

1. SISTEMA ENDÓCRINO

Grande parte das funções e atividades do organismo é coordenada pelos sistemas nervoso e endócrino (hormonal). O sistema endócrino é composto por diversas glândulas (hipófise, tireoide, paratireoides, adrenais, pâncreas endócrino, pineal e gônadas) que são comandadas pelo sistema nervoso e também influenciadas umas pelas outras.

Morfologicamente as glândulas do sistema endócrino são **classificadas** em **cordonais** ou **vesiculares**. No primeiro caso, as células organizam-se nos chamados **cordões celulares** caracterizados por aglomerados celulares relativamente compactos que podem ter ou não algum tipo de organização (visto mais adiante na descrição das diferentes glândulas). No segundo caso, as células organizam-se em **folículos** ou **vesículas**, isto é, em estruturas ocas, cuja parede é constituída pelo epitélio secretor endócrino (cúbico simples ou estratificado) e em cujo interior há uma cavidade, preenchida de substância coloide ou de líquido, sendo o caso apenas da tireoide e dos folículos ovarianos, respectivamente. Independentemente da morfologia, todas as glândulas endócrinas são responsáveis pela produção de **hormônios**, que são liberados em **capilares sanguíneos e distribuídos pelo organismo**, diluídos no plasma, atuando como sinalizadores químicos em células-alvo distantes que tenham receptores para tais hormônios (rever Sinalização Celular da Biologia Celular). Vale ressaltar que, além das glândulas endócrinas, há também células endócrinas isoladas, como as células enteroendócrinas encontradas no trato digestivo.

Como já citado, os tecidos ou órgãos-alvo possuem receptores para hormônios específicos, permitindo a livre circulação de hormônios no sangue sem que haja influência nas demais células do corpo. Além disso, estes receptores possibilitam que as células-alvo percebam os hormônios correspondentes mesmo em concentrações muito pequenas no sangue.

As próprias células endócrinas podem ser células-alvo de outras glândulas endócrinas, possibilitando controle da secreção de hormônios por um sistema de retroalimentação (*feedback*; pode ser negativo, de inibição de função – mais comum-, ou positivo de estimulação), mantendo níveis hormonais plasmáticos adequados.

HIPÓFISE

A **hipófise** - ou pituitária - está localizada em uma cavidade do osso esfenóide e possui **origem embriológica dupla**: neuroectodérmica (**nervosa**) e ectodérmica (**epitelial**).

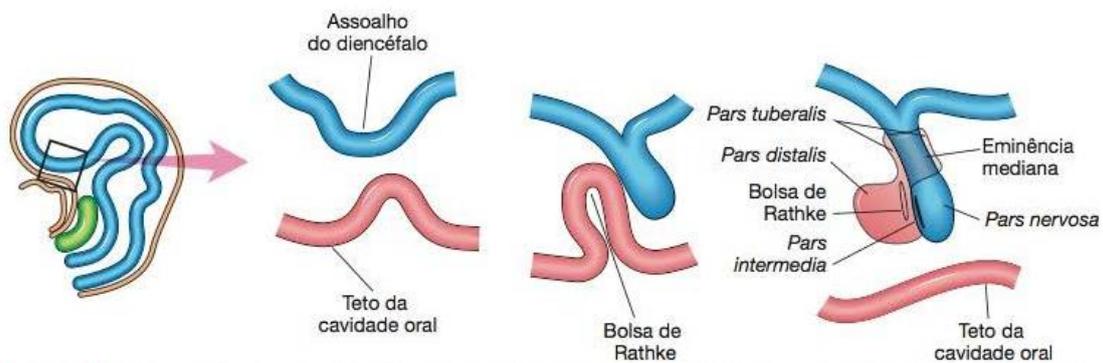


Figura 20.1 Desenvolvimento embrionário da adeno-hipófise e da neuro-hipófise a partir do ectoderma do teto da cavidade oral e do assoalho do diencéfalo.

Devido à sua origem dupla, a hipófise pode ser dividida em duas regiões: a **neurohipófise** e a **adenohipófise**, as quais apesar de unidas anatomicamente, sintetizam hormônios distintos e também têm características histológicas diferenciadas.

- Neurohipófise (hipófise posterior)

A neurohipófise é formada por **axônios** amielínicos de **neurônios** secretores cujos **corpos** (pericários) constituem o **hipotálamo** (região do cérebro). Além de axônios, a neurohipófise contém também uma pequena quantidade de células do tecido conjuntivo e neurogliais. Os **hormônios** são **sintetizados nos corpos** dos neurônios localizados **no hipotálamo**, depois são **transportados pelos axônios** na **neurohipófise** e aí estocados até que sua secreção seja necessária. Existem 2

tipos de neurônios, os de axônios mais longos e os mais curtos. Os mais **longos** secretam o **ADH** (sigla em inglês **hormônio antidiurético**), responsável pelo aumento da **reabsorção de água** pelos rins, participando do controle da pressão arterial; e a **ocitocina**, que estimula a **ejeção do leite** nas **glândulas mamárias** e as **contrações uterinas** no parto. Os mais **neurônios curtos** secretam peptídios que **controlam** a função da **adenohipófise** (interrelação neuroendócrina). São os chamados **fatores liberadores ou inibidores** dos hormônios hipofisários como o fator liberador de gonadotrofinas (GnRH) ou o fator inibidor de prolactina (PIF), dentre vários outros.

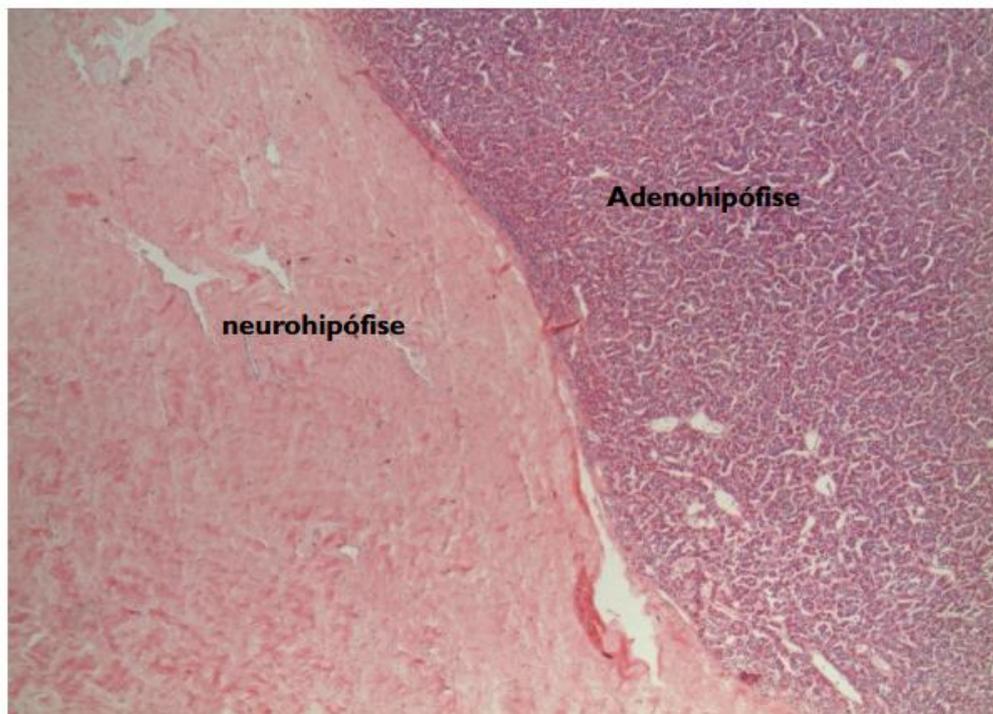
- Adenohipófise (hipófise anterior):

A adenohipófise é formada por cordões de células epiteliais produtoras de hormônios, os quais são armazenados em grânulos de secreção no citoplasma celular. As células são morfológicamente semelhantes, embora com alguma variação em sua afinidade por corantes usuais. Funcionalmente as células são similares ao produzirem hormônios, mas diferentes células sintetizam diferentes hormônios sendo elas nomeadas de acordo com o hormônio produzido:

- **Somatotrofos:** produtoras do **hormônio do crescimento (GH)** ou somatotrofina; atuam sobre vários **tecidos**, como ossos, estimulando **crescimento**.
- **Mamotrofos:** produtoras de **prolactina (PRL)** que atua sobre a **glândula mamária** estimulando a **produção de leite**
- **Tireotrofos:** produtoras de **hormônio tireoestimulante (TSH)** que estimula a tireoide a produzir seus **hormônios T3 e T4**
- **Corticotrofos:** produtoras de **hormônio adrenocorticotrófico (ACTH)** que estimula células do **córtex da adrenal** a sintetizarem seus **hormônios corticoides**
- **Gonadotrofos:** produtoras de **hormônios folículo estimulante (FSH)** e **luteinizante (LH)** que atuam sobre as **gônadas** para produzirem **hormônios esteroides sexuais**.

A hipófise como um todo é revestida por uma cápsula de tecido conjuntivo e o parênquima apresenta tecido conjuntivo frouxo entremeado (estroma) rico em capilares sanguíneos. Como já mencionado, **alguns** dos **hormônios** da **adenohipófise** atuam sobre **outras glândulas endócrinas** (TSH sobre tireoide; ACTH sobre córtex da adrenal; FSH/LH sobre gônadas), de forma que elas produzam os seus hormônios (T3 e T4, corticoides e esteroides sexuais, respectivamente). A elevação sanguínea dos níveis dos hormônios das glândulas-alvo, por sua vez, acaba por inibir a secreção dos hormônios estimulatórios da adenohipófise, de forma a interromper o estímulo e cessar a produção hormonal nas glândulas-alvo, finalizando a sinalização. A esse processo se dá o nome de **retroalimentação negativa** ou *feedback* negativo. O feedback também pode ser positivo. Assim, a atividade da adenohipófise é controlada por secreções (fatores estimuladores e inibidores dos axônios de neurônios curtos da neurohipófise, sintetizados no corpo desses neurônios no hipotálamo – interrelação neuroendócrina) e pelos hormônios de suas glândulas-alvo (feedback negativo ou positivo). Esses controles serão estudados de forma aprofundada na fisiologia.

Lâmina 29 – HIPÓFISE
Adenohipófise e neurohipófise

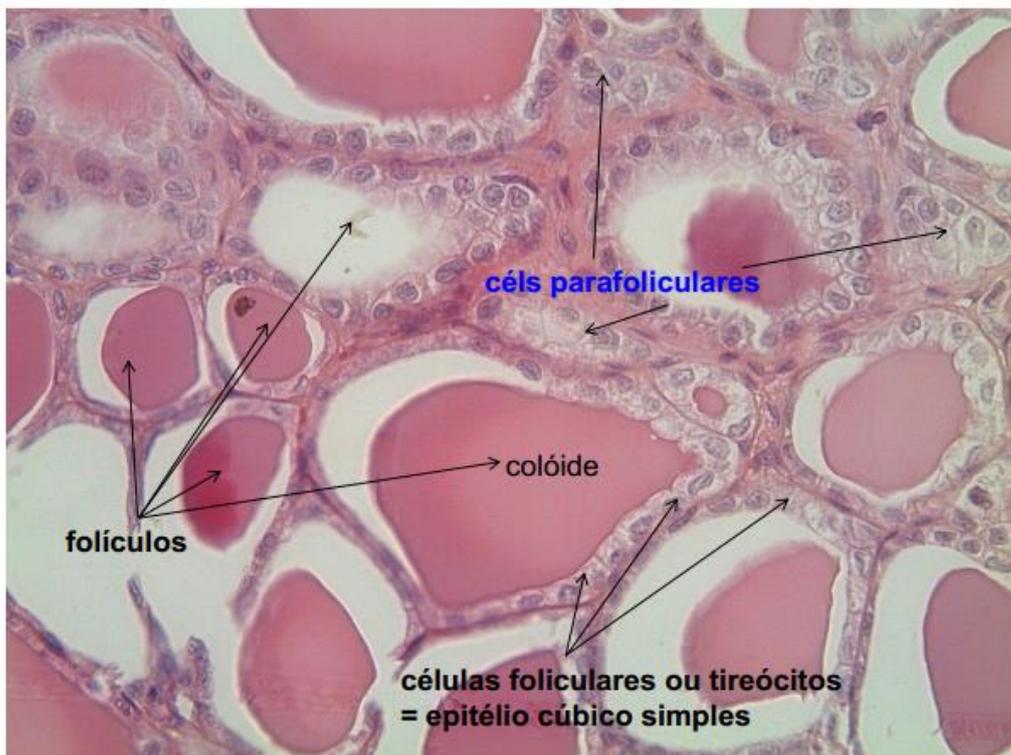


TIREÓIDE

Situada na região da traqueia, a tireoide é de origem endodérmica e é composta de 2 lobos unidos por um istmo. É responsável pela produção e secreção da **calcitonina**, hormônio importante no **metabolismo do cálcio**, e dos hormônios **estimulantes do metabolismo geral**, a **tiroxina (T4)** e a **triiodotironina (T3)**. O controle da secreção hormonal da glândula é dado pelo hormônio tireoestimulante (TSH) secretado pela adenohipófise.

A tireoide é revestida por uma **cápsula** de tecido conjuntivo denso e é constituída por **folículos tireoidianos** cuja parede é constituída de células de **epitélio cúbico simples**, denominadas **tireócitos**. Estas células secretarão no interior dos folículos (luz) uma substância denominada **coloide**, cujo principal constituinte é a glicoproteína **tireoglobulina**, que precursor dos hormônios tireoidianos (T3 e T4). O segundo tipo celular, as **células parafoliculares**, localizadas **entre os folículos**, são as células responsáveis pela secreção de **calcitonina**, que atua na **diminuição** dos níveis de **Ca²⁺ no sangue** em condições de hipercalcemia.

Lâmina 26 (caixa grande) ou Lâmina 4 (caixa pequena) – TIREOIDE
Folículo tireoidiano = epitélio cúbico simples e colóide; células parafoliculares

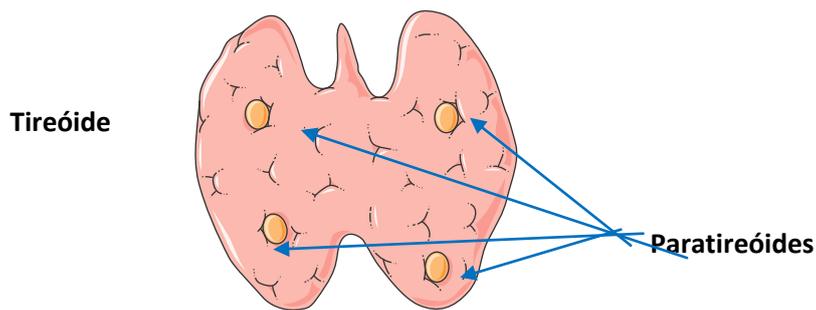


PARATIREOIDE

Composta por quatro pequenas glândulas situadas na face posterior da tireoide, geralmente dentro da cápsula que reveste os lobos da mesma, a paratireoide é constituída pelas células:

- **Principais:** as mais abundantes e menores delas, secretoras do **paratormônio (PTH)**. São organizadas em cordões celulares entremeados com tecido conjuntivo frouxo e capilares sanguíneos.

- **Oxífilas:** células maiores de função desconhecida.



O **paratormônio** atua na atividade dos osteoclastos, estimulando a reabsorção da matriz óssea por essas células, e conseqüentemente, liberando os íons cálcio do tecido ósseo para o sangue, **elevando** seus níveis **cálcio** no plasma **sanguíneo**.

A ação dos hormônios calcitonina das células parafoliculares da tireoide e paratormônio das células principais da paratireoide atuam de forma antagônica sobre os níveis de cálcio do sangue que devem ser mantidos constantes dentro de uma faixa ótima para cada espécie animal. Quando há excesso de cálcio no sangue, ocorre a liberação de calcitonina que fará com que mais cálcio seja depositado nos ossos (inibindo os osteoclastos, por exemplo), de forma a diminuir no sangue. Se o cálcio estiver reduzido, entrará em ação o paratormônio para promover a remoção do cálcio dos ossos para elevar seus níveis no sangue.

ADRENAIS (SUPRA-RENAIS)

Situadas cranialmente sobre cada rim, as glândulas adrenais (duas, uma em cada lado) são envolvidas por uma **cápsula** de tecido conjuntivo. As adrenais são divididas duas camadas:

- **Córtex:** camada mais periférica, externa, cuja função é a produção de hormônios esteroides (derivados do colesterol) chamados coletivamente de corticosteroides.

O córtex da adrenal, por sua vez, é organizado em três subcamadas que se diferem por sua posição, disposição de suas células e os hormônios produzidos em cada uma:

- **Zona glomerulosa:** é a mais superficial situada logo abaixo da cápsula conjuntiva, possui células colunares agrupadas em estruturas arredondas (glomérulos) ou em arcos e que secretam de **mineralocorticoides** (por exemplo, a **aldosterona**) que atuam principalmente no controle dos **níveis de sódio** no organismo, mas também potássio e água, contribuindo no controle da pressão arterial.

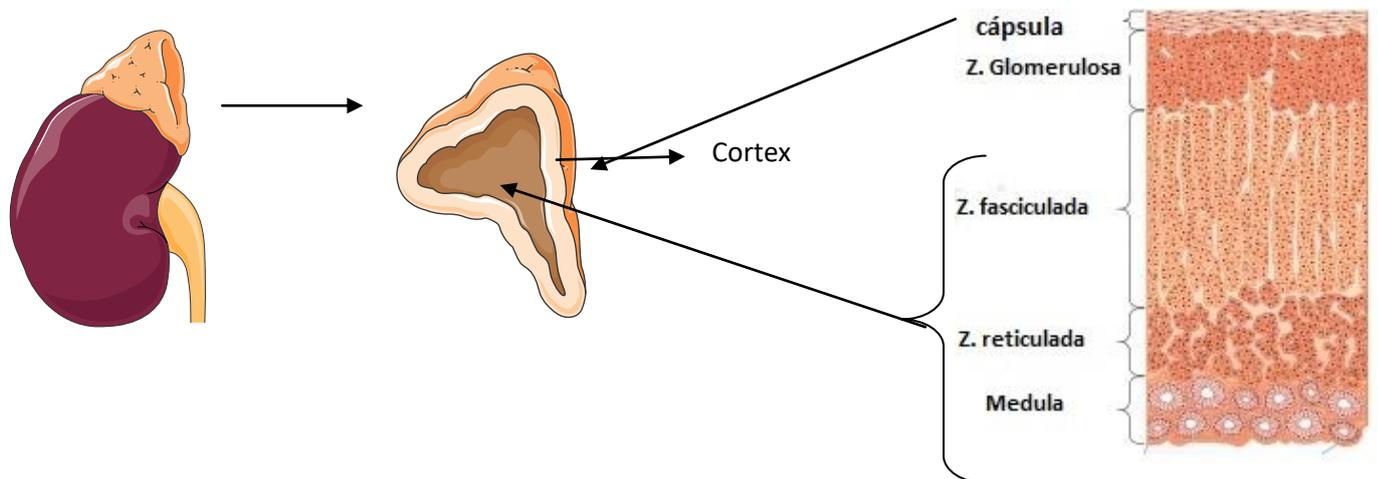
- **Zona fasciculada:** é a subcamada intermediária do córtex e também a mais extensa formada por células poliédricas agrupadas cordões paralelos. São as principais produtoras de **glicocorticoides** (por exemplo, como o cortisol e a corticosterona) que atuam especialmente no **metabolismo de carboidratos**, mas também de proteínas e lipídios, além de terem ação anti-inflamatória e imunossupressora.

- **Zona reticulada:** zona mais interna do córtex, suas células agrupam-se **redes** compostas por **cordões irregulares**. São produzidos hormônios esteroides sexuais masculinos (**andrógenos**).

A secreção de hormônios do córtex da adrenal é controlada pelo hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) da **adenohipófise**.

- **Medula:** porção mais interna e central da adrenal, cujas células são poliédricas e dispostas em cordões ou aglomerados arredondados. Suas células secretam as chamadas **catecolaminas** – **epinefrina** (adrenalina) e **norepinefrina** (noradrenalina) – que são substâncias mediadoras do sistema nervoso simpático, relacionadas com força de contração muscular, aumento de fluxo sanguíneo, dilatação dos brônquios, aumento da glicemia, dilatação das pupilas, aumento da lipólise, etc, ou seja, como reação de luta-e-fuga.

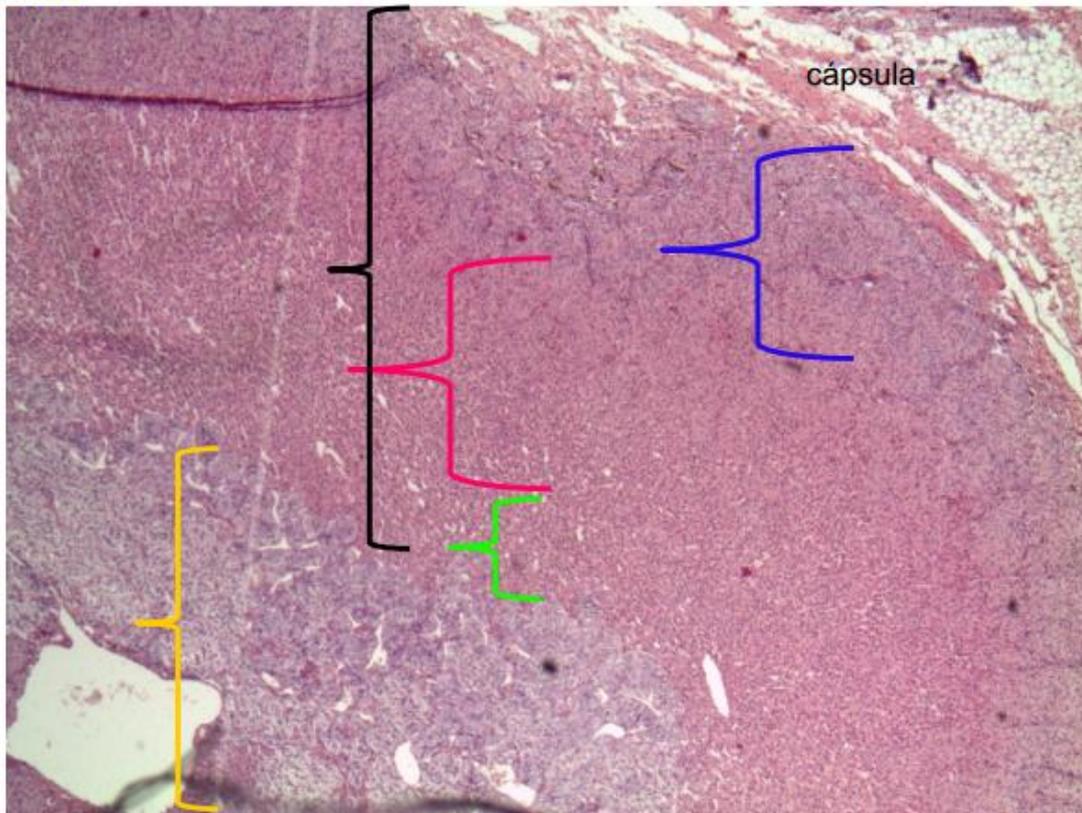
A medula geralmente acumula seus produtos de secreção para serem liberados em situações reações emocionais extremas como num susto ou situação de perigo.



Lâmina 76 (caixa grande) ou Lâmina 17 (caixa pequena) – ADRENAL

Córtex = zona glomerular, fasciculada, reticular

Medula



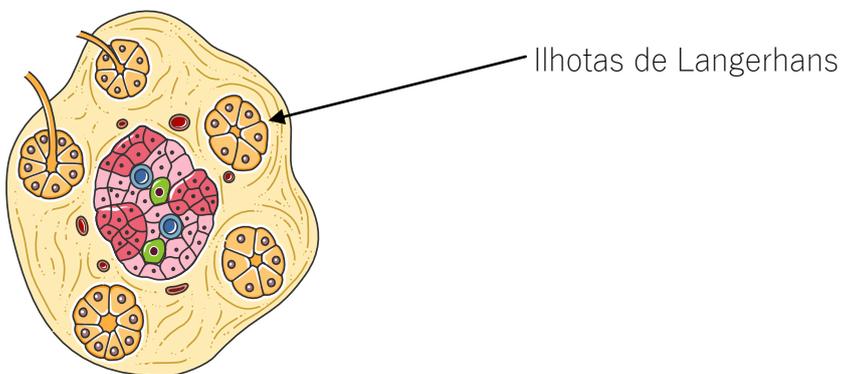
PÂNCREAS

O pâncreas é uma glândula mista (**exócrina e endócrina**) em termo de classificação funcional do epitélio glandular (secretor). A maior parte da glândula produz uma secreção exócrina (suco pancreático com uma mistura de enzimas digestivas secretadas pelos ácinos serosos; rever no Sistema Digestório, glândulas anexas) que será lançada ao duodeno por meio de um ducto. As **porções endócrinas** podem ser facilmente distintas em corte histológico como grandes áreas claras de aglomerados celulares, as chamadas **ilhotas de Langerhans**, situadas entre os ácinos serosos exócrinos. As ilhotas são compostas por **3 tipos de células**, morfologicamente similares, mas que **secretam diferentes hormônios**:

- **Beta:** localizadas mais centralmente e em maior quantidade são secretoras de **insulina**, hormônio que controla os níveis plasmáticos de **glicose** estimulando sua **absorção pelos tecidos** (muscular estriado esquelético e adiposo e fígado, por exemplo, que a armazenarão na forma de glicogênio), resultando em **diminuição** de seus níveis sanguíneos. A liberação de insulina é estimulada, por exemplo, após a alimentação.

- **Alfa:** localizadas mais periféricamente nas ilhotas, são secretoras de **glucagon**, hormônio antagônico à insulina, ou seja, também controla os níveis plasmáticos de **glicose**, mas estimulando sua liberação de tecidos para o sangue, resultando em **elevação**. A liberação de glucagon é estimulada, por exemplo, após jejum prolongado.

- **Delta:** situadas entre as células alfa, são secretoras de **somatostatina**, hormônio que **inibe** o hormônio do crescimento (**GH**) da adenohipófise, e a **insulina e glucagon** da própria ilhota.



PINEAL OU EPÍFISE

Localizada no diencéfalo (região do cérebro), a glândula pineal é composta por dois tipos celulares: os astrócitos e os **pinealócitos**, que compõe 95% das células dessa glândula.

A pineal converte impulsos luminosos em descargas hormonais de **melatonina**, atuando diretamente no **ritmo circadiano** (percepção de noite e dia; controlando o ciclo de sono-vigília) e demais ritmos biológicos, como a **estacionalidade reprodutiva**, por exemplo.

A alternância de períodos claros e escuros reflete na quantidade de melatonina sintetizada. Assim, durante o dia, os níveis de melatonina encontram-se baixos (visto que sua síntese é inibida pela luz captada pela retina e percebida no cérebro) e durante a noite, elevados, uma vez que a diminuição da luminosidade estimula a síntese desse **hormônio**.

Em algumas espécies, em virtude das noites mais longas ou mais curtas, é possível, ainda, que a pineal permita ao organismo ter “percepção” das estações (inverno/verão, períodos de dias curtos e longos, respectivamente), atuando no ciclo reprodutivo de espécies estacionais, ou seja, em espécies cuja reprodução só se dá em estações específicas do ano, como equinos (reprodução na primavera/verão) e pequenos ruminantes (outone/inverno).

OVARIOS E TESTICULOS

Parte das glândulas endócrinas, os ovários e testículos são estruturas reprodutivas (gônadas) femininas e masculinas, respectivamente, que tem como função a produção de gametas (ovócitos e espermatozoides, respectivamente), além da produção de **hormônios sexuais femininos** (estrógeno e progesterona) e **masculinos** (testosterona). As gônadas estão descritas no Sistema Reprodutor Feminino (ovários) e Masculino (testículos).

- Revisão:

1. Quais as funções do Sistema Endócrino?
2. Quais as características gerais das glândulas endócrinas?
3. O que são hormônios e como atuam?
4. O que é inter-relação neuroendócrina? Exemplifique.
5. Qual a relação histológica do hipotálamo com a hipófise?
6. Descreva a estrutura e relacione as funções das diferentes glândulas que constituem o sistema endócrino: Hipófise, tireoide, paratireoides, adrenais, pâncreas endócrino e pineal