

Questão 09

9. Para prever, regular e compreender os riscos que os produtos farmacêuticos representam para o meio ambiente, é importante determinar seu destino e abundância após sua entrada nesse local. Eles são introduzidos principalmente por meio do descarte de efluentes de estações de tratamento de águas residuais municipais e/ou efluentes hospitalares.

- a) Explique duas possíveis formas de degradação que os produtos farmacêuticos podem sofrer no ambiente que reduzem sua concentração ou promovem sua eliminação, evitando, assim, que estejam presentes na água tratada para consumo humano ou nas águas subterrâneas, onde poderiam ser absorvidos por organismos.
- b) Comprovou-se que a contaminação das águas por clobazam, um fármaco ansiolítico, influencia o comportamento e a migração de salmões-do-atlântico juvenis (*Salmo salar*) do Rio Dal, na Suécia, ao Mar Báltico, em um trecho de aproximadamente 28 km: “Os salmões expostos ao clobazam tiveram maior probabilidade de completar sua migração para o mar e passaram por barreiras artificiais, como represas hidrelétricas, mais rapidamente que os peixes que não foram expostos ao fármaco”, segundo evidências do estudo de J.A. Brand e colaboradores. Considerando o relato desse estudo, do ponto de vista ambiental, cite e explique um aspecto positivo para a população de salmões-do-atlântico e um aspecto negativo para o ecossistema.

(Adaptado de BRAND, J.A. e colaboradores. Pharmaceutical pollution influences river-to-sea migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Science*, vol. 388, abr. 2025, p. 217-222.)

RESOLUÇÃO

a) Há várias possibilidades de degradação de um fármaco no ambiente:

- Oxidação ao ar. Reação com oxigênio resultando em produtos diferentes;
- Decomposição térmica. Degradação do fármaco exposto a temperaturas elevadas (acima de 30°C);
- Hidrólise. Reação com vapor de água ou água líquida resultando em novos produtos;
- Fotólise. Decomposição do fármaco na presença de luz UV.

O vestibulando deveria escolher duas dessas possíveis reações em sua resposta.

b) De acordo as evidências indicadas no estudo de J.A. Brand e colaboradores, poderiam ser apontados:

Aspecto positivo para a população de salmões-do-atlântico:

Evidência: segundo o estudo, a exposição ao clobazam parece ter facilitado a migração dos salmões juvenis, aumentando a probabilidade de completarem o trajeto até o Mar Báltico e ultrapassando mais rapidamente barreiras artificiais, como represas.

Consequência: do ponto de vista populacional, isso pode representar uma vantagem, pois um maior número de indivíduos conseguiria chegar ao mar, onde completam etapas importantes do seu desenvolvimento, potencialmente aumentando as taxas de sobrevivência e o recrutamento da espécie.

Consequência negativa para o ecossistema: a alteração comportamental induzida pelo fármaco na população de salmões pode desequilibrar a dinâmica/equilíbrio ecológico: se os salmões migram mais rapidamente e em maior número, isso pode afetar as teias alimentares tanto no rio quanto no ambiente marinho, aumentando a pressão da predação sobre suas presas e competindo agressivamente com outras espécies. Além disso, a exposição a fármacos na água pode afetar não só os salmões, mas também outras espécies aquáticas, alterando seu comportamento, reprodução ou sobrevivência, com efeitos em cascata sobre a biodiversidade e o funcionamento do ecossistema.