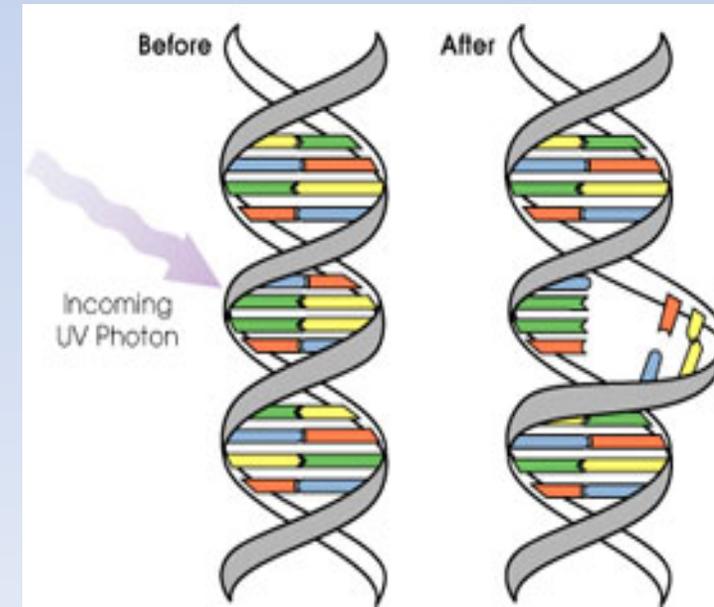
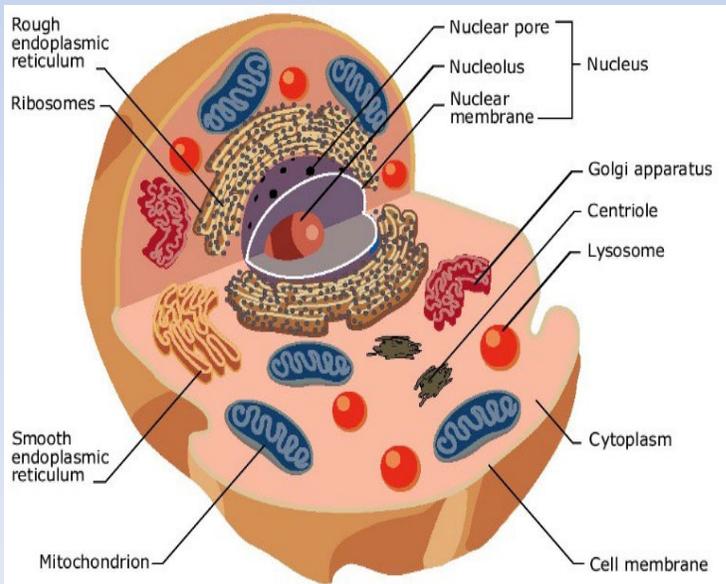


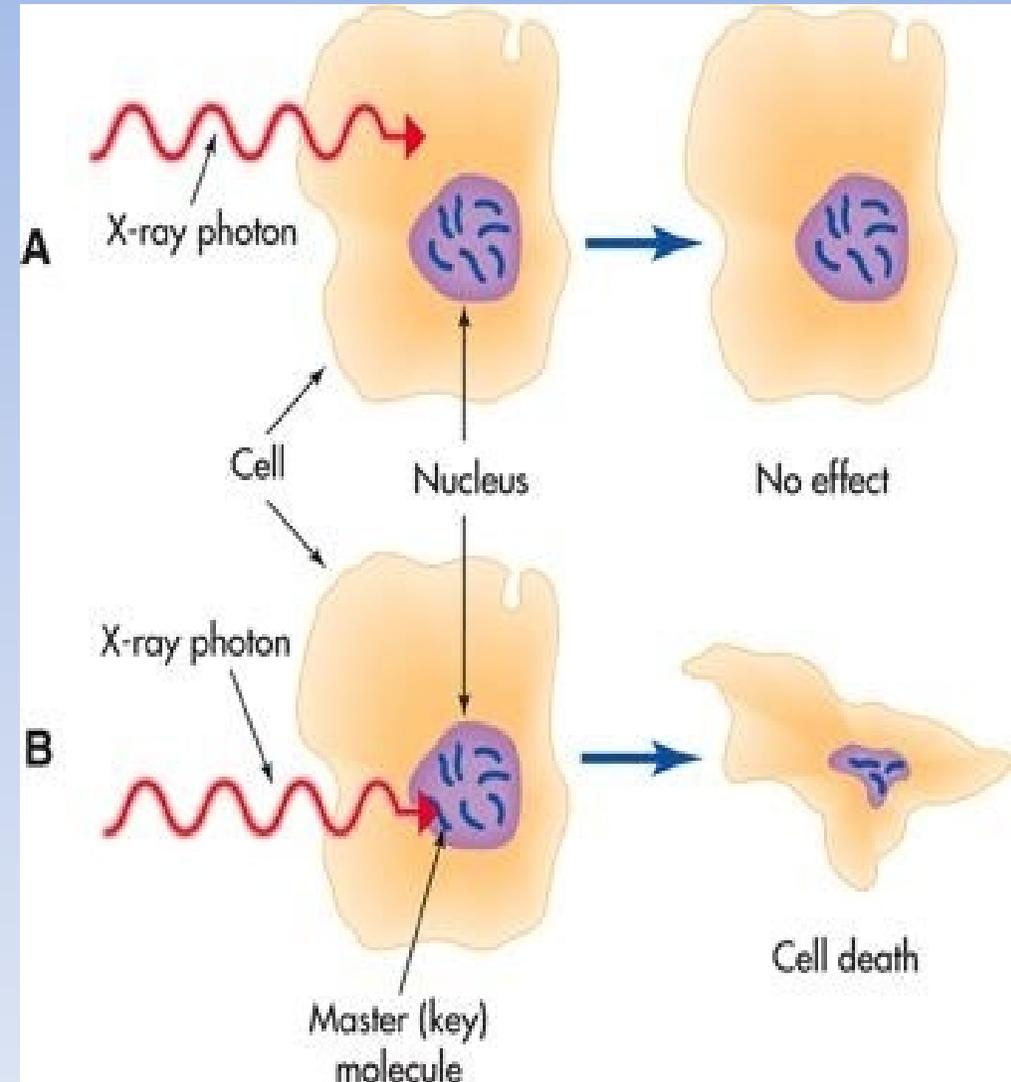
Efeitos Biológicos da Radiação (Teoria do Alvo)

Prof. Sanjay Arya



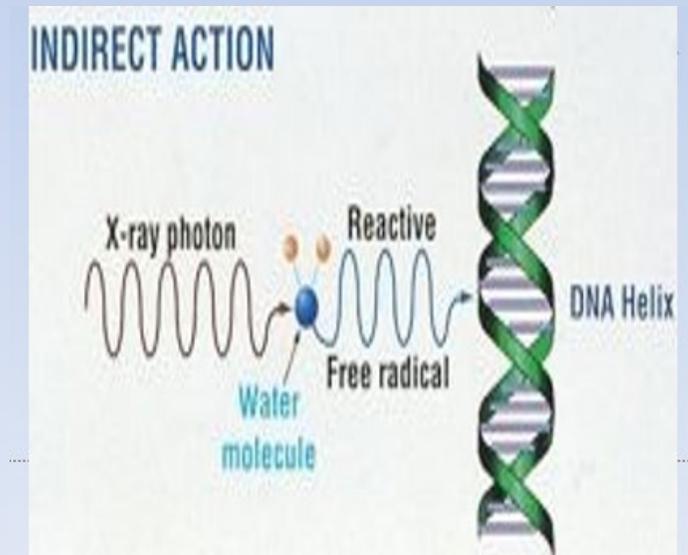
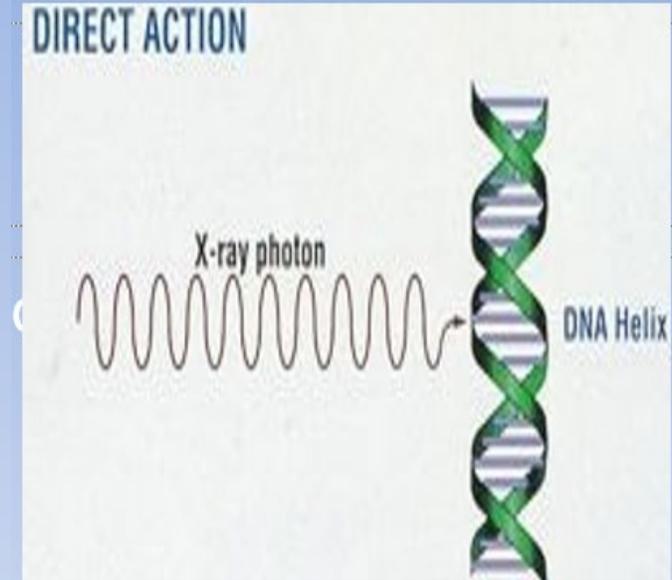
Teoria do Alvo

- **DNA como o Alvo Principal:**
 - O DNA é fundamental para as funções normais das células e para a sobrevivência.
 - A interação da radiação com o DNA é chamada de “acerto” (hit); é um processo aleatório.
- **Consequências dos Danos ao DNA:**
 - O DNA danificado leva a uma função celular anormal ou à morte celular.
 - Apenas o dano ao DNA impacta significativamente a função celular; outras moléculas não causam efeitos notáveis.



Tipos de Interação da Radiação Ionizante com o DNA

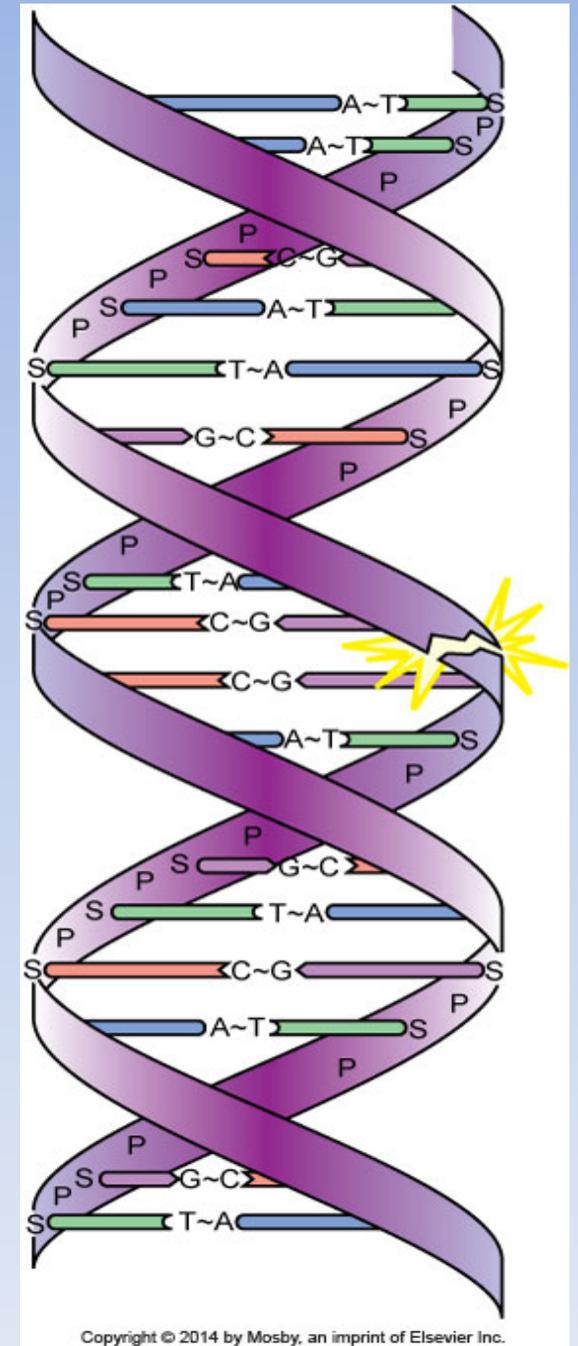
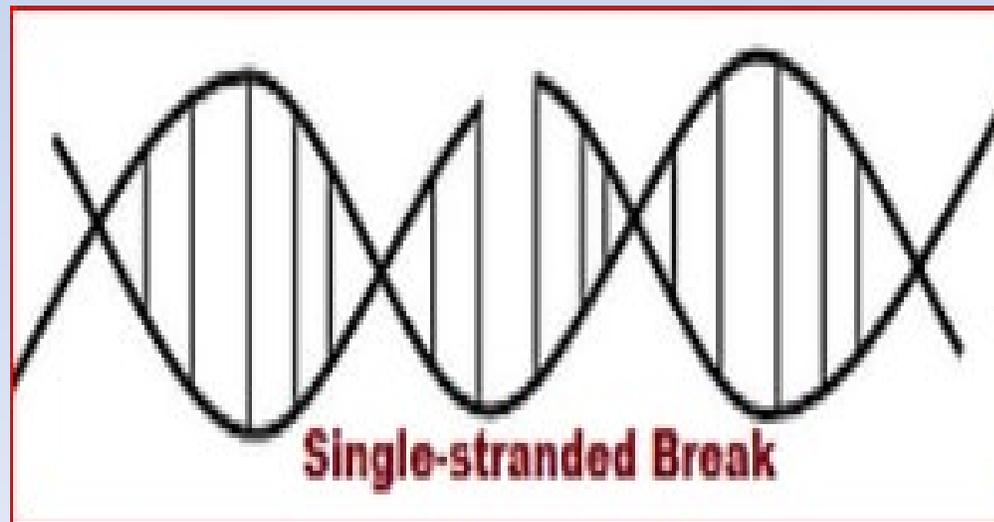
- **Ionização:** A radiação ionizante perturba macromoléculas vitais como DNA ou água, produzindo radicais livres que podem danificar as células.
- **Ação Direta:**
 - Ocorre quando a radiação interage diretamente com o DNA.
 - A radiação de LET alto (por exemplo, partículas alfa) tem uma maior probabilidade de ação direta.
- **Ação Indireta:**
 - Ocorre quando a radiação interage com a água, produzindo radicais livres que danificam o DNA.
 - A radiação de LET baixo (por exemplo, raios-X, raios gama) geralmente segue esta via.



Tipos de Quebras de Fita de DNA e Seus Efeitos

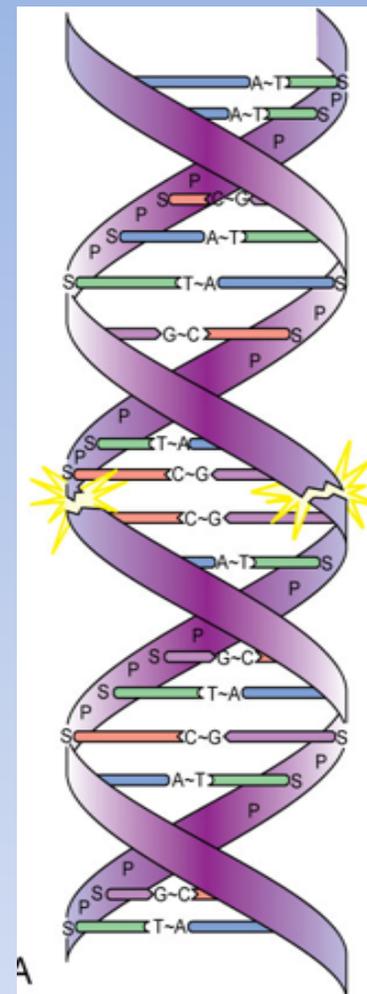
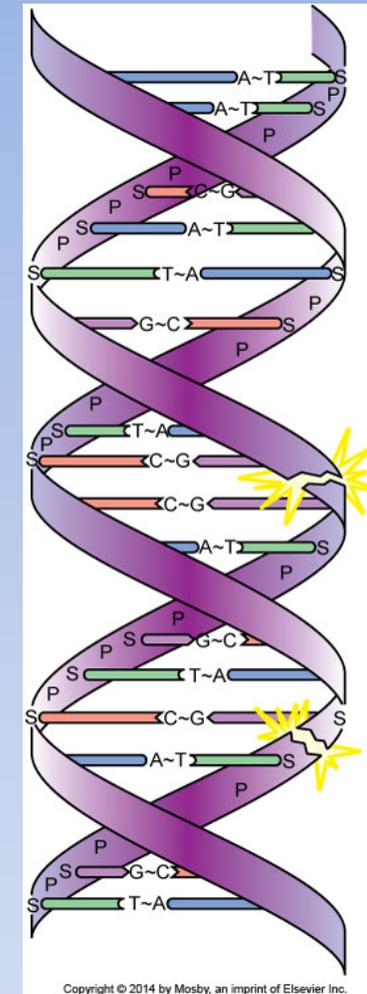
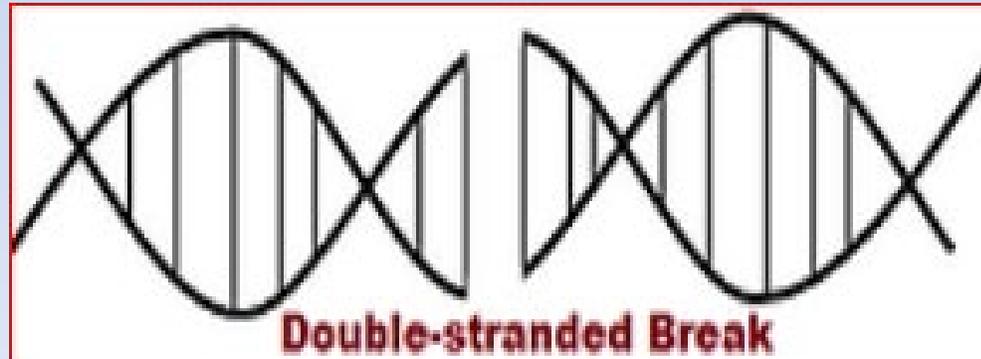
- **Quebra de Fita Simples (SSB):**

- **Descrição:** Um dos lados da fita de DNA está quebrado.
- **Causada Por:** Ocorre tipicamente com radiação de baixo LET.
- **Impacto:** Conhecida como uma "mutação pontual", essa quebra é geralmente reparável.



Tipos de Quebras de Fita de DNA e Seus Efeitos

- **Quebra de Fita Dupla (DSB):**
- **Tipos e Consequências:**
 - **Degraus Diferentes:** Ambos os trilhos de DNA são quebrados em pontos diferentes, tornando difícil a reparação; leva à morte celular se irreparável.
 - **Mesmo Degrau:** Grave — causa quebra de cromossomos, e as células-filhas recebem material genético desigual, potencialmente fatal para a célula.
- **Comum em:** Radiação de alto LET; mais difícil de reparar.

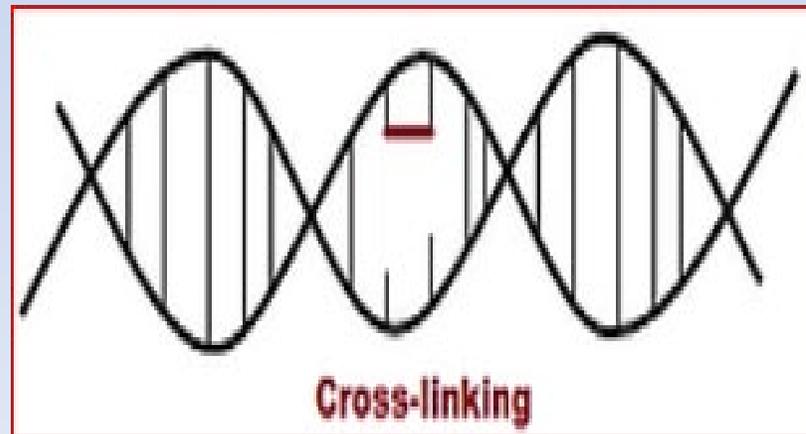


Alterações no DNA Devido à Radiação

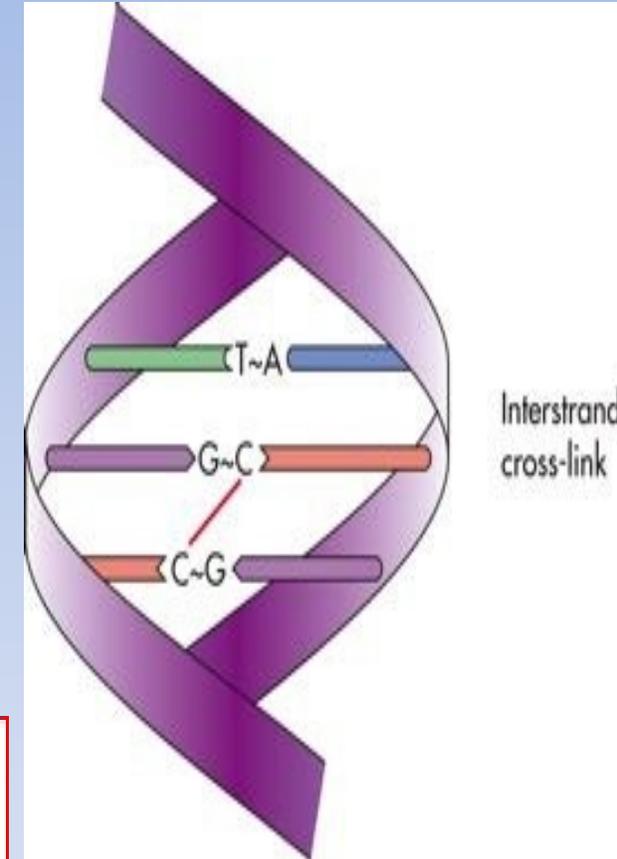
- **Mutações:**
 - **Mecanismo:** A radiação danifica ou altera as bases de nitrogênio do DNA, causando alterações na sequência.
 - **Impacto:** Irreversível; pode levar a informações genéticas anormais passadas para as células filhas, afetando a funcionalidade celular.

Alterações no DNA Devido à Radiação

- **Ligações Cruzadas Covalentes:**
- **Definição:** Ligações químicas (ligações cruzadas) formam-se entre moléculas de DNA ou dentro da mesma cadeia de DNA.
- **Tipos:**
 - **Ligações Cruzadas Intra-Cadeia:** Ocorrem dentro da mesma cadeia de DNA.
 - **Ligações Cruzadas Inter-Cadeia:** Entre cadeias de DNA complementares.
- **Implicação:** Comum com radiação de LET alto; se não reparadas, resultam em morte celular.



Ligação Cruzada Intra-fita



Ligação Cruzada Inter-fita

Alterações Estruturais Cromossômicas e o Seu Impacto Celular

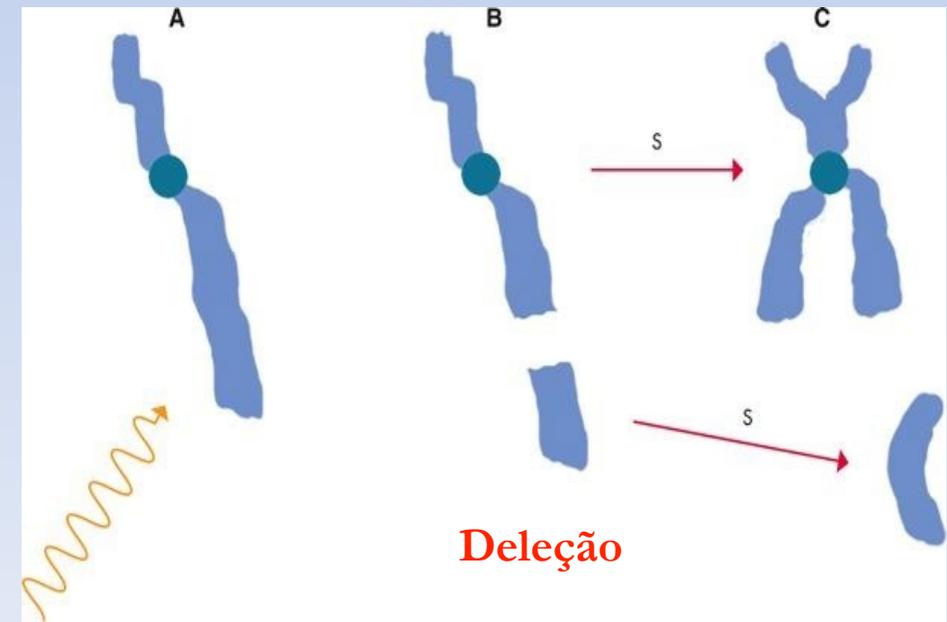
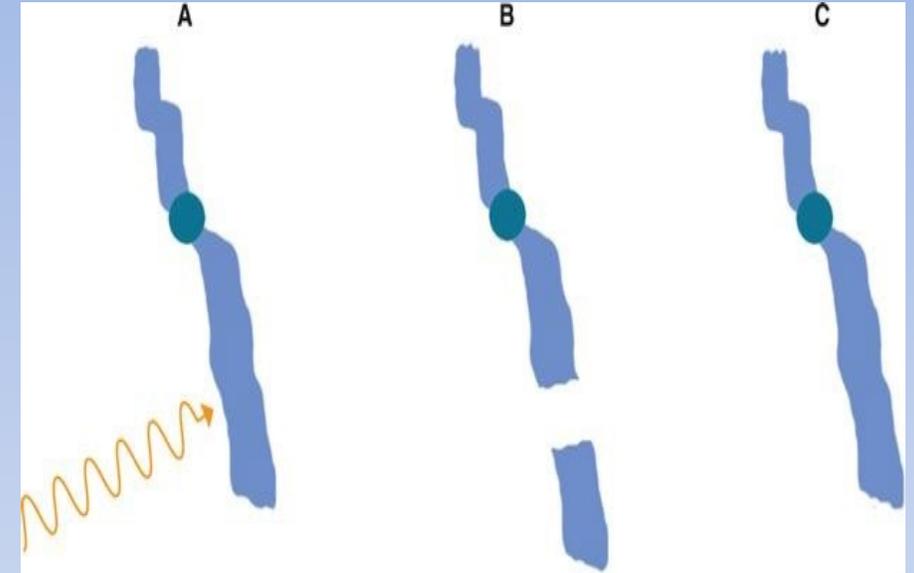
- **Restituição:**

- **Processo:** Fragmentos de cromossomos danificados se reúnem corretamente, restaurando a estrutura original.
- **Resultado:** Nenhum dano duradouro à célula, típico após a fase S.

- **Deleção:**

- **Processo:** Fragmentos de cromátides são perdidos após uma quebra por radiação.
- **Impacto:** Na próxima divisão, a perda de material genético resulta em cromossomos incompletos, afetando a função celular.

Restituição

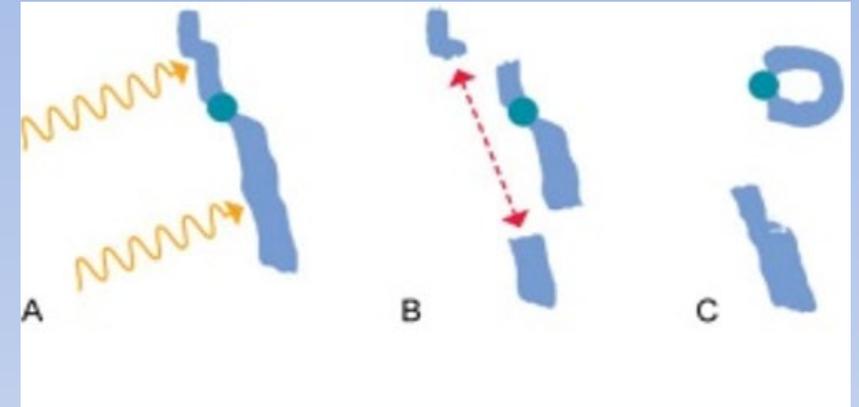


Deleção

Alterações Estruturais Cromossômicas e o Seu Impacto Celular

- **Rearranjo de Extremidades Quebradas:**
- **Exemplos:**
 - **Cromossomo em Anel:** As extremidades do cromossomo se juntam, formando um laço.
 - **Cromossomo Dicêntrico:** Cromossomos fragmentados possuem dois centrômeros, levando a problemas na divisão.
- **Consequência:** As células frequentemente perdem a capacidade de replicar ou sobreviver.

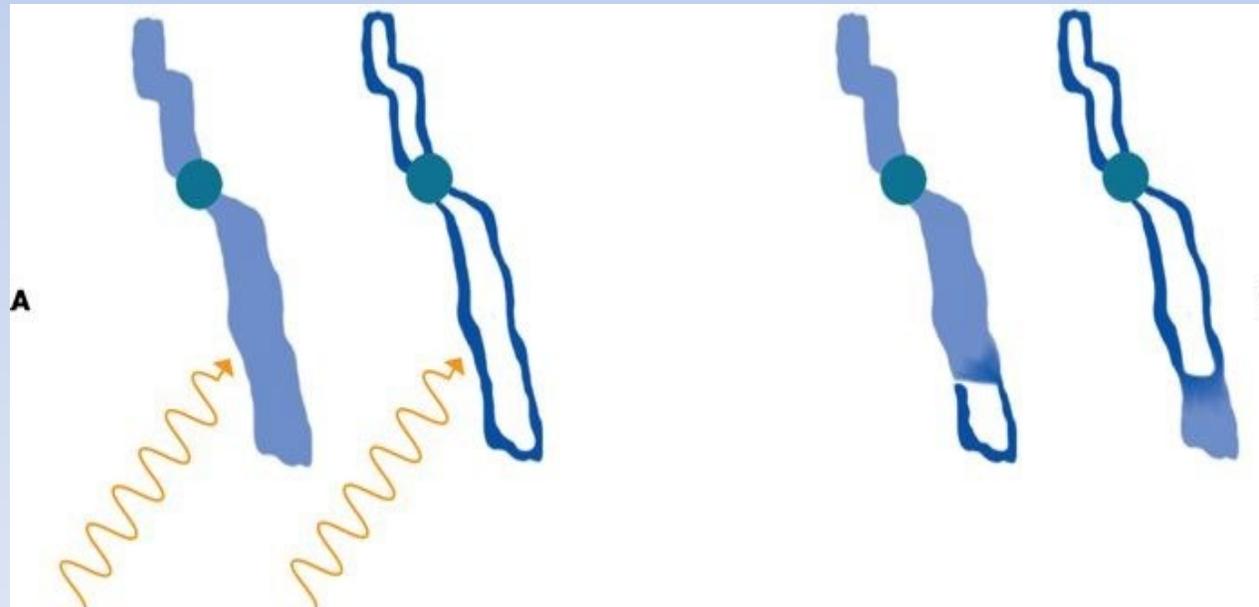
Cromossomo em Anel



Alterações Estruturais Cromossômicas e o Seu Impacto Celular

- **Translocação:**

- **Definição:** O material genético é rearranjado, criando mutações.
- **Efeito:** Altera a função celular, impacta a capacidade de divisão, levando à morte celular.



Efeitos da Radiação Ionizante na Célula

- **Respostas Celulares Possíveis:**
- Interferência na Função: Os processos celulares normais são interrompidos, embora a célula ainda possa sobreviver.
- Morte Instantânea: A radiação em alta dose leva à destruição imediata da célula.
- Atraso Mitótico: A divisão celular é adiada devido a alterações no DNA ou na síntese de proteínas.
- Morte Reprodutiva: A célula permanece viva, mas perde a capacidade de se reproduzir; ocorre em doses mais baixas.
- Apoptose (Morte Celular Programada): A célula morre naturalmente sem tentar se dividir.
- Morte Mitótica (Genética): As células morrem após a divisão, frequentemente devido a danos no DNA.
- Quebra de Cromossomos: O material genético danificado causa mutações, podendo ser transmitido para gerações futuras.

Resumo dos Efeitos da Radiação no DNA e nas Células

- **Principais Conclusões:**

- O DNA é a molécula mais crítica afetada pela radiação.
- Diferentes tipos de radiação (LET alto vs. baixo) causam mecanismos de dano variados.
- O dano pode variar de menor (reparável) a grave (levando à morte celular).
- As alterações estruturais nos cromossomas afetam a sobrevivência celular, replicação e função.

- **Importância para Operadores de Máquinas de Raios-X:**

- A consciência do impacto biológico da radiação ajuda a compreender os protocolos de segurança.
- Minimizar a exposição é crucial para proteger a saúde tanto do paciente como do operador.