio. O glicogênio, porém, tem uma vantagem, para o organismo, em relação às gorduras.

Essa vantagem está associada ao fato de o glicogênio apresentar, no organismo, maior capacidade de:

- sofrer hidrólise
- ser compactado
- produzir energia
- solubilizar-se em água

**02. (UFRGS 2019)** Seres humanos necessitam armazenar moléculas combustíveis que podem ser liberadas quando necessário. Considere as seguintes afirmações sobre essas moléculas.

- Os carboidratos, armazenados sob a forma de glicogênio, correspondem ao requerimento energético basal de uma semana.
- A gordura possui maior conteúdo energético por grama do que o glicogênio.
- Indivíduos em jejum prolongado necessitam metabolizar moléculas de tecidos de reserva.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas III.
- Apenas I e II.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

**03. (UFU 2019)** Os polissacarídeos são macromoléculas de carboidratos, polímeros com centenas a milhares de monossacarídeos unidos por meio de ligações glicosídicas. Sobre os polissacarídeos, são feitas as seguintes afirmações.

- Amido é um polissacarídeo de armazenamento encontrado nos animais.
- Os vertebrados armazenam glicogênio, principalmente nas células do fígado e dos músculos.
- O exoesqueleto dos artrópodes é formado por quitina que é um polissacarídeo com função estrutural.
- A celulose é um polissacarídeo estrutural encontrado como principal componente da resistente parede celular que circunda as células dos animais.

Considerando-se as informações acima, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas e assinale a alternativa correta, de cima para baixo.

- V, F, V, V.
- F, V, F, F.
- F, V, V, F.
- V, V, F, V.

**04. (IFPE 2019)** Sobre os componentes químicos da célula, assinale a alternativa CORRETA.

- O amido e o glicogênio são reservas energéticas constituídas por ácidos graxos e glicerol.
- Um excelente exemplo de proteína estrutural é a celulose, componente da parede celular das células vegetais.
- Proteínas são macromoléculas orgânicas compostas por aminoácidos.
- Os fosfolípidios e a esfingomielina são lípidios compostos encontrados, predominantemente, na parede celular de bactérias gram-positivas.
- A quitina é a proteína que compõe a parede celular dos fungos.

**05. (UECE 2019)** Relacione, corretamente, as substâncias orgânicas com suas respectivas características, numerando os parênteses abaixo de acordo com a seguinte indicação:

- Glicídios
- Lipídios

( ) Podem ser classificados como monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.

( ) Podem ser classificados como glicerídeos, ceras, carotenoides, dentre outros.

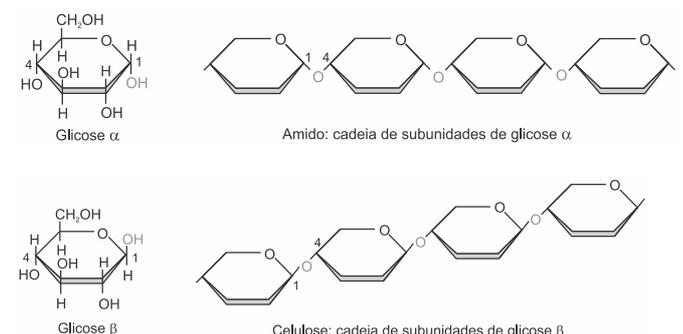
( ) Os principais componentes das membranas celulares são a combinação de um glicerídeo com um grupo fosfato.

( ) Exercem função plástica ou estrutural além da função energética.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- 2, 1, 1, 2.
- 1, 1, 2, 2.
- 1, 2, 2, 1.
- 2, 2, 1, 1

**06. (PUCSP 2018)** A figura a seguir ilustra a composição de dois carboidratos, o amido e a celulose.



Fonte: Raven, PH; Johnson, GB Biology, 6th Edition, Mc Graw-Hill, 2002

As afirmativas a seguir dizem respeito a esses compostos.

- Tanto o amido quanto a celulose são considerados polissacarídeos.
- Pelo fato de ambos serem constituídos por monômeros de glicose, amido e celulose são hidrolisados pelas mesmas enzimas digestórias.

III. As configurações moleculares diferentes da glicose  $\alpha$  e glicose  $\beta$  resultam em biopolímeros diferenciados: enquanto o amido serve de reserva de energia, a celulose forma fibras de grande importância estrutural nas plantas.

Está CORRETO o que se afirma

- a) em II, apenas.
- b) em I e III, apenas.
- c) em II e III, apenas.
- d) em I, II e III.

**07. (PUCPR 2018)** Considere o texto a seguir.

Soro Caseiro  
SAL CONTRA A DESIDRATAÇÃO

O soro caseiro é a maneira mais rápida de evitar a desidratação em crianças com diarreia. A doença ainda mata cerca de 3 milhões de crianças nos países em desenvolvimento, de acordo com dados da Organização Mundial da Saúde. A diarreia pode levar à morte devido à perda de água, sais minerais e potássio. Quando cuidada adequadamente, a maior parte das crianças com diarreia evolui sem desidratação e, dentre aquelas que desidratam, 95% podem ser reidratadas por via oral. A Organização Mundial de Saúde elaborou o soro e passou a distribuí-lo em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento. O soro é distribuído em Postos de Saúde pelo Ministério da Saúde. O pacote deve ser diluído em 1 litro de água limpa e ingerido após cada evacuação líquida. Cada embalagem é composta por cloreto de potássio, cloreto de sódio, nitrato de sódio e glicose.

Disponível em:

<<http://www.portalsaofrancisco.com.br/curiosidades/soro-caseiro>>.

Acesso: 17 de jun. 2017.

O principal motivo para adicionar o açúcar (glicose) no soro caseiro, se o objetivo principal é a reposição de sais perdidos e água, é que

- a) a presença da glicose torna o interior do tubo digestório hipotônico facilitando a passagem da água para o interior das células, processo que ocorre por osmose.
- b) sais minerais e água atravessam a membrana plasmática das células respectivamente por transporte passivo e ativo, a glicose é utilizada como fonte de energia para garantir o transporte ativo.
- c) a glicose atua de forma competitiva com o sítio de ligação de proteínas membranosas, as perforinas, impedindo a desidratação.
- d) a glicose presente no soro serve de fonte de energia para a produção de ATP necessário no processo de reabsorção de sais que ocorre de forma ativa.
- e) a reidratação feita com água ocorre por osmose, nesse processo ativo a fonte de energia (ATP) deriva da quebra da glicose.

**08. (MACKENZIE 2017)** Assinale a alternativa correta a respeito dos carboidratos.

- a) Somente são utilizados como fonte de energia.
- b) A síntese de polissacarídeos ocorre nos ribossomos.

- c) Em mamíferos sua digestão ocorre preferencialmente na boca.
- d) Polissacarídeos podem ser sintetizados tanto por animais como por vegetais.
- e) A fotossíntese é o único processo responsável pela síntese de monossacarídeos.

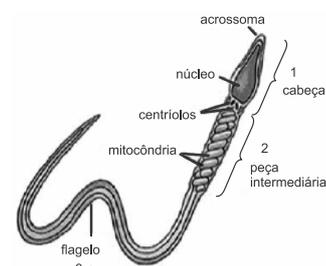
**09. (PUCCAMP 2017)** O amido, um carboidrato presente em grande quantidade na farinha, é a principal forma de armazenamento de energia das plantas, ocorrendo principalmente nas raízes, frutos e sementes. Nos mamíferos, a reserva de carboidratos que corresponde ao amido

- a) são os lipídeos, acumulados no tecido adiposo.
- b) são os triglicérides, abundantes no plasma sanguíneo.
- c) é o glicogênio, encontrado no fígado e nos músculos.
- d) é a glicose, armazenada no citoplasma das células pancreáticas.
- e) é o ATP, que é a principal fonte de energia de todas as células.

**10. (UFRGS 2017)** Sobre as macromoléculas biológicas presentes em todos os organismos, é correto afirmar que

- a) os carboidratos são as macromoléculas encontradas em maior quantidade nos tecidos vivos.
- b) os carboidratos podem ter função estrutural como, por exemplo, a quitina presente nos artrópodes.
- c) os monômeros das proteínas são os aminoácidos cujas diversificadas funções incluem o armazenamento de energia.
- d) os ácidos graxos saturados são encontrados somente em animais, pois as plantas não produzem colesterol.
- e) as bases nitrogenadas encontradas no DNA e no RNA são as mesmas.

**11. (CFTMG 2016)** As principais substâncias que compõem o sêmen humano são enzimas, ácido cítrico, íons (cálcio, zinco, e magnésio), frutose, ácido ascórbico e prostaglandinas, essas últimas de natureza lipídica. Tais compostos desempenham papel específico na reprodução, possibilitando o sucesso da célula apresentada abaixo.



Owen, D. H.; Katz, D. F. A Review of the Physical and Chemical Properties of Human Semen and the Formulation of a Semen Simulant. *Journal of Andrology* Vol. 26, p. 459-469, 2005. Disponível em <<http://www.brasilescola.com>>. Acesso em: 02 set. 2015.

Nessa célula, a substância que será utilizada na estrutura 2, permitindo a movimentação de 3, é um(a):

- a) lipídio.
- b) proteína.
- c) vitamina.
- d) carboidrato.

**12. (PUCPR 2016)** Leia o trecho do texto a seguir:

Mito ou verdade? Será que as baratas sobrevivem a uma explosão nuclear?

Animais que vivem abrigados têm chances maiores de sobrevivência

Você já ouviu aquela história de que, se houvesse uma guerra nuclear, apenas as baratas sobreviveriam? (...). Será que esses insetos são capazes de resistir a explosões nucleares? O professor de biologia Rubens Oda explica que os insetos compõem 90% das espécies animais do planeta Terra. "Se fosse para eu apostar em alguém para sobreviver a uma explosão nuclear, eu apostaria num inseto, não no ser humano", comenta o professor. Mas, apesar de apostar em insetos, o professor explica que a barata não tem nenhuma capacidade especial.

"A carapaça da barata é o exoesqueleto de quitina igual a de qualquer outro inseto", explica. Ou seja, ela não tem nenhuma resistência especial à radiação, ou mesmo ao calor e ao deslocamento de ar de uma explosão nuclear. O que acontece é que ela tem algumas características que a deixariam em vantagem numa situação extrema.

"Quando você vê as baratas nas grandes cidades, elas estão no esgoto, nas frestas. Elas estão sempre escondidas". Por isso, as chances de ela resistir a uma grande explosão são maiores do que as de um ser humano, que habita a superfície da Terra – não à toa que, durante a Guerra Fria, abrigos nucleares eram construídos no subsolo. Outra vantagem das baratas é sua alimentação diversa. "Uma pequena quantidade de matéria orgânica é suficiente para ela se alimentar". Não só as baratas, mas outras espécies que vivem em locais protegidos e com hábitos alimentares propícios têm maior potencial para sobreviver a uma explosão nuclear. "Desculpa se estou tirando sua ideia de que as baratas são super-resistentes, mas elas não têm nada especial", resume Rubens Oda.

Disponível em <<http://redglobo.globo.com/globociencia/quero-saber/noticia/2013/12/ mito-ou-verdade-sera-que-baratassobrevivem-uma-explosao-nuclear.html>>.  
Acesso em: 11/04/2015. Adaptado.

De acordo com o texto, o exoesqueleto quitinoso das baratas, embora ofereça resistência, não conferiria necessariamente uma proteção contra os efeitos de uma explosão nuclear. Assinale a alternativa que mostra CORRETAMENTE o tipo de molécula orgânica que forma esse exoesqueleto quitinoso e mais uma de suas funções.

- Polipeptídeo – Inserção da musculatura.
- Proteína – Possibilita desenvolvimento de apêndices articulados.
- Polinucleotídeo – Possibilita impregnação de cálcio nos crustáceos.
- Polissacarídeo – Proteção contra desidratação.
- Carboidrato – Produção de hemácias pela medula óssea.

**13. (UDESC 2016)** Na composição química das células, um constituinte de extrema importância são os glicídios, também chamados de açúcares ou carboidratos.

Analise as proposições com relação a estas moléculas.

- Algumas são a fonte primária de energia para as células, e outras atuam como reserva desta energia.
- Alguns glicídios são importantes para a formação dos ácidos nucleicos.
- Como exemplo destas moléculas pode-se citar a glicose, o amido, o glicogênio e a celulose.
- Além de função energética, elas podem ter papel estrutural em algumas células.

- Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- Todas as afirmativas são verdadeiras.

**14. (UERN 2015)** A ribose e a desoxirribose são os componentes estruturais dos ácidos nucleicos e exemplos de monossacarídeos que compõem as moléculas de DNA e RNA. O nome dado aos monossacarídeos diz respeito ao número de átomos de carbono da molécula. Desse modo, a ribose e a desoxirribose são monossacarídeos constituídos por quantos átomos de carbono em suas moléculas?

- 3.
- 5.
- 6.
- 7.

**15. (UEMA 2014)** Os glicídios são as principais fontes de energia diária para seres humanos e são classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos, de acordo com o tamanho da molécula. Polissacarídeos são polímeros de glicose constituídos fundamentalmente por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio que desempenham diversas funções essenciais ao bom funcionamento do organismo. Os polissacarídeos mais conhecidos são o glicogênio, a celulose, o amido e a quitina.

As funções atribuídas a essas moléculas são, respectivamente,

- estrutural, reserva, estrutural, reserva.
- reserva, reserva, estrutural, estrutural.
- reserva, estrutural, reserva, estrutural.
- estrutural, estrutural, reserva, reserva.
- reserva, estrutural, estrutural, reserva.

**16. (UEPA 2014)** No Jornal nacional foi comunicada a seguinte notícia: "Temos várias opções para escolher a forma em que queremos o açúcar que pode ser no seu estado sólido – em pó, mascavado, granulado – ou líquido – caramelizado. Agora, existe uma nova possibilidade: o açúcar (1) gaseificado. Um grupo de pesquisadores espanhóis da Universidade do País Basco conseguiu vaporizar a substância conhecida como ribose (2), um açúcar composto por uma série de moléculas que fazem parte da composição celular, sendo, portanto, essenciais à vida".

Disponível em <http://www.cienciahoje.pt/30>

Quanto às palavras em destaque, leia as afirmativas abaixo:

- I. (1) é conhecido como carboidrato e possui função energética e estrutural.  
 II. (2) participa da constituição estrutural dos ácidos nucleicos RNA e DNA.  
 III. (2) possui cinco átomos de carbono e é classificado como uma pentose.  
 IV. (1) quando possui seis carbonos é uma hexose como a glicose, que participa da respiração celular.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- a) I, II e III.  
 b) I, II e IV.  
 c) I, III e IV.  
 d) II, III e IV.  
 e) I, II, III e IV.

**17. (UFG 2014)** Risco de diabetes tipo 2 associado a gene dos Neandertais

Uma variante do gene SLC16A11 aumenta o risco de diabetes entre os latino-americanos. As análises indicaram que a versão de maior risco dessa variante foi herdada dos Neandertais. As pessoas que apresentam a variação SLC16A11 em um dos alelos, são 25% mais propensas a desenvolver o diabetes, já aquelas que herdaram de ambos os pais, essa probabilidade sobe para 50%.

Disponível em:

<[www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/12/131225\\_neandertal\\_1k.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/12/131225_neandertal_1k.shtml)>. Acesso em: 26 mar. 2014. (Adaptado).

Em humanos, a doença que pode se desenvolver pela presença da variante do gene SLC16A11 tem como um dos sinais clínicos a produção de corpos cetônicos. Isso ocorre porque a glicose, mesmo presente no sangue, não é plenamente utilizada pelo organismo que interpreta essa situação metabólica como um estado de jejum. Assim, é ativada uma via metabólica capaz de ofertar mais açúcar no sangue por meio da

- a) gliconeogênese.  
 b) lipogênese.  
 c) glicogênese.  
 d) desnaturação proteica.  
 e) fosforilação oxidativa.

**18. (UERJ 2013)** Em um laboratório, inoculou-se em um rato, previamente mantido em jejum prolongado, o aminoácido alanina marcado com  $^{14}\text{C}$ . Após algum tempo, a incorporação de  $^{14}\text{C}$  foi medida em quatro substâncias extraídas de diferentes órgãos desse animal:

- glicose, do fígado;
- histidina, do tecido muscular;
- acetilcolina, do cérebro;
- ácido oleico, do tecido adiposo.

Sabendo-se que a alanina, após ser desaminada, produz ácido pirúvico, a eficiência de marcação pelo isótopo radioativo deverá ter sido maior na seguinte substância:

- a) glicose  
 b) histidina  
 c) acetilcolina  
 d) ácido oleico

**19. (UFSM 2013)** Em uma viagem ecoturística, os alunos optaram por sacolas de papel para levar seus lanches e agasalhos, pois entenderam que não devem mais utilizar sacolas plásticas. Mesmo não podendo desperdiçar papel do planeta, o plástico é ainda mais nocivo ao ambiente. A principal substância que está presente no papel é um polissacarídeo das células vegetais, o qual faz parte da estrutura do(a)

- a) membrana plasmática.  
 b) parede celular.  
 c) mitocôndria.  
 d) hialoplasma.  
 e) membrana nuclear.

**20. (UFPEL 2007)** Durante muito tempo acreditou-se que os carboidratos tinham funções apenas energéticas para os organismos. O avanço do estudo desses compostos, porém, permitiu descobrir outros eventos biológicos relacionados aos carboidratos.

"Ciência Hoje". V. 39., 2006. [adapt.].

Baseado no texto e em seus conhecimentos, é INCORRETO afirmar que

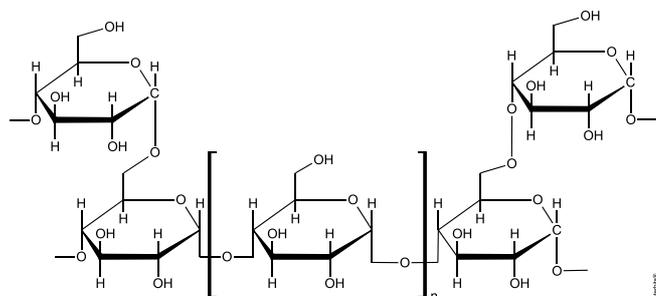
- a) os carboidratos são fundamentais no processo de transcrição e replicação, pois participam da estrutura dos ácidos nucleicos.  
 b) os carboidratos são importantes no reconhecimento celular, pois estão presentes externamente na membrana plasmática, onde eles formam o glicocálix.  
 c) os triglicérides ou triacilglicerídeos, carboidratos importantes como reserva energética, são formados por carbono, hidrogênio e oxigênio.  
 d) tanto quitina, que forma a carapaça dos artrópodes, quanto a celulose, que participa da formação da parede celular, são tipos de carboidratos.  
 e) o amido, encontrado nas plantas, e o glicogênio, encontrado nos fungos e animais, são exemplos de carboidratos e têm como função a reserva de energia.

**GABARITOS E PADRÕES DE RESPOSTAS****EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM**

- 01.
- 02.
- 03.
- 04.
- 05.

**EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO****01. [A]**

Essa vantagem está associada ao fato de o glicogênio apresentar, no organismo, maior capacidade de sofrer hidrólise.



A hidrólise das ligações glicosídicas do polissacarídeo glicogênio é mais fácil do que a quebra das ligações éster dos triglicerídeos.

**02. [D]**

[I] Incorreta. O glicogênio não corresponde ao requerimento energético basal de uma semana.

**03. [C]**

O amido é um polissacarídeo de reserva energética encontrado em vegetais e certas algas. A celulose é um polissacarídeo estrutural observado, principalmente, como componente da resistente parede celular das células vegetais.

**04. [C]**

[A] Incorreta. O amido e o glicogênio são carboidratos, especificamente polissacarídeos, formados por centenas ou milhares de monossacarídeos interligados; ácidos graxos e glicerol formam os lipídios.

[B] Incorreta. A celulose é um tipo de carboidrato, polissacarídeo estrutural, principal componente das paredes celulares vegetais.

[D] Incorreta. Os fosfolipídios são encontrados em todas as membranas celulares, enquanto as esfingomielinas são tipos de fosfolipídios encontrados nas membranas de células animais, especialmente nas células nervosas.

[E] Incorreta. A quitina é um tipo de carboidrato, polissacarídeo, principal componente das paredes das hifas dos fungos.

**05. [C]**

Os glicídios são carboidratos com função estrutural, a exemplo da quitina. Os lipídios na forma de glicerídeos, ceras, carotenoides, esteroides tem função mista, respectivamente: estruturais e energéticos, proteção contra desidratação, captação de luz e regulação hormonal.

**06. [B]**

[II] Incorreta. O amido é um polissacarídeo formado por monômeros de glicose  $\alpha$  e hidrolisado pela amilase, enquanto que a celulose é formada por monômeros de glicose  $\beta$  e hidrolisado por celulase, porém o ser humano não possui essa enzima.

**07. [D]**

A glicose presente no soro é fonte de energia para a síntese do ATP utilizado no transporte ativo de sais do conteúdo intestinal para a corrente sanguínea.

**08. [D]**

Os polissacarídeos podem ser sintetizados tanto por animais (ex: glicogênio, quitina etc.) como pelos vegetais (ex: celulose, amido etc.).

**09. [C]**

Em mamíferos, a reserva de carboidratos, equivalente ao amido das plantas, é o glicogênio encontrado no fígado e nos músculos.

**10. [B]**

Os carboidratos podem ter função estrutural como, por exemplo, a quitina presente no exoesqueleto dos artrópodes e a celulose ocorrente na parede celular dos vegetais.

**11. [D]**

O carboidrato frutose será utilizado na mitocôndria para a produção de energia que permite a movimentação do flagelo (3).

**12. [D]**

A quitina presente no exoesqueleto dos artrópodes é um polissacarídeo nitrogenado conhecido como n-glucosamina. Ela protege o animal contra a desidratação e injúrias mecânicas.

**13. [E]**

Alguns carboidratos são fonte de energia primária para as células, como a glicose, e podem atuar como reserva de energia, como o glicogênio. Além disso, contribuem para a formação de ácidos nucleicos, com as moléculas ribose e desoxirribose. Glicose, amido, glicogênio e celulose são exemplos de carboidratos. Podem ter função estrutural, como a celulose.

**14.** [B]

A ribose e a desoxirribose são monossacarídeos do grupo das pentoses, isto é, açúcares com cinco átomos de carbono em suas moléculas.

**15.** [C]

Os polissacarídeos de reserva animal e vegetal são, respectivamente, o glicogênio e o amido. Os estruturais que ocorrem em animais artrópodes, fungos e vegetais são, respectivamente, a quitina e a celulose.

**16.** [C]

[II] Falsa. O monossacarídeo ribose, classificada como pentose por possuir cinco átomos de carbono em sua estrutura, participa da constituição estrutural do RNA. No DNA a pentose presente é a desoxirribose.

**17.** [A]

A gliconeogênese é uma via metabólica capaz de converter substâncias não glicídicas como, por exemplo, o ácido pirúvico, glicerol e o aminoácido alanina, em glicose. O processo é regulado pelo hormônio pancreático glucagon e ocorre, principalmente, nos hepatócitos.

**18.** [A]

O ácido pirúvico marcado com  $^{14}\text{C}$  pode dar origem às moléculas de glicose.

**19.** [B]

A celulose é um polissacarídeo presente na parede celular das células vegetais.

**20.** [C]