

Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Glicídios ou carboidratos](#)
- [Monossacarídeos](#)
- [Pentoses](#)
- [Hesoses](#)
- [Ligação glicosídica](#)
- [Oligossacarídeos](#)
- [Galactosemia e intolerância à lactose](#)
- [Polissacarídeos](#)
- [Amido](#)
- [Celulose](#)
- [Fibras alimentares](#)
- [Glicídios conjugados](#)
 - Glicosaminoglicanas
 - Glicolipídios
 - Glicoproteínas
 - Proteoglicanas
- [Adoçantes artificiais, lights e diets](#)

GLICÍDIOS OU CARBOIDRATOS

Glicídios (do grego *glykys*, 'doce' e *idios*, 'comum à natureza de') ou **carboidratos** ou **açúcares** (ou ainda **glucídios** ou **hidratos de carbono**) são compostos orgânicos que têm fórmula molecular geral $C_x(H_2O)_y$ e são quimicamente caracterizados por serem **poliidroxialdeídos** ou poliidroxicetonas, ou seja, por possuírem simultaneamente vários grupamentos **hidroxila** (-OH) e um grupamento aldeído (-CHO) ou um grupamento **cetona** (-CO). Quando o açúcar é um **aldeído**, é denominado de aldose, como a glicose e a galactose, e quando é uma **cetona**, é denominado **cetose**, como a **frutose**.

A função primordial dos glicídios é **energética**, sendo a principal fonte de energia para a maioria dos seres vivos, principalmente na forma de **glicose**, que é **o combustível básico da respiração celular**. Poucos alimentos possuem glicose em sua forma livre, como ocorre em **frutos** e **mel**, mas normalmente a glicose ocorre na composição de outras moléculas, como ocorre com a sacarose (constituída de glicose e frutose), em frutos, mel e no **açúcar de cozinha**, com a **lactose** (constituída de glicose e galactose) no **leite**, e com o **amido** (constituído de várias unidades de glicose) em **arroz**, **batatas** e **massas em geral** (como pães, macarrão, biscoitos, etc). Outra importante função dos glicídios é **estrutural**, como ocorre com **desoxirribose** no **DNA**, **ribose** no **RNA**, **celulose** na **parede celular dos vegetais** e **quitina** na **parede celular dos fungos** e no **exoesqueleto dos artrópodes**.

Os glicídios podem ser classificados em grupos:

- **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** (oligosacarídeos formados por 2 unidades de monossacarídeos, como a sacarose formada por glicose e frutose).

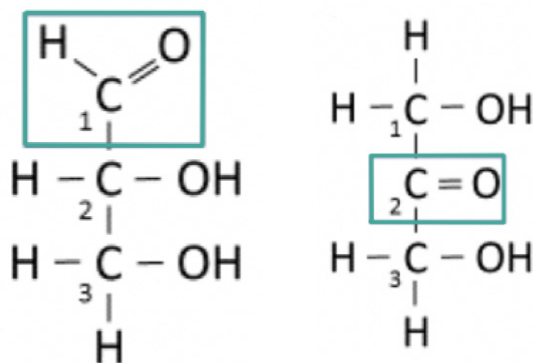
MONOSSACARÍDEOS

Os **monossacarídeos** são os açúcares mais simples, contendo um único grupamento aldeído ou grupamento cetona, não podendo ser quebrados em açúcares menores e obedecendo à fórmula molecular geral $C_n(H_2O)_n$, sendo que n varia de 3 a 7. A nomenclatura dos monossacarídeos se faz utilizando como prefixo o número de carbonos, seguido do sufixo -ose. Assim, se:

- n=3, a fórmula é $C_3H_6O_3$ e a molécula se chama **triose**;
- n=4, a fórmula é $C_4H_8O_4$ e a molécula se chama **tetrose**;
- n=5, a fórmula é $C_5H_{10}O_5$ e a molécula se chama **pentose**;
- n=6, a fórmula é $C_6H_{12}O_6$ e a molécula se chama **hexose**;
- n=7, a fórmula é $C_7H_{14}O_7$ e a molécula se chama **heptose**.

Tome nota:

De acordo com o monossacarídeo ser um aldeído ou uma cetona, ele pode receber nomes como **aldotriose** ou **cetotriose** para 3 carbonos, **aldotetrose** ou **cetotetrose** para 4 carbonos, e assim sucessivamente.

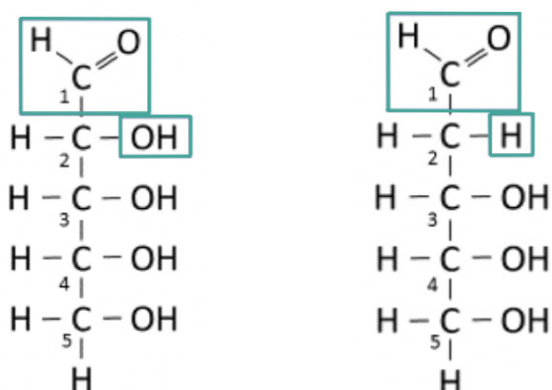


Os dois monossacarídeos mais simples: à esquerda, o gliceraldeído, uma aldotriose, e à direita, a diidroxiacetona, uma cetotriose. Observe o carbono 1 do gliceraldeído com um grupo aldeído e o carbono 2 da diidroxiacetona com um grupo cetona.

Os monossacarídeos de maior importância para os seres vivos são as pentoses e as hexoses.

PENTOSES

As **pentoses** obedecem à fórmula geral $C_5H_{10}O_5$, sendo representadas pela **ribose**, aldose que faz parte da composição do **RNA**, e pela **desoxirribose**, aldose que faz parte da composição do **DNA**. A desoxirribose possui uma fórmula molecular ligeiramente diferente daquela encontrada nas pentoses em geral, $C_5H_{10}O_4$, com um átomo de oxigênio a menos do que seria o padrão, 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.

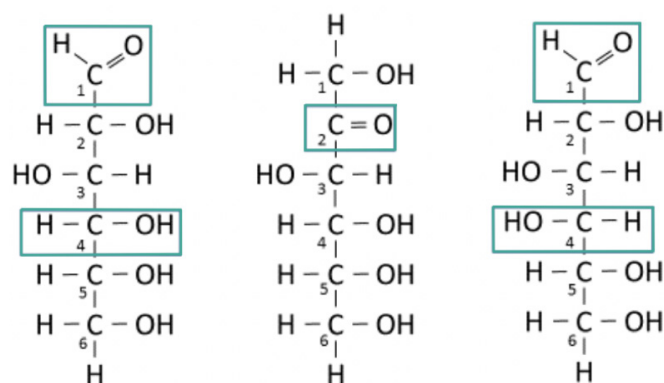


À esquerda, ribose, e à direita, desoxirribose. Observe o carbono 1 de ambas com um grupo aldeído, o carbono 2 da ribose com um grupo hidroxila e o carbono 2 da desoxirribose com um hidrogênio no lugar da hidroxila, justificando o nome desoxirribose.

HEXOSES

As **hexoses** obedecem à fórmula geral $C_6H_{12}O_6$, sendo representadas por aldoses como a **glicose** (também chamada **dextrose**) e a **galactose**, e por cetoses como a **frutose**, todas de função energética.

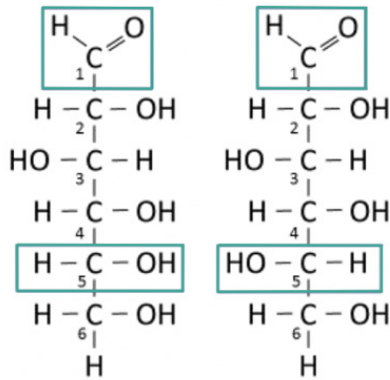
Como todas as hexoses têm fórmula $C_6H_{12}O_6$, são consideradas **isômeros**, ou seja, possuem fórmula molecular idêntica, mas fórmula estrutural diferente. Glicose e frutose são isômeros funcionais, uma vez que glicose é aldeído e frutose é cetona, enquanto que glicose e galactose são isômeros espaciais, 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.

Formas D e L e formas α e β

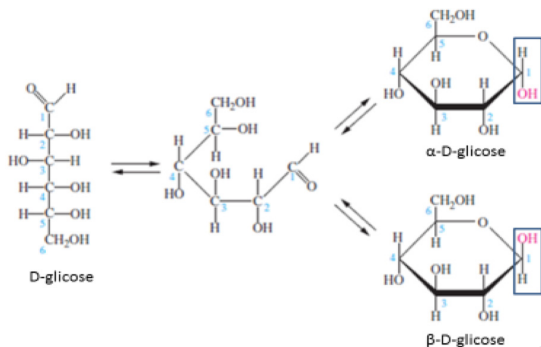
Ribose, desoxirribose, glicose, galactose, frutose e monossacarídeos em geral apresentam em sua estrutura **vários centros quirais**, ou seja, **carbonos assimétricos**, com quatro ligantes diferentes, que geram **enantiômeros** ou **isômeros ópticos** em duas formas, D e L. A referência para identificar se uma determinada molécula de monossacarídeo está em sua forma D ou L é o último carbono assimétrico contado a partir do grupo aldeído ou do grupo cetona: se a hidroxila ligada a este carbono estiver orientada para a direita, trata-se da forma D, e se a hidroxila ligada a este carbono estiver orientada para a esquerda, trata-se da forma L. **Todos os carboidratos que ocorrem nos seres vivos estão na forma D**, ou seja, todos os monossacarídeos agem nos seres vivos como **D-monossacarídeos**: D-ribose, D-desoxirribose, D-glicose, etc. Provavelmente, isso dá porque, nos primórdios da vida, os primeiros sistemas enzimáticos que surgiram coincidentemente trabalhavam com as formas D, e essa característica se mantém até os seres vivos modernos.



À esquerda, D-glicose, e à direita, L-glicose. Observe o carbono 5 da D-glicose com a hidroxila orientada para a direita e o carbono 5 da L-glicose com a hidroxila orientada para a esquerda.

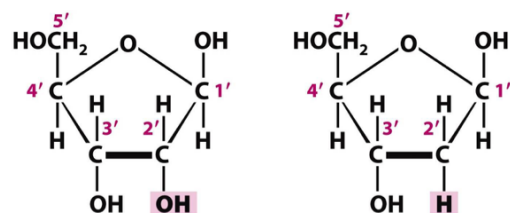
Outra maneira de os monossacarídeos apresentarem isomeria é quando, em meio aquoso, eles sofrem uma reação química intramolecular de **ciclização** entre o **grupo aldeído e uma hidroxila**, gerando uma forma denominada hemiacetal, ou entre o grupo cetona e uma hidroxila, gerando uma forma denominada

hemiacetal. Na **forma cíclica**, surge um novo centro quiral no carbono que correspondia ao aldeído ou à cetona, surgindo duas novas formas isoméricas denominadas **α** e **β** , de acordo com a orientação de um novo grupo hidroxila que surge: **α** quando a hidroxila está voltada para baixo do plano do anel carbônico e **β** quando a hidroxila está voltada para cima do plano do anel carbônico. Por exemplo, a D-glicose pode se apresentar em sua forma cíclica como **α -D-glicose** ou **β -D-glicose**.



Forma aberta da D-glicose sofrendo ciclização para originar as formas cíclicas da **α -D-glicose** e da **β -D-glicose**. O carbono 1 é aquele que, na forma aberta da molécula, corresponde ao grupo aldeído, não sendo originalmente um centro quiral. Na forma cíclica, o carbono 1 passa a ser um centro quiral, fazendo com que a D-glicose apresente duas novas formas isoméricas **α** e **β** .

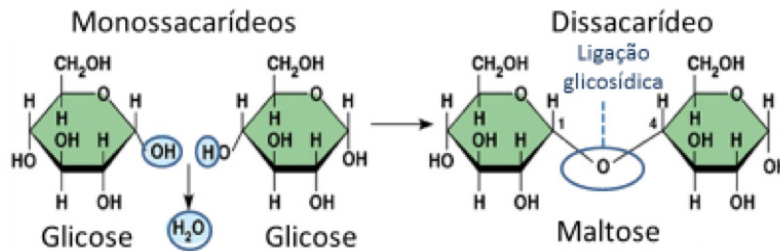
Formas cíclicas de ribose, à esquerda, e desoxirribose, à direita. Observe o carbono 2 da ribose com um grupo hidroxila e o carbono 2 da desoxirribose com um hidrogênio no lugar da hidroxila.



LIGAÇÃO GLICOSÍDICA

A ligação glicosídica é a ligação que se dá entre dois monossacarídeos, ocorrendo entre uma hidroxila de um monossacarídeo e um hidrogênio de uma hidroxila do outro monossacarídeo, havendo a formação de um dissacarídeo e de água, o que caracteriza uma reação de síntese por desidratação.

Monossacarídeo 1 + Monossacarídeo 2 → Dissacarídeo + H₂O



Ligação glicosídica entre monossacarídeos glicose e glicose para formar o dissacarídeo maltose.

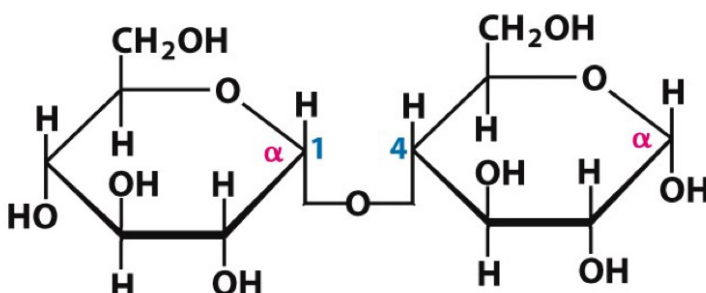
OLIGOSSACARÍDEOS

Os **oligossacarídeos** são glicídios formados pela união de **2 a 10 monossacarídeos** através de ligações glicosídicas. A nomenclatura dos oligossacarídeos se faz utilizando como prefixo o número de monossacarídeos, seguido do sufixo *-sacarídeo*. Assim, a união de **2 monossacarídeos** produz um **dis-sacarídeo**, de **3 monossacarídeos** produz um **trissacarídeo**, etc, e a união de **10 monossacarídeos** produz um **decassacarídeo**.

Qual a diferença entre uma triose e um trissacarídeo? Triose é um glicídio simples com 3 átomos de carbono, enquanto trissacarídeo é um açúcar complexo formado por 3 monossacarídeos, que podem ser desde de 3 trioses (com 3 x 3 carbonos, ou seja, 9 carbonos) até 3 heptoses (com 3 x 7 carbonos, ou seja, 21 carbonos).

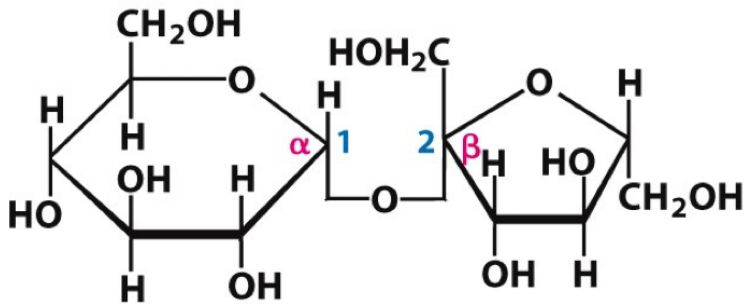
Os **dissacarídeos** de hexoses são os mais importantes oligossacarídeos, sendo representados por:

- **Maltose** (também chamada de **maltodextrina**), formada pela ligação de duas moléculas de glicose (também chamada de dextrose) e encontrada em cereais como cevada e trigo.



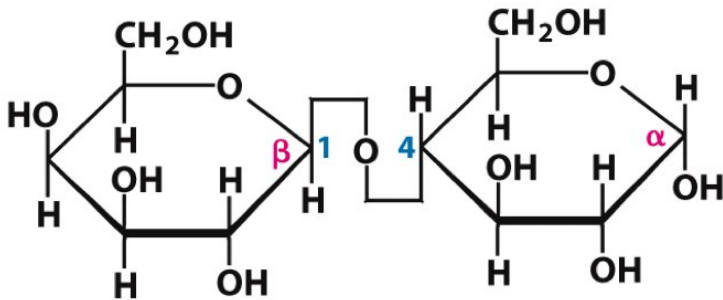
Maltose, formada pela ligação entre o carbono 1 de uma unidade de α -glicose e o carbono 4 de outra unidade de α -glicose.

- **Sacarose** (também chamada de **açúcar de cozinha**), formada pela ligação de uma molécula de glicose e uma molécula de frutose e encontrada em cana de açúcar, frutas, beterraba e mel.



Sacarose, formada pela ligação entre o carbono 1 de uma unidade de α -glicose e o carbono 2 de uma unidade de β -frutose.

- **Lactose**, formada pela ligação de uma molécula de glicose e uma molécula de galactose e encontrada no leite, sendo exclusiva de animais do grupo dos mamíferos.



Lactose, formada pela ligação entre o carbono 1 de uma unidade de β -galactose e o carbono 4 de uma unidade de α -glicose.

Resumidamente:

Maltose = glicose + glicose

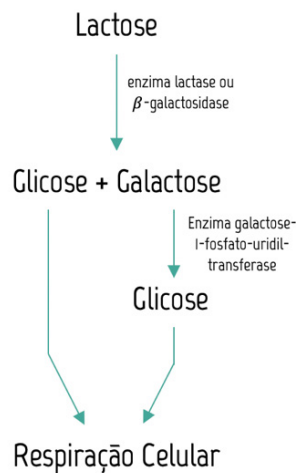
Sacarose = glicose + frutose

Lactose = glicose + galactose

Tome nota:

GALACTOSEMIA E INTOLERÂNCIA À LACTOSE

No corpo humano, a **lactose** do leite tem que passar por algumas transformações químicas para que seja utilizada como fonte de energia, tendo que ser metabolizada em **glicose**, que é o **combustível básico da respiração celular**. Num primeiro momento, a lactose é digerida no intestino pela **enzima lactase** ou **β -galactosidase** em **glicose** e **galactose**, que são absorvidas pelo corpo e entram nas células. Num segundo momento, a **galactose** dentro das células é convertida pela **enzima galactose-1-fosfato-uridil-transferase** em **glicose**. A deficiência dessas enzimas leva a doenças em humanos que impedem o adequado processamento do leite e de seus derivados no organismo.



INTOLERÂNCIA À LACTOSE

A **intolerância à lactose** é uma doença determinada pela **ausência** ou **diminuição da enzima lactase ou β -galactosidase**, de modo que a lactose do leite não pode ser digerida em glicose e galactose. Como consequência, a lactose se acumula no intestino, sendo metabolizada pelas bactérias intestinais, com formação de ácido láctico e gases (como gás carbônico e gás hidrogênio) que promovem efeitos como aumento do volume abdominal, mal-estar e cólicas. Além disso, a lactose que se acumula torna o intestino hipertônico em relação aos tecidos vizinhos, o que leva o intestino a ganhar água por osmose, levando ao aumento no teor de água nas fezes e diarreias osmóticas.

Existem três formas 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.

A intolerância à lactose não tem cura, sendo o tratamento feito pela **exclusão da lactose da dieta**, de modo que o indivíduo intolerante, a princípio, **não deve ingerir leite e derivados**. Para que os indivíduos intolerantes possam consumir laticínios sem consequências negativas, existe, no entanto, uma série de possibilidades, como:

- o consumo de **leite diet** para intolerantes à lactose, que contém a lactose pré-digerida em glicose e galactose;
- o uso de **cápsulas contendo a enzima lactase** junto aos laticínios da dieta;
- o consumo de **iogurtes**, cuja produção envolve um processo de fermentação do leite que consome a maior parte da lactose.

O **leite de soja** pode ser usado sem problemas porque, como não tem origem em mamíferos, não contém lactose em sua composição.

O diagnóstico da doença é feito através de testes como:

- **teste de intolerância à lactose**, que detecta o teor de glicose no sangue após a ingestão de grandes quantidades de lactose; como os indivíduos intolerantes não digerem a lactose em glicose e galactose, não absorvem a glicose e têm seu teor de glicose sanguíneo inalterado;
- **teste de hidrogênio na respiração**; como os indivíduos intolerantes têm a lactose não digerida metabolizada pelas bactérias intestinais com liberação de substâncias como o gás hidrogênio, os níveis desse gás no ar expirado estarão aumentados após a ingestão de grandes quantidades de lactose;
- **teste de acidez nas fezes**; como os indivíduos intolerantes têm a lactose não digerida metabolizada pelas bactérias intestinais com liberação de substâncias como o ácido láctico, as fezes do indivíduo estarão mais ácidas após a ingestão de grandes quantidades de lactose.

A princípio, a enzima lactase só deveria ser produzida em crianças, uma vez que, originalmente, só elas utilizam leite na dieta. Assim, a produção de lactase vai naturalmente diminuindo com a idade. Em outras palavras, todos os indivíduos na espécie humana deveriam ser intolerantes à lactose. No entanto, algumas mutações levaram algumas populações a manterem a produção de lactase na idade adulta, levando ao surgimento da tolerância à lactose em algumas populações.

Nos europeus, que domesticaram o gado há milhares de anos, a tolerância à lactose permitiu que se continuasse usando o leite na dieta ainda na idade adulta, trazendo a vantagem de possibilitar o uso do leite de gado como uma excelente fonte de proteínas durante toda a vida. Assim, a seleção natural favoreceu a tolerância à lactose entre os europeus, de modo que, nesse grupo de indivíduos, a intolerância à lactose é bastante rara, com cerca de 20% dos indivíduos sendo intolerantes.

Nos africanos e orientais, o consumo de leite de gado é bem mais recente, tendo iniciado há poucas centenas de anos, especialmente devido ao aumento no contato com os europeus a partir do século XVI. Assim, a seleção natural não teve tempo suficiente de favorecer a tolerância à lactose entre africanos e orientais, de modo que, nesses grupos de indivíduos, a intolerância à lactose é bastante comum, com cerca de 80% dos indivíduos sendo intolerantes.

No Brasil, entre 50 e 70% da população tem alguma forma de intolerância à lactose.

GALACTOSEMIA

A galactosemia é uma doença determinada pela deficiência genética da enzima galactose-1-fosfato-uridil-transferase, de modo que a galactose do leite não pode ser convertida em glicose. Como consequência, a galactose se acumula no interior das células de órgãos como rins, fígado, cérebro e olhos, gerando derivados tóxicos e tornando o meio intracelular hipertônico em relação ao meio extracelular, o que leva tais células a ganhar água por osmose e aumentar de volume celular, o que causa danos aos órgãos afetados e efeitos como problemas hepáticos, problemas neurológicos e catarata.

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**.

TESTE DO PÉZINHO

O **“teste do pezinho”** ou **triagem neonatal** é um exame laboratorial capaz de detectar precocemente doenças genéticas ou infecciosas congênitas através da análise de uma pequena quantidade de sangue coletada através de um furinho na planta do calcanhar de crianças recém-nascidas. O calcanhar é o local de escolha para a coleta porque apresenta muitos vasos sanguíneos e uma pele espessa que diminui a dor da perfuração.

Esse teste deve ser feito em crianças após 48 horas e antes de 5 dias de nascidas. A realização do teste antes de 48 horas não detecta determinadas doenças cujos efeitos só se manifestam quando a criança inicia a ingestão de leite materno ou de fórmulas infantis. A realização do teste após 5 dias pode atrasar o diagnóstico e, conseqüentemente, o tratamento de condições que podem deixar sérias sequelas, dependendo da doença.

Desde 1992, o teste é obrigatório e gratuito no Brasil, sendo que a rede pública de saúde oferece uma versão do teste que detecta 6 doenças, sendo elas **fenilcetonúria, anemia falciforme, hipotireoidismo congênito, fibrose cística, hiperplasia adrenal congênita e deficiência de biotinidase**. A rede privada oferece versões ampliadas do teste, como o **“Mais”**, que diagnostica mais quatro doenças além da versão básica, totalizando 10 doenças, sendo elas **galactosemia, deficiência de G6PD (glicose-6-fosfato-desidrogenase), leucinose e toxoplasmose congênita**, e o **“Super”**, que diagnostica até 48 doenças. O inconveniente é que, quanto maior o número de doenças diagnosticadas, maior o custo do exame.

POLISSACARÍDEOS

Os **polissacarídeos** são glicídios formados pela união de **mais de 10 monossacarídeos** através de ligações glicosídicas. Normalmente, esses polissacarídeos são constituídos de milhares de unidades de monossacarídeos, sendo caracterizados como **macromoléculas**, de altíssimo peso molecular. 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.

O **glicogênio** é o principal polissacarídeo de **reserva** em **animais**, o **amido** é o principal polissacarídeo de **reserva** em **vegetais**, a **celulose** é o principal polissacarídeo **estrutural** em **vegetais** e a **quitina** é o principal polissacarídeo **estrutural** em animais.

GLICOGÊNIO

O **glicogênio** é o principal glicídio de reserva em **animais** e **fungos**, sendo formado pela ligação de **cerca de 30.000 unidades α -glicose**. A conversão de glicose em glicogênio recebe a denominação de **glicogenogênese**.

A estratégia de armazenar a glicose em polissacarídeos como o glicogênio, formado pela união de milhares de unidades de glicose, tem o objetivo de **reduzir a pressão osmótica nas células**. Como a osmose é uma propriedade coligativa das soluções, não depende da natureza química das partículas dissolvidas, mas apenas da concentração das mesmas, de modo que muitas moléculas de glicose livres aumentariam a pressão osmótica da célula e atrairiam água por osmose para a mesma, levando a desequilíbrios hídricos. A união de milhares de moléculas de glicose em uma única molécula de glicogênio diminui o número de

partículas na célula, o que impede um aumento exagerado da pressão osmótica da célula, garantindo seu equilíbrio hídrico.

No corpo humano, os principais órgãos armazenadores de glicogênio são os **músculos estriados** e o **fígado**. Quando há necessidade de glicose, esses órgãos desencadeiam quebra de glicogênio em glicose, num processo denominado **glicogenólise**.

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 pode ser estimulada por dois hormônios, o **glucagon** e a **adrenalina**, ambos desencadeando aumento de glicemia.

O **hormônio glucagon** é produzido pelo **pâncreas** 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 produzido pelas **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.

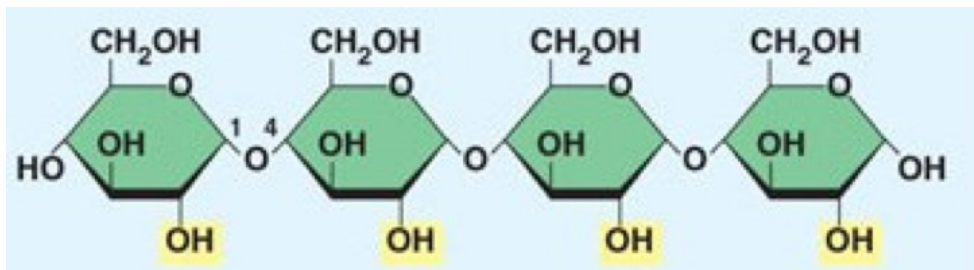
Tome nota:

AMIDO

O **amido** é o principal glicídio de reserva em **vegetais**, sendo formado pela ligação de **cerca de 1400 unidades α -glicose**, ocorrendo em duas formas, denominadas **amilose** e **amilopectina**.

Na maioria das plantas, os principais órgãos armazenadores de amido são **caules tubérculos**, como a batata-inglesa, **raízes tuberosas**, como a mandioca, e **frutos** em geral, incluindo **grãos** como milho, trigo e arroz.

A principal forma de obtenção de glicose por animais está na ingestão de amido. A presença de **enzimas α -amilases** nesses organismos possibilita a eles digerir o amido em glicose, que será usada como fonte de energia na respiração celular.



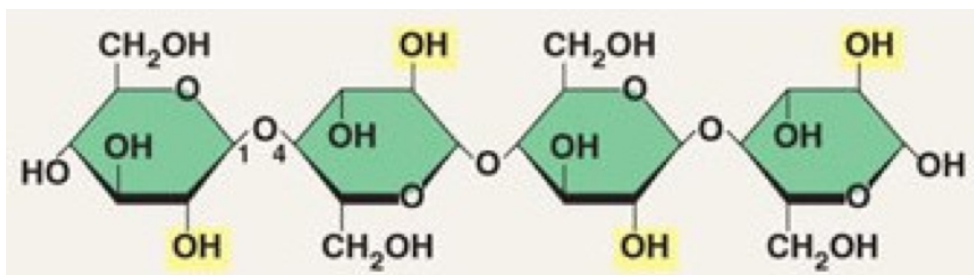
Amido, constituído de α -D-glicose.

Uma maneira usual de se identificar a presença de amido nos alimentos é através do **teste do iodo**, no qual compostos contendo iodo reagem com o amido do alimento e o marcam com uma coloração azul-arroxeadada. Em outras palavras, na presença de iodo, uma determinada amostra que contém amido fica azul, mas uma amostra que não contém amido não fica azul.

CELULOSE

A **celulose** é o principal glicídio estrutural em **vegetais**, sendo formado pela ligação de **cerca de 10.000 unidades de β -glicose** e constituindo a **parede celular de células vegetais**. A parede celular é uma estrutura externa à membrana plasmática e que confere à célula vegetal proteção mecânica, proteção osmótica e proteção biológica, o que se dá pelas propriedades de alta resistência mecânica e flexibilidade da celulose.

Materiais como **madeira, papel** (produzido a partir de madeira), **palha** e tecidos como **linho e algodão** são constituídos de celulose, que corresponde à substância orgânica mais abundante na natureza.



Celulose, constituída de β -D-glicose.

Ao contrário do amido, que pode ser digerido por animais através de enzimas α -amilases, a celulose não pode ser digerida por eles porque **animais não** possuem **enzimas β -celulases**. Deste modo, **animais herbívoros têm que se associar a microorganismos produtores de enzimas β -celulases**, como bactérias e protozoários, que digerem a celulose em glicose, para que possa ser usada como fonte de energia na respiração celular.

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

apêndice cecal ou **vermiforme**.

Humanos e chimpanzés, apesar de apresentarem uma relação de parentesco bem próxima com gorilas, possuem apêndice cecal atrofiado, sugerindo que nossos ancestrais comuns com os gorilas apresentavam apêndice cecal desenvolvido e associação com microorganismos produtores de enzimas β -celulases, sendo, possivelmente, herbívoros. O apêndice cecal se manteve desenvolvido nos gorilas, que se mantiveram herbívoros, mas se tornou vestigial em humanos e chimpanzés, o que implica na ocorrência de pequenas quantidades de microorganismos produtores de enzimas β -celulases e na impossibilidade de digerir celulose significativamente, de modo que não pode ser usada como fonte de glicose na nossa alimentação.



Níquel Náusea - Fernando Gonsales

Cupins se associam a protozoários *Trypanosoma sp* para digerir celulose...

Apesar de a celulose não poder ser digerida no corpo humano e não ser fonte de glicose, ela é essencial na nossa dieta por ser o principal componente das **fibras alimentares**.

FIBRAS ALIMENTARES

As **fibras alimentares** são um conjunto de moléculas orgânicas presentes nos alimentos, apresentando natureza química diversa e tendo ação sobre o funcionamento do sistema digestório humano. Existem as fibras insolúveis e as fibras solúveis.

Fibras insolúveis correspondem a substâncias como a **celulose** , e são encontradas em alimentos como **vegetais folhosos, cascas de frutas e cereais integrais** (como **pão integral e arroz integral**). **Como a celulose não é digerível, não pode ser absorvida pelo corpo** (por ser uma molécula muito grande para atravessar as membranas celulares), de modo que **a celulose ingerida é quase que integralmente eliminada nas fezes** , com benefícios como:

- o **aumento do bolo fecal** e o **estímulo ao peristaltismo, diminuindo o risco de constipação (ou prisão de ventre);** e
- o **aumento na eliminação de toxinas nas fezes, diminuindo o risco de câncer de intestino.**

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 digestão de gorduras e sendo reabsorvidos do intestino para o sangue após sua atuação. Tal reabsorção permite que os sais biliares possam ser reutilizados no processo digestivo. 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.)

fibra



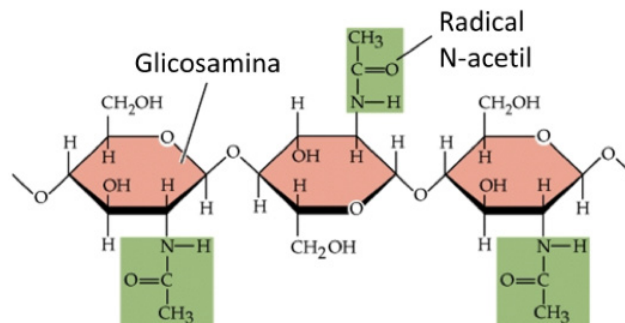
na
dieta!

Calvin e Haroldo – Bill Watterson

QUITINA

A **quitina** é o principal glicídio estrutural em **animais e fungos**, sendo formado pela ligação de **milhares de unidades de N-acetil-glicosamina**, um derivado de glicose que contém um grupo amina (-NH₂) associado a um radical acetila (CH₃CO-).

A quitina é o constituinte principal de estruturas como o **exoesqueleto de artrópodes, como insetos, aracnídeos e crustáceos** (sendo que nos crustáceos, o exoesqueleto, chamado de carapaça, se encontra associado a carbonato de cálcio), e a **parede celular de células fúngicas**.



Quitina, constituída de N-acetil-glicosamina.

DIFERENÇAS ENTRE OS GLICÍDIOS COMPLEXOS

As unidades formadoras de um oligo ou polissacarídeo, quando ligadas entre si, podem ser chamadas de **resíduos**. Desta maneira, pode-se afirmar que a maltose contém dois resíduos de glicose, a sacarose contém um resíduo de glicose e um resíduo de frutose e a lactose contém um resíduo de glicose e um resíduo de galactose.

Glicogênio, amido e celulose contêm, cada um, milhares de resíduos de glicose, podendo ser diferenciados em vários aspectos, como a forma na qual a glicose se encontra, o número de resíduos de glicose e a maneira como esses resíduos se ligam, se de forma linear ou ramificada e através de que carbonos da glicose (que, como é uma hexose, possui 6 carbonos).

O **glicogênio** possui cerca de **30.000 resíduos de α-glicose** em **cadeia ramificada**, com os resíduos de α-glicose ligados por ligações glicosídicas entre o carbono 1 de um resíduo e o carbono 4 de outro resíduo (**ligações 1→4**) e com **ramificações** a cada **8 a 12 resíduos** por ligações glicosídicas entre o carbono 1 de um resíduo e o carbono 6 de outro resíduo (**ligações 1→6**).

O **amido** possui cerca de **1400 resíduos de α-glicose**, apresentando duas formas, a amilose e a amilopectina. A **amilose** apresenta uma **cadeia linear**, com os resíduos de α-glicose ligados por ligações glicosídicas entre o carbono 1 de um resíduo e o carbono 4 de outro resíduo (**ligações 1→4**). Já a **amilopectina** apresenta uma **cadeia ramificada**, com a **cadeia principal** com os resíduos de α-glicose ligados por ligações glicosídicas entre o carbono 1 de um resíduo e o carbono 4 de outro resíduo (**ligações 1→4**) e com **ramificações** a cada **24 a 30 resíduos** por ligações glicosídicas entre o carbono 1 de um resíduo e o carbono 6 de outro resíduo (**ligações 1→6**). Perceba que a amilopectina é muito semelhante ao glicogênio, diferindo dele por apresentar menos resíduos de glicose e por apresentar ramificações em intervalos mais longos dentro da cadeia principal.

A **celulose** possui cerca de **10.000 resíduos de β-glicose** em **cadeia linear**, com os resíduos de β-glicose ligados por ligações glicosídicas entre o carbono 1 de um resíduo e o carbono 4 de outro resíduo (**ligações 1→4**).

GLICÍDIOS CONJUGADOS

Holosídeos são glicídios constituídos somente de moléculas de carboidratos. **Heterosídeos** ou **glicídios conjugados** são glicídios constituídos de moléculas de carboidratos associadas a grupos químicos que não ocorrem regularmente nos carboidratos. Como exemplos, podem ser citados glicosaminoglicanas, glicolipídios, glicoproteínas e proteoglicanas.

GLICOSAMINOGLICANAS

As **glicosaminoglicanas** ou **mucopolissacarídeos** são glicídios conjugados que se apresentam ligados a grupamentos amina (-NH₂). Alguns importantes exemplos são:

- a **quitina**, formada por milhares de resíduos de N-acetil-glicosamina e, como mencionado, formadora do exoesqueleto de artrópodes e da parede celular de fungos;
- a **heparina**, principal anticoagulante no sangue;
- o **ácido hialurônico**, abundante nos tecidos conjuntivos e com ação de cimentante entre as células;
- o **ácido condroitinossulfúrico** ou **condrina**, que, além de nitrogênio, possui enxofre (derivado do ácido sulfúrico) em sua composição, sendo o componente mais característico do tecido conjuntivo cartilaginoso.

Tome nota:

GLICOLIPÍDIOS

Os **glicolipídios** são formados pela associação de glicídios e lipídios, podendo ser encontrados nas membranas celulares como um dos constituintes do glicocálix. O glicocálix de membranas de células animais apresenta funções diversas como proteção, adesão a células vizinhas e reconhecimento celular.

GLICOPROTEÍNAS

As **glicoproteínas** são formadas pela associação de glicídios e proteínas, sendo a parte proteica maior que a parte glicídica, que é constituída de oligossacarídeos, e podendo ser encontradas nas membranas celulares como um dos constituintes do glicocálix.

GLICOPROTEÍNAS

As **proteoglicanas** são formadas também pela associação de glicídios e proteínas, sendo a parte glicídica, que é constituída de glicosaminoglicanas, maior que a parte proteica. O exemplo mais importante é a **mucina**, principal constituinte do muco, com funções como proteção química contra as secreções digestivas e lubrificação do tubo digestivo e de ligamentos e tendões.

ADOÇANTES ARTIFICIAIS, LIGHTS E DIETS

O **açúcar de cozinha**, quimicamente chamado de **sacarose**, é o mais conhecido dos glicídios, e apresenta um característico sabor adocicado muito agradável ao paladar, o que leva, muitas vezes, ao seu consumo abusivo nos alimentos. No sistema digestório humano, a enzima sacarase digere a sacarose em glicose e frutose, e, no interior do corpo humano, a frutose é convertida em derivados de glicose, sendo a glicose e seus derivados utilizados como fonte de energia na respiração celular. **Excessos de glicose**, no entanto, são convertidos em **gorduras**, as quais, em excesso, levam à **obesidade** e à **síndrome metabólica**, condição que aumenta o risco de **doenças cardiovasculares** e de **diabetes mellitus**.

Adoçantes artificiais ou **edulcorantes** são substâncias que possuem sabor adocicado, podendo substituir a sacarose nos alimentos, mas sem o inconveniente de aumentarem a glicemia e/ou o risco de obesidade. Entre os adoçantes mais utilizados, podem ser citadas substâncias como **sacarina**, **sucralose**, **sorbitol**, **manitol** e **aspartame** (formado pela associação do aminoácido ácido aspártico com o aminoácido fenilalanina). Esses compostos agem de várias possíveis maneiras para impedir ganho de peso, podendo apresentar pequeno valor calórico, alto poder adoçante (e, conseqüentemente, podendo ser usados em pequenas quantidades) ou, simplesmente, não sendo absorvidos pelo corpo humano e eliminados pelas fezes.

LIGHTS X DIETS

Segundo a legislação brasileira, um alimento pode ser rotulado de **light** quando apresenta teor reduzido de, no mínimo, 25% de um determinado nutriente e/ou do valor calórico em relação à formulação original do alimento. Um alimento pode ser rotulado como **diet** quando é modificado para suprir necessidades dietéticas específicas de portadores de uma determinada condição. Deste modo, um alimento ser “*diet*” não significa necessariamente que apresenta menor valor calórico do que sua versão original, ou seja, não necessariamente um alimento *diet* auxiliará no controle do peso. O termo *diet*, inclusive, deve ser especificado para que grupo de indivíduos houve a modificação nutricional, havendo *diets* para diabéticos, fenilcetonúricos, celíacos, etc.

DIET PARA DIABÉTICOS: NÃO CONTÉM AÇÚCAR

A **diabetes mellitus** é uma condição na qual o indivíduo tem dificuldade de remover a glicose do sangue para as células, de modo a apresentar **hiperglicemia crônica**, especialmente após refeições ricas em carboidratos. Assim, **alimentos dietéticos para diabéticos não apresentam açúcar**, o qual pode ser substituído por adoçantes artificiais, que não são constituídos de glicose e, conseqüentemente, não interferem na glicemia.

Um alimento *diet* para diabéticos não

necessariamente é *light* em calorias. Por exemplo, chocolates dietéticos para diabéticos não apresentam açúcar, mas possuem maior teor de gordura do que os chocolates convencionais, não apresentando uma redução significativa de seu valor calórico.

DIET PARA CELÍACOS: NÃO CONTÉM GLÚTEN

A celíase ou intolerância ao glúten é uma condição na qual o indivíduo apresenta reações imunológicas no sistema digestório diante da ingestão de glúten, resultando em destruição das vilosidades intestinais e, conseqüentemente, em baixa absorção intestinal de nutrientes. Como a celíase não apresenta cura, deve ser receitada aos celíacos uma dieta sem glúten que previne as lesões intestinais. Assim, alimentos dietéticos para celíacos não apresentam glúten. Segundo a legislação brasileira, alimentos que contenham glúten devem vir com um alerta no rótulo para que sejam evitados por celíacos.

O glúten é a mistura das proteínas glutenina e gliadina encontradas em sementes de cereais como trigo, centeio e aveia, e é responsável pela elasticidade das massas de trigo, o que permite que pães e bolos inchem quando submetidos à ação dos fermentos.