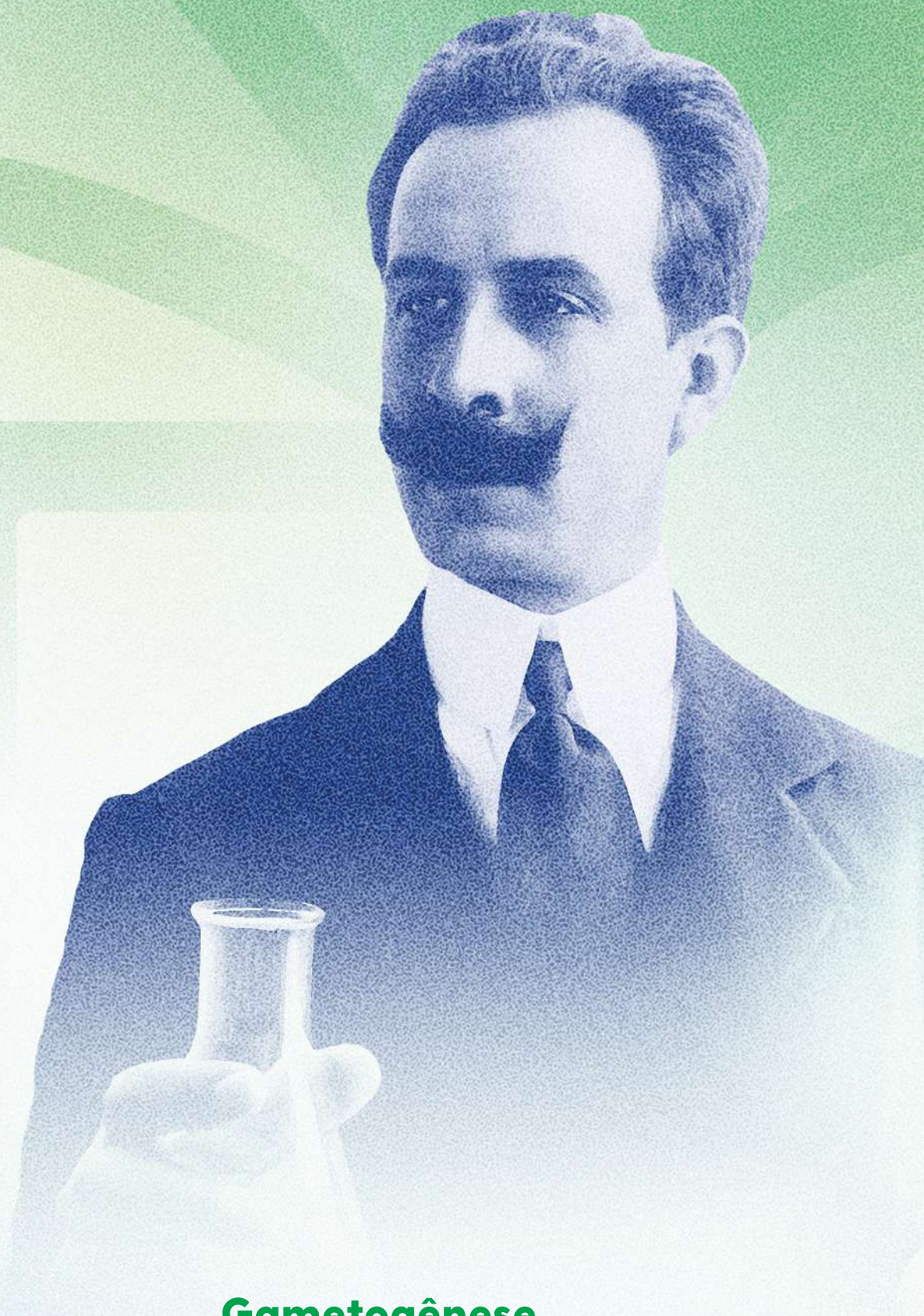
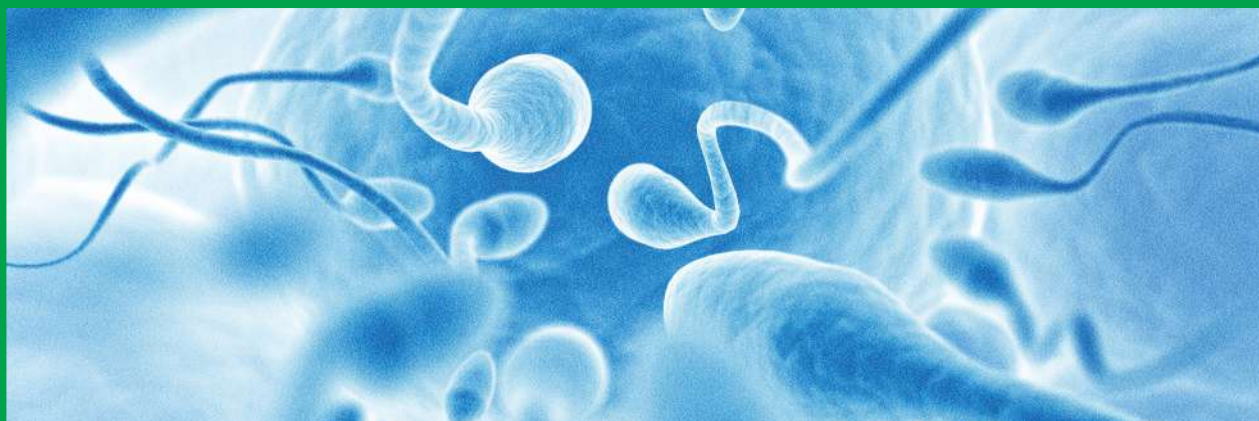


BIOLOGIA

com Arthur Jones



**Gametogênese
masculina, feminina
e fecundação**



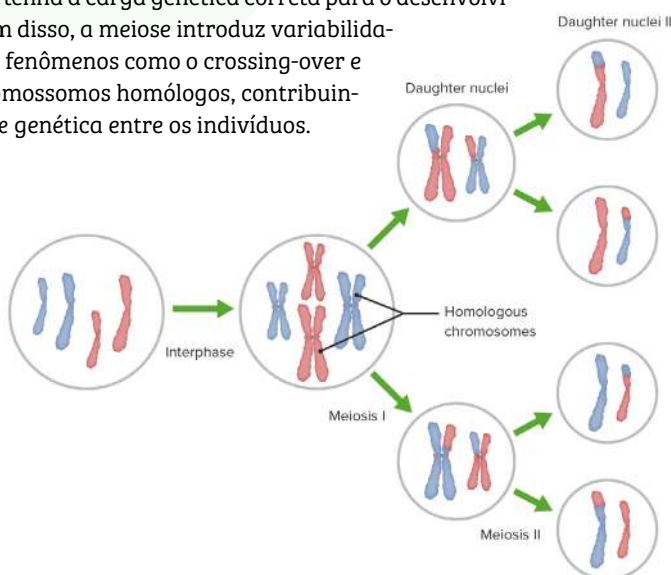
GAMETOGENESE MASCULINA, FEMININA E FECUNDAÇÃO

INTRODUÇÃO

As células sexuais, também conhecidas como gametas, desempenham um papel crucial no processo de reprodução humana, sendo responsáveis pela fecundação. Essas células são haplóides, o que significa que possuem metade do número de cromossomos em comparação com as células somáticas do organismo. Os gametas são produzidos por um processo chamado meiose, no qual as células germinativas indiferenciadas, originadas da parede do saco vitelínico do embrião no final da terceira semana de desenvolvimento embrionário, são submetidas a divisões celulares especiais. Cada célula germinativa, ao se dividir por meiose, gera quatro células, das quais algumas podem se tornar gametas. Essas células germinativas migram para as gônadas, onde passam por estágios de desenvolvimento e diferenciação para se tornarem os gametas maduros. É importante destacar que o processo de meiose é fundamental para garantir que os gametas tenham metade do número de cromossomos do organismo parental, permitindo que, quando se fundirem durante a fertilização, o zigoto resultante tenha o número correto de cromossomos para o desenvolvimento adequado do embrião.

Esse processo de formação de gametas é chamado de gametogênese cujo os objetivos são:

1. Redução do número de cromossomos: Durante a meiose, as células germinativas passam por uma série de divisões celulares especiais que reduzem o número de cromossomos à metade daquele encontrado nas células somáticas. Esse processo, que vai de 46 para 23 cromossomos, é essencial para garantir que, após a fecundação, o embrião tenha a carga genética correta para o desenvolvimento saudável. Além disso, a meiose introduz variabilidade genética, graças a fenômenos como o crossing-over e a segregação dos cromossomos homólogos, contribuindo para a diversidade genética entre os indivíduos.

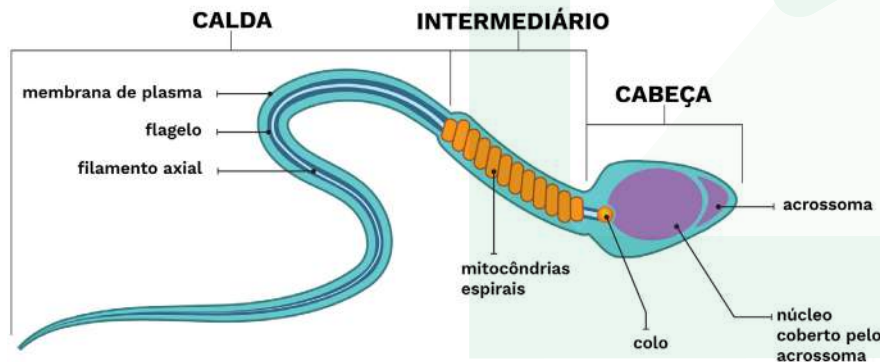


Fonte: Lecturio



CÁLCULOSENOTAS

2. Modificação da forma das células: Antes da fecundação (união dos gametas), tanto os espermatozoides quanto os óvulos sofrem alterações significativas em sua estrutura. Os espermatozoides, originados a partir das células germinativas masculinas, passam por uma transformação onde perdem grande parte do citoplasma e desenvolvem uma forma alongada, com uma cabeça contendo o material genético, um colo e uma cauda (flagelo), conferindo-lhes motilidade para nadar em direção ao óvulo. Já os óvulos, derivados das células germinativas femininas, aumentam gradualmente de tamanho e acumulam reservas nutritivas para sustentar o embrião em desenvolvimento. Além disso, desenvolvem uma série de estruturas de proteção para preservar sua integridade, já que são células de difícil formação e longa vida. Essas adaptações morfológicas são fundamentais para facilitar o encontro e a fusão dos gametas durante o processo de fecundação.



Fonte: IPGO

ESPERMATOGÊNESE

O processo de formação de espermatozoides inicia-se em torno dos 12 anos sob controle do **hormônio folículo-estimulante (FHS)**, do **hormônio luteinizante (LH)** e da testosterona. O processo de espermatogênese, que é a produção de espermatozoides nos testículos, é contínuo ao longo da vida de um homem e dura aproximadamente 61 dias. Após esse período, os espermatozoides são liberados na luz dos túbulos seminíferos e, em seguida, armazenados no epidídimo até o momento da ejaculação.

Uma característica importante da espermatogênese é que ela se mantém constante ao longo da vida do indivíduo masculino. Isso significa que, mesmo com o envelhecimento, o processo de produção de espermatozoides continua ocorrendo de forma regular. Portanto, um único homem tem potencial para produzir um número praticamente ilimitado de gametas masculinos ao longo de sua vida. Essa capacidade de produção contínua de espermatozoides é essencial para a fertilidade masculina e a perpetuação da espécie.

É subdividido nas seguintes subfases:

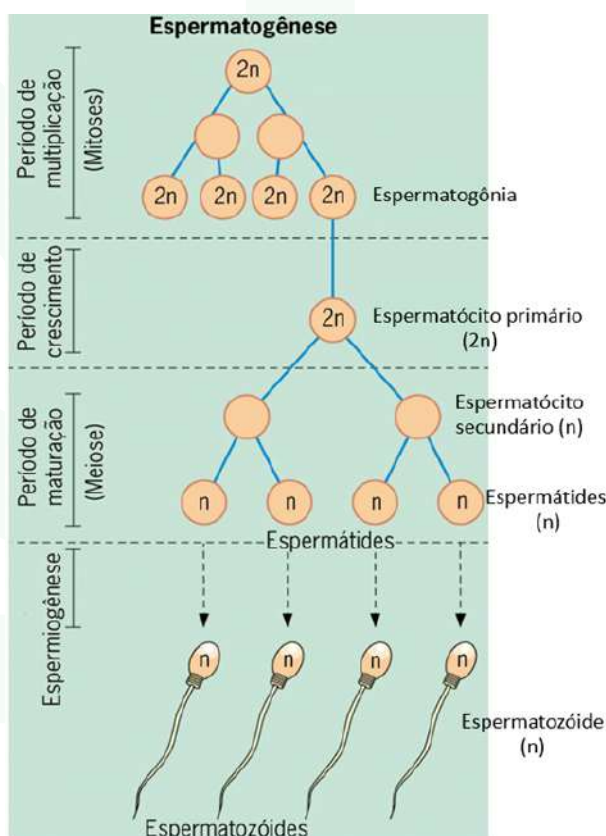
- * Fase de Multiplicação
- * Fase Crescimento
- * Fase Maturação
- * Fase de Diferenciação ou Spermiogênese.



ANOTAÇÕES



CÁLCULOSENOTAS



Fonte: Googleimagens

A espermatogênese no homem, **inicia no período da puberdade**, após a abertura anatômica dos cordões seminíferos temos o **início da formação dos espermatozoides**, que ocorre nos **túbulos seminíferos**. Os espermatozoides são células reprodutivas cuja função é a formação do zigoto durante o processo de fecundação. Não esqueça que a fecundação é uma reprodução sexuada, onde teremos a união dos gametas para manutenção da diploidia da espécie.

Espermatogênese – Pode ser subdividida em espermatocitogênese e espermiogênese. A espermatocitogênese, por sua vez, é subdividida em três fases: fase de proliferação, fase de crescimento e fase de maturação. Nela, ocorrem divisões celulares (mitose e meiose) e aumento do volume celular (crescimento). Na fase de proliferação (fase proliferativa, fase de multiplicação, fase germinativa), as espermatogônias sofrem mitoses sucessivas, formando novas espermatogônias. Quando param de se dividir, essas células aumentam de volume e passam a ser chamadas de espermatócitos I (citos I, espermatócitos de 1ª ordem, espermatócitos primários). A etapa em que se dá o aumento do volume celular constitui a fase de crescimento. Na fase de maturação, os espermatócitos I sofrem meiose. Ao término da primeira divisão meiótica (meiose I), surgem os espermatócitos II (citos II, espermatócitos de 2ª ordem, espermatócitos secundários), que, ao sofrerem a segunda divisão da meiose (meiose II), dão origem às espermátides. Na espermiogênese, as espermátides passam por um processo de diferenciação celular e se transformam em espermatozoides (gametas masculinos). Cada espermátide origina um espermatozoide.

DETALHAMENTO POR FASE:

- * Na **fase inicial**, conhecida como fase de multiplicação, as células germinativas diploides se diferenciam em espermatogônias e passam por um intenso período de multiplicação, através de divisões mitóticas, aumentando consideravelmente seu número.
- * A **segunda fase** é a fase de crescimento, onde as espermatogônias crescem e se transformam em espermatócitos de 1ª ordem, também chamados de espermatócitos primários, ao término da fase de multiplicação.
- * A **terceira fase**, denominada fase de maturação, é caracterizada pela entrada dos espermatócitos I na meiose. Durante a primeira divisão meiótica, chamada divisão reducional, originam-se dois espermatócitos de 2ª ordem ou espermatócitos



CÁLCULOSENOTAS

secundários. Na segunda divisão meiótica, conhecida como divisão equacional, esses espermatócitos secundários dão origem a quatro espermátides. As espermátides, agora células haploides, não se dividem mais, mas ainda não são consideradas espermatozoides.

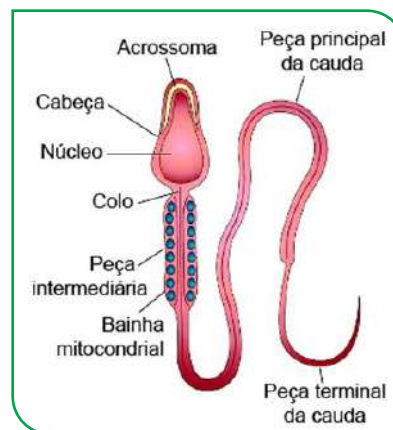
* Na **quarta fase**, chamada fase de diferenciação, as espermátides passam pelo processo de espermiogênese. Durante a fase de diferenciação, ou espermiogênese, as espermátides passam por uma série de mudanças para se transformarem em espermatozoides funcionais. Essas transformações incluem:

- ▶ **1. Compactação do núcleo:** O núcleo da espermátide passa por um processo de condensação, resultando em um núcleo altamente compactado. Isso ajuda a reduzir o tamanho total do espermatozoide e facilita sua locomoção e penetração no óvulo durante a fecundação.
- ▶ **2. Formação do acrossomo:** Um compartimento citoplasmático especializado chamado acrossomo é formado na região anterior da espermátide. O acrossomo contém enzimas essenciais para ajudar o espermatozoide a penetrar no óvulo durante a fertilização.
- ▶ **3. Desenvolvimento do flagelo:** A espermátide desenvolve uma longa estrutura filamentosa na sua extremidade posterior, que se torna o flagelo do espermatozoide. Esse flagelo é responsável pela movimentação do espermatozoide através do ambiente aquoso do trato reprodutivo feminino em direção ao óvulo.
- ▶ **4. Perda de citoplasma:** Durante a espermiogênese, a maior parte do citoplasma da espermátide é eliminada, resultando em uma célula altamente especializada e adaptada para a função de fertilização.

Essas mudanças são essenciais para transformar as espermátides imaturas em espermatozoides maduros, prontos para fertilizar o óvulo e iniciar o processo de reprodução.

Exatamente, para cada **célula germinativa** inicial, o processo de espermatogênese resulta em um **espermatócito I**, que então se divide para formar dois espermatócitos II. Cada **espermatócito II**, por sua vez, passa por outra divisão celular para produzir quatro **espermátides**. Por fim, cada espermátide se diferencia em um espermatozoide maduro. Essa sequência de divisões celulares garante a produção de quatro espermatozoides funcionais a partir de uma única célula germinativa. Essa amplificação é crucial para garantir uma produção adequada de gametas masculinos, possibilitando a fertilização e a continuidade da espécie.

Após a **espermiogênese** — a etapa final da formação dos espermatozoides —, a célula adquire sua **forma definitiva** e funcional. Essa célula altamente especializada é dividida em **três partes principais**: cabeça, colo (ou peça intermediária) e cauda (ou flagelo).



Fonte: Embriohands

1. Cabeça

A **cabeça do espermatozoide** contém o **núcleo**, onde está o **material genético** que será transmitido ao óvulo no momento da fecundação. Essa região possui pouquíssimo citoplasma, o que deixa o núcleo bem compacto.

Na parte frontal da cabeça, encontra-se o **acrossomo**, uma estrutura com função essencial no processo de fecundação. Ele contém **enzimas digestivas**, como a **hialuronidase**, que **ajudam a romper as barreiras que protegem o óvulo**, como as células da **corona radiata**. Assim, o espermatozoide consegue abrir caminho até o óvulo.

2. Colo (ou peça intermediária)

O colo é a **região de ligação entre a cabeça e a cauda**. Ele contém muitas **mitocôndrias**, que são as “usinas de energia” da célula. Essas mitocôndrias geram o ATP necessário para o movimento do espermatozoide.



CÁLCULOSENOTAS

A presença dessas mitocôndrias é fundamental, pois o deslocamento até o óvulo exige muita energia.

3. Cauda (ou flagelo)

A cauda é responsável pela **locomoto**ção do espermatozoide. Ela é formada por estruturas chamadas **microtúbulos**, que se organizam de maneira semelhante ao que se observa em cílios e flagelos de outras células.

Graças ao movimento ondulante da cauda, o espermatozoide consegue se mover em direção ao óvulo. Ele atinge uma **velocidade média de aproximadamente 4 milímetros por minuto**, o que é suficiente para atravessar o trato reprodutor feminino ao longo do tempo necessário.



SE LIGA, MAMÍFERO!

POR QUE É NECESSÁRIO HAVER TANTOS ESPERMATOZOIDES?

Embora o processo de fecundação pareça simples à primeira vista — um espermatozoide encontra um óvulo e o fecunda —, **esse encontro é extremamente desafiador**. Vários fatores justificam a necessidade de se produzir milhões de espermatozoides por ejaculação. A seguir, destacamos os principais:

1. Ambiente ácido da vagina

A **vagina é naturalmente ácida**, o que é importante para a proteção contra infecções. No entanto, esse **ambiente hostil prejudica os espermatozoides**, que são bastante sensíveis a variações de pH. Embora o sêmen contenha **líquido prostático**, que é alcalino (ou seja, ajuda a **neutralizar a acidez vaginal**), **muitos espermatozoides não resistem** e morrem logo ao entrar na vagina.

Além disso, há uma **barreira adicional no colo do útero**: a presença de um **muco cervical espesso**, que impede que muitos espermatozoides passem da vagina para o útero.

2. Barreiras ao redor do óvulo

Mesmo que alguns espermatozoides consigam alcançar o óvulo, eles ainda precisam **atravessar várias camadas protetoras** ao seu redor. Para isso, usam enzimas presentes em uma estrutura chamada **acrossomo**, localizada na cabeça do espermatozoide.

Contudo, **as enzimas de um único espermatozoide não são suficientes** para vencer essas barreiras. **É necessário o esforço conjunto de vários espermatozoides**, que ajudam a “abrir caminho” até que um único consiga penetrar o óvulo e realizar a fecundação.

3. O óvulo só é liberado de um dos ovários

As mulheres possuem **dois ovários**, mas a cada ciclo menstrual, **apenas um deles libera um óvulo** (ovulação). Quando os espermatozoides entram no corpo da mulher, **aproximadamente metade vai para o lado direito e a outra metade para o lado esquerdo** do aparelho reprodutor.

Como **só um dos lados contém o óvulo**, metade dos espermatozoides **seguem para o lado “errado”**, onde não há óvulo a ser fecundado. Isso reduz ainda mais as chances de fecundação.

Vale lembrar que o **quimiotactismo** — o fenômeno em que os espermatozoides seguem sinais químicos liberados pelo óvulo — só ocorre quando eles já estão bem próximos dele. Ou seja, **nem todos conseguem “sentir” esse sinal a tempo.**

OVOGÊNESE E A FORMAÇÃO DE ÓVULOS

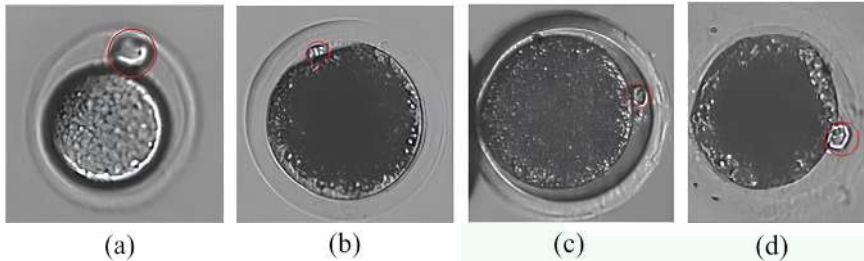
Os **gametas femininos, ou ovócitos**, são produzidos nos **ovários**, as gônadas femininas, através de um processo chamado **ovogênese**, que também se inicia a partir de células germinativas.



CÁLCULOSENOTAS

Os ovócitos, ou óvulos, são células esféricas de grande tamanho, em torno de 120 micrômetros, no limite da resolução do olho humano. Esse tamanho considerável é resultado do acúmulo de substâncias nutritivas, como o vitelo ou deutoplasma, que são essenciais para sustentar o embrião durante os estágios iniciais do desenvolvimento, antes que a placenta assuma essa função nutricional.

Durante as divisões meióticas da ovogênese, um dos aspectos distintivos é que uma das células formadas retém a maior parte do citoplasma. Isso significa que, enquanto as divisões celulares ocorrem, uma das células resultantes acumula essas reservas nutritivas, garantindo que o óvulo final tenha os recursos necessários para suportar o desenvolvimento inicial do embrião. Uma das células acumula reservas nutritivas, enquanto a outra célula, chamada de polócito ou glóbulo polar, é uma célula atrofiada que possui praticamente apenas o núcleo, sem muito citoplasma.



Fonte:MDPI

Esses **polócitos ou glóbulos polares** são produzidos como um subproduto do processo de **ovogênese**. Eles desempenham um papel secundário e são eventualmente eliminados, enquanto o ovócito, com seu suprimento abundante de citoplasma e reservas nutritivas, é preparado para a fertilização e o subsequente desenvolvimento embrionário. Essa assimetria na divisão celular é fundamental para garantir que o óvulo resultante tenha recursos adequados para suportar o desenvolvimento inicial do embrião, enquanto os polócitos são descartados.

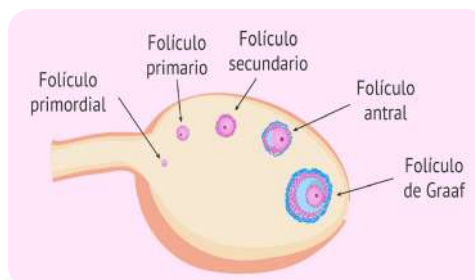


SE LIGA, MAMÍFERO!

Devido a essa diferença na aquisição dos suprimentos é que durante a ovogênese, para cada célula germinativa que passa pela divisão meiótica, apenas um único óvulo funcional é formado. As demais células resultantes dessas divisões meióticas são os glóbulos polares ou polócitos, que são células não funcionais.

PROCESSO DE OVULOGÊNESE:

Nos ovários, encontramos estruturas chamadas folículos ovarianos, onde ocorre o processo de formação dos óvulos, ou **ovogênese**. Cada folículo ovariano consiste em uma **célula germinativa**, que eventualmente se tornará um **óvulo**, envolta por células epiteliais. Essas células epiteliais, também conhecidas como **células foliculares**, desempenham papéis importantes no desenvolvimento e suporte do ovócito em crescimento. Elas fornecem nutrientes e sinais de crescimento para a célula germinativa em seu interior, além de desempenharem funções na regulação hormonal e na formação do folículo maduro.



Fonte: reproduccionasistida.org

À medida que o folículo ovariano amadurece, as células foliculares passam por mudanças morfológicas e funcionais, desempenhando um papel crítico na liberação do ovócito maduro durante a ovulação. Esse processo de interação entre as células germinativas e as células epiteliais é fundamental para o desenvolvimento adequado dos óvulos nos ovários femininos.



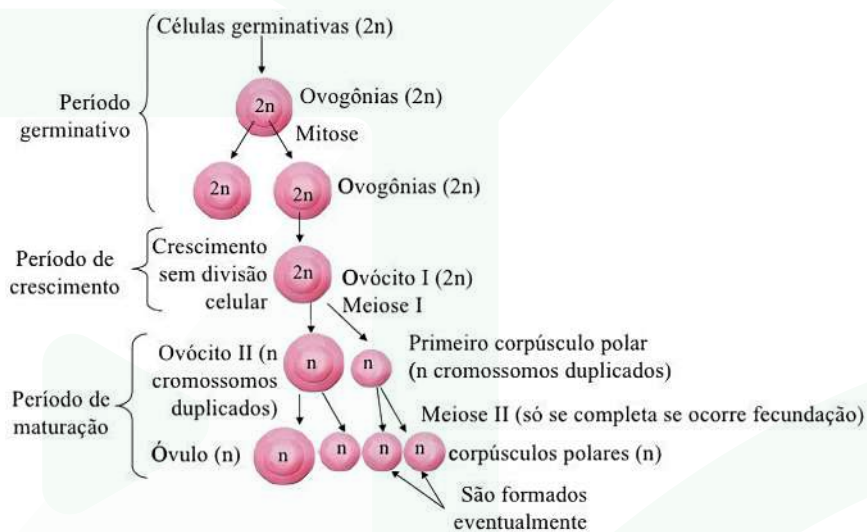
CÁLCULOSENOTAS

Início do processo: o processo de ovogênese começa durante a vida intra uterina da mulher, enquanto ela ainda é um embrião. Durante o desenvolvimento fetal, os ovários da menina em desenvolvimento contêm folículos primordiais, que são as estruturas iniciais que darão origem aos óvulos. No entanto, o processo de ovogênese não é concluído até a ovulação, que é a liberação do óvulo maduro a partir do folículo ovariano. A primeira ovulação geralmente ocorre no início da puberdade, por volta dos 11 a 14 anos de idade, embora isso possa variar de uma pessoa para outra.

Após a primeira ovulação, o ciclo menstrual regular é estabelecido, e a ovulação ocorre mensalmente até a menopausa, que é o fim da fase reprodutiva da mulher. Durante o ciclo menstrual, um folículo ovariano amadurece a cada mês, liberando um óvulo maduro que pode ser fertilizado, caso ocorra a relação sexual durante esse período fértil. Essa é a base do processo reprodutivo feminino e da fertilização.

A ovogênese é dividida em 3 fases distintas:

- * Fase de Multiplicação
- * Fase de Crescimento
- * Fase de Maturação



Fonte: Instituto Claro

Detalhamento por fase:

1. Fase de Multiplicação: Durante o desenvolvimento fetal, as células germinativas diploides se diferenciam em ovogônias e começam a se multiplicar por divisões mitóticas. Cerca de 2 milhões de ovogônias são formadas durante esta fase.

2. Fase de Crescimento: Logo após a fase de multiplicação, as ovogônias diferenciam-se em ovócitos de 1ª ordem, também conhecidos como ovócitos primários. Estas células se desenvolvem consideravelmente devido ao acúmulo de substâncias nutritivas que formarão o vitelo. Muitos ovócitos I degeneram nesta fase, restando apenas alguns poucos na superfície do ovário.

3. Fase de Maturação: Esta é a fase mais longa da ovogênese e corresponde à meiose. Durante esta fase, os ovócitos I entram na primeira divisão meiótica (divisão reducional). No entanto, esta divisão não é concluída imediatamente. Até a puberdade, a maioria dos ovócitos I já degenerou, restando apenas cerca de 40.000 deles. Sob influência dos hormônios gonadotróficos da hipófise, alguns poucos ovócitos I começam a amadurecer em cada ciclo ovariano. No entanto, normalmente apenas um deles completa sua maturação e é liberado na ovulação. Durante o processo de maturação do folículo, o ovócito I completa a primeira divisão meiótica, resultando na formação de um ovócito de 2ª ordem ou ovócito secundário e uma célula atrofiada, o polócito I ou primeiro glóbulo polar. **É o ovócito de 2ª ordem ou ovócito secundário que é liberado durante a ovulação, sendo a célula a ser fecundada pelo espermatozóide, não o óvulo.**



CÁLCULOSENOTAS



SE LIGA, MAMÍFERO!

É o ovócito II que é liberado no processo de ovulação, não o óvulo. Para que o processo de ovogênese continue com a 2ª divisão meiótica (divisão equacional), é necessária a penetração do espermatozóide no ovócito II. A célula que é fecundada pelo espermatozóide não é o óvulo pronto, mas o ovócito II.

Na ocorrência da fecundação, ocorre a finalização da segunda divisão meiótica, resultando na formação de uma ovótide e do polócito II, também conhecido como segundo glóbulo polar. A participação do primeiro glóbulo polar na segunda divisão meiótica permanece em dúvida. A ovótide gerada é, de fato, o próprio óvulo. Ao contrário da espermatogênese, não há uma fase de diferenciação evidente. Devido ao espermatozóide já estar presente no interior da ovótide/óvulo, ocorre a fusão dos núcleos e a subsequente formação de gametas.

Observações importantes:

DICTIÓTENOS: Chama-se de um estágio de **dictióteno** a permanência de uma célula na fase de prófase I da divisão meiótica, durante a ovogênese. O ovócito que se encontra nesse estágio só irá recontinuar a meiose pouco antes da ovulação. Assim, os ovócitos permanecem em dictióteno desde o nascimento da mulher, até pelo menos sua puberdade.

É de suma importância ressaltar que, em mulheres que ovulam em idades avançadas, como aos 40 anos, os ovócitos primários permanecem em estado de dictióteno por um período significativo correspondente à idade da mulher. Isso significa que essas células permanecem em uma pausa prolongada durante o processo de meiose. Quando a meiose é reiniciada após um longo período de tempo, há um aumento substancial no risco de ocorrência de erros na segregação dos cromossomos durante a divisão celular. Esse fenômeno é atribuído à possível acumulação de danos e instabilidades genéticas ao longo do tempo de espera. Consequentemente, quanto mais avançada a idade da mãe no momento da concepção, maior é a probabilidade de ocorrerem anomalias cromossômicas, como a síndrome de Down, devido a falhas na segregação cromossômica durante a meiose retomada. Essa explicação científica fundamenta a correlação entre a idade materna avançada e o aumento da incidência de condições genéticas associadas a anormalidades cromossômicas em descendentes.

DIFERENÇAS ENTRE ESPERMATOGÊNESE E OVOGÊNESE

- * O período germinativo, marcado pela formação de células germinativas, e o período de crescimento ocorrem em momentos distintos entre homens e mulheres. Nos homens, ocorrem após o nascimento e durante a puberdade, enquanto nas mulheres, têm lugar durante a vida intrauterina.
- * O período de crescimento é mais prolongado nas mulheres devido à necessidade de acumulação de vitelo nos óvulos.
- * Em relação à produção de células germinativas, cada célula germinativa masculina dá origem a quatro espermatozoides funcionais, ao passo que na mulher, apenas um óvulo funcional é produzido, sendo as demais células resultantes da meiose convertidas em glóbulos polares.
- * A formação de espermatozoides é um processo mais rápido, durando cerca de 61 dias, enquanto a formação de óvulos pode se estender por anos, dependendo da idade em que a mulher ovula.
- * Homens produzem milhões de espermatozoides diariamente, enquanto as mulheres liberam um único óvulo por mês durante seu período fértil.
- * A espermatogênese tem início na puberdade e pode ser sustentada ao longo da vida do homem. Por outro lado, a ovogênese começa ainda na vida intrauterina, passa por uma pausa (dictióteno), retoma na puberdade e cessa por completo por volta dos 45 anos de idade, com a menopausa.



CÁLCULOSENOTAS

- * Homens têm a capacidade de produzir um número praticamente ilimitado de espermatozoides ao longo de suas vidas, enquanto as mulheres possuem um estoque limitado de óvulos.

FECUNDAÇÃO

A **fecundação**, também chamada de **fertilização**, é o processo em que ocorre a **união dos gametas masculinos e femininos**, ambos haploides (com metade do número total de cromossomos), originando uma célula diploide chamada **zigoto** (ou célula-ovo). É a partir do zigoto, por meio de sucessivas **divisões mitóticas**, que se forma um novo indivíduo completo.

O LONGO CAMINHO ATÉ A FECUNDAÇÃO:

Nos organismos com **fecundação externa (como peixes e anfíbios)**, os gametas se encontram **fora do corpo** da fêmea, geralmente na água. Nesses casos, os espermatozoides conseguem localizar o óvulo graças a um fenômeno chamado quimiotactismo — um tipo de orientação química. Substâncias liberadas pelo óvulo, como gamonas, fertilizinas e antifertilizinas, ajudam a guiar os espermatozoides até ele.

Já nos organismos com **fecundação interna**, como os seres humanos, o processo é um pouco diferente. Após a ejaculação, os espermatozoides são lançados na vagina e iniciam uma jornada complexa e cheia de desafios até as tubas uterinas, onde geralmente ocorre a fecundação.

Apesar de não haver um forte quimiotactismo como em animais aquáticos, algumas substâncias na membrana do óvulo humano parecem facilitar a adesão do espermatozoide, o que favorece o processo assim que há contato entre eles.

Desafios enfrentados pelos espermatozoides

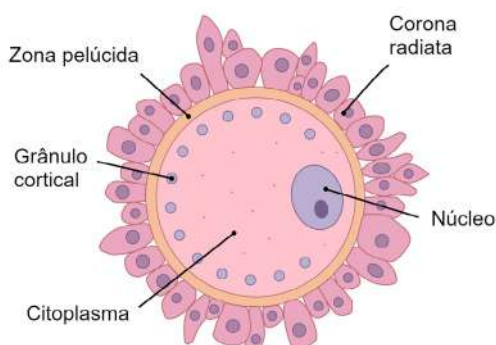
A jornada dos espermatozoides até o óvulo é longa e difícil. Eles precisam superar diversos obstáculos:

1. **Acidez da vagina** – O pH vaginal é muito ácido, o que compromete a sobrevivência de muitos espermatozoides.
2. **Muco cervical** – O muco presente no colo do útero (cérvix) pode bloquear fisicamente a passagem dos espermatozoides.
3. **Movimentos uterinos** – Os espermatozoides ainda precisam vencer os movimentos peristálticos (contrações musculares do útero) e os movimentos ciliares das tubas uterinas, que muitas vezes atuam em sentido contrário.
4. **Escolha da tuba uterina correta** – Como a mulher possui duas tubas uterinas, mas geralmente libera um único óvulo por ciclo menstrual, metade dos espermatozoides tende a seguir para o lado onde não há óvulo disponível.

Com tantos obstáculos, é comum que milhões de espermatozoides morram durante o trajeto. Os poucos que conseguem chegar até o óvulo são os mais resistentes e persistentes — por isso, é comum se dizer que a fecundação é um verdadeiro “desafio biológico”.

Mesmo depois de completar o longo e exaustivo percurso pelas vias genitais femininas, os espermatozoides que conseguem alcançar o óvulo ainda enfrentam **mais uma série de barreiras** antes da fecundação propriamente dita.

O **óvulo humano** (mais corretamente chamado de **ovócito secundário** antes da fecundação) está protegido por **duas camadas principais**:



Fonte:Infoescola.com

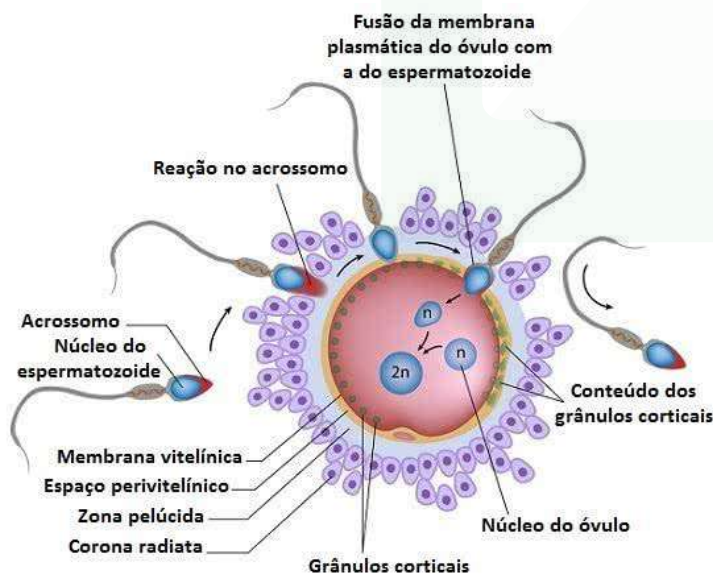


CÁLCULOSENOTAS

1. **Corona radiata** – É a camada mais externa, formada por células foliculares (células do folículo ovariano). Essas células têm como função nutrir o óvulo e fornecer os elementos necessários à sua manutenção. Elas estão unidas por uma substância chamada ácido hialurônico, funcionando como um “cimento” entre elas.
2. **Zona pelúcida** – Também chamada de gânga mucosa, é a camada mais interna. Trata-se de uma espessa rede de glicoproteínas produzidas pelo próprio óvulo, que funciona como uma barreira bioquímica essencial para a proteção e o reconhecimento entre os gametas.

A REAÇÃO ACROSSÔMICA

Para romper essas camadas protetoras, os espermatozoides contam com uma estrutura presente na **cabeça: o acrossoma**. Trata-se de um “capuz” que contém **enzimas digestivas**, como a **hialuronidase**. Essa enzima é capaz de **quebrar o ácido hialurônico e separar as células da corona radiata**, abrindo caminho em direção à zona pelúcida.

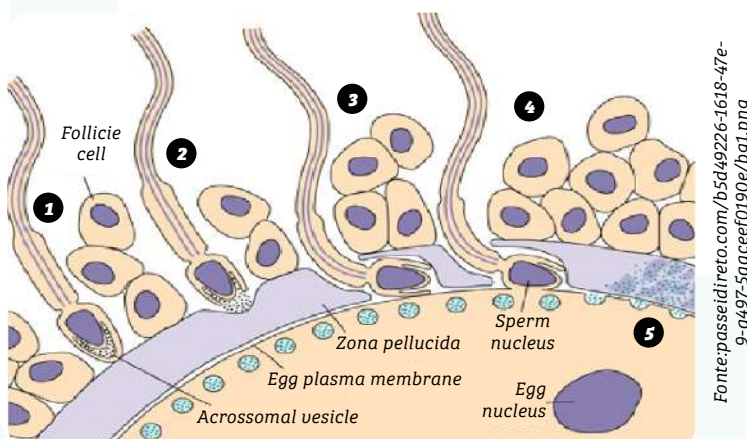


Fonte: pbs.twimg.com/media/Ew3OU_mWUAQTDMZ.jpg

O processo de liberação dessas enzimas recebe o nome de **reação acrossômica**. Importante destacar que um único **espermatozoide não consegue vencer todas as barreiras sozinho**. Diversos espermatozoides participam dessa “batalha”, rompendo parcialmente as camadas externas até que, por fim, um único espermatozoide consiga alcançar e penetrar no óvulo.

A ENTRADA DO ESPERMATOZOIDE NO ÓVULO

Ao entrar em contato com a **membrana plasmática do ovócito**, o espermatozoide vencedor é então **internalizado** — como se fosse literalmente “sugado”. Normalmente, **somente a cabeça** do espermatozoide entra no ovócito, pois ela contém o **núcleo com o material genético paterno**.



Fonte: passelidireto.com/b5d49226-1618-47e-9-a497-5aaceef0190e/bgl.png



CÁLCULOS E NOTAS

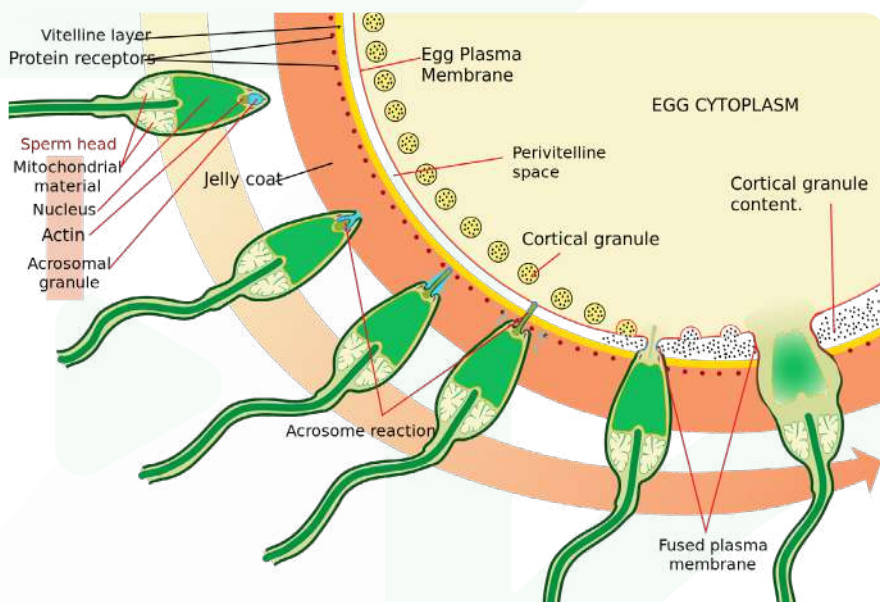
O **flagelo** (cauda), por vezes, pode entrar junto, mas será rapidamente **degradado**. As **mitocôndrias do espermatozoide**, localizadas na região do colo (ou peça intermediária), também **degeneram no interior do óvulo**. **Por isso, todas as mitocôndrias do embrião e, futuramente, do novo indivíduo, são herdadas da mãe** — ou seja, de origem exclusivamente **materna**.

APENAS UM ESPERMATOZOIDE PODE FECUNDAR O ÓVULO

Logo após a entrada de um espermatozoide no ovócito II, ocorre um importante mecanismo de proteção chamado reação cortical. Esse processo tem a função de impedir que outros espermatozoides também penetrem no óvulo, garantindo a fecundação por apenas um gameta masculino.

A reação cortical: um bloqueio à polispermia

Próximo à superfície do ovócito, existe uma camada rica em vesículas secretoras chamada corteza ovocitária, contendo estruturas chamadas grânulos corticais. Quando o espermatozoide penetra no ovócito, essas vesículas sofrem exocitose, liberando seu conteúdo para o espaço entre a membrana plasmática do óvulo e a zona pelúcida (camada glicoproteica ao redor do ovócito).



Fonte: AskNature.com

As substâncias liberadas provocam alterações físicas e químicas na zona pelúcida e na membrana plasmática, formando a chamada **membrana de fecundação**. Essa nova estrutura impede a entrada de qualquer outro espermatozoide, caracterizando o fenômeno da **monospermia**.



SE LIGA, MAMÍFERO!

E SE MAIS DE UM ESPERMATOZOIDE CONSEGUIR ENTRAR?

Embora raramente, pode acontecer de dois ou mais espermatozoides penetrarem ao mesmo tempo no ovócito, caracterizando a polispermia. Contudo, apenas um espermatozoide participará efetivamente da fecundação. Os demais degeneram no interior do ovócito e não contribuem para a formação do zigoto.

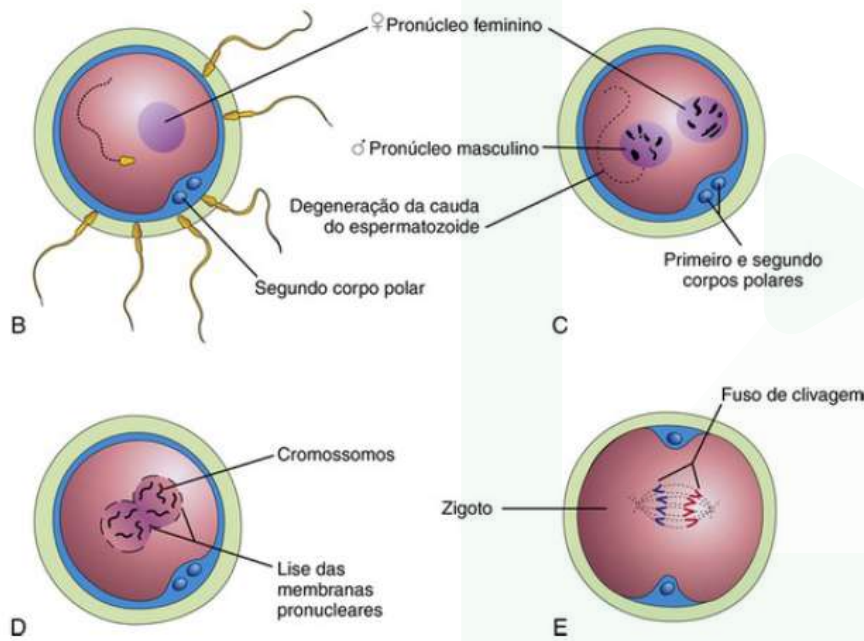
TRANSFORMAÇÃO DO OVÓCITO EM ÓVULO E FORMAÇÃO DO ZIGOTO

Uma vez que o espermatozoide penetra, o **núcleo do gameta masculino** sofre alterações e torna-se o **pronúcleo masculino**. Ao mesmo tempo, o ovócito completa a **segunda divisão meiótica**, eliminando o **segundo glóbulo polar**. A partir desse mo-



CÁLCULOSENOTAS

mento, o ovócito passa a ser chamado de **óvulo**, agora pronto para fundir seu material genético com o do espermatozoide.



Fonte: SanarMed

O **pronúcleo feminino** (núcleo do óvulo) e o **pronúcleo masculino** se deslocam e se encontram. A fusão de seus conteúdos nucleares marca o fim da fecundação e é chamada de:

- * Anfimixia
- * Cariogamia
- * Singamia

Essa fusão origina uma **única célula diploide**: o **zigoto** ou **célula-ovo**, contendo 46 cromossomos (23 do pai + 23 da mãe).

Na espécie humana, a fecundação ocorre, na maioria das vezes, no **terço distal da tuba uterina** (próximo ao ovário). Em alguns casos, ela pode acontecer em outras regiões da tuba ou até mesmo na superfície do ovário. Após a fecundação, o zigoto começa a sofrer divisões mitóticas sucessivas, um processo conhecido como **segmentação**, formando o **embrião**. Esse embrião se desloca pela tuba uterina em direção ao útero e, ao chegar lá, na forma de **blástula (ou blastocisto)**, **implanta-se na parede interna do útero, o endométrio**, num processo chamado **nidação**.

A nidação representa o **início da gestação**, sendo o momento em que ocorre, de fato, a **concepção**.



ANOTAÇÕES



CÁLCULOSENOTAS

PAULINO, W. R., *Biologia*, Vols. 1, 2, 3, Àtica, São Paulo, 2002

CÁLCULOSENOTAS

Estamos juntos nessa!



C U R S O
FERNANDA PESSOA
ONLINE

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.