

COLÉGIO SÃO LUÍS

**ENSINO MÉDIO
CURSO DE METODOLOGIA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

MARIANA YUMI SAIGO BALADI

**O FUTURO DOS FÁRMACOS:
Impacto da biodiversidade na indústria farmacêutica**

**São Paulo
2025**

MARIANA YUMI SAIGO BALADI

**O FUTURO DOS FÁRMACOS:
Impacto da biodiversidade na indústria farmacêutica**

Artigo apresentado como requisito de aprovação em “Metodologia de Iniciação Científica”,
na 2ª série do EM do Colégio São Luís

Orientadora: Profa. Dra. Denise Curi

São Paulo
2025

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão à orientadora, Profa. Dra. Denise Curi, por todo o cuidado, atenção e valiosas orientações ao longo deste trabalho.

Sou grata à escola, pela oportunidade e pelo ambiente de aprendizado que tornou possível a realização deste projeto.

Agradeço também à minha família, em especial aos meus pais, pelo incentivo incondicional e pela ajuda constante.

Um carinho especial à minha cachorrinha Maria Filomena, que foi minha maior companheira durante todo o processo de elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço aos meus amigos — especialmente à minha amiga de infância e ao meu namorado — pelo apoio, carinho e auxílio.

“O que me preocupa não é o grito dos maus, mas o silêncio dos bons”

-Martin Luther King

RESUMO

O trabalho tem como objetivo analisar a influência da biodiversidade no desenvolvimento de novos fármacos e na manutenção dos já existentes, com foco na identificação dos princípios ativos e de suas aplicações terapêuticas. Além disso, busca estabelecer uma relação entre as ações antrópicas responsáveis pela degradação dos ecossistemas terrestres e marinhos e seus impactos na indústria farmacêutica. A pesquisa foi conduzida por meio de uma análise bibliográfica, fundamentada em artigos científicos voltados à área farmacêutica. Foram examinados fármacos provenientes de fontes terrestres, como fungos, bactérias, plantas e animais, e marinhas, incluindo esponjas, algas, vertebrados e invertebrados. Ao longo do estudo, também foram destacadas práticas humanas que contribuem para a perda da biodiversidade, como biopirataria, bioinvasão, pesca predatória, desmatamento, poluição e mudanças climáticas. A pesquisa conclui que a natureza exerce papel essencial no avanço da indústria farmacêutica, servindo como principal fonte de inspiração e fornecimento de compostos bioativos. Contudo, as ações antrópicas vêm comprometendo esse processo, uma vez que a destruição dos ecossistemas ameaça tanto a descoberta de novos medicamentos quanto a continuidade daqueles que ainda dependem de recursos naturais para serem sintetizados.

Palavras-chave: Indústria farmacêutica, fármacos, história da medicina, biodiversidade terrestre e marinha.

ABSTRACT

This study aims to analyze the influence of biodiversity on the development of new drugs and the maintenance of existing ones, focusing on the identification of active compounds and their therapeutic applications. It also seeks to relate human activities responsible for the degradation of terrestrial and marine ecosystems to their impact on the pharmaceutical industry. The research was conducted through a bibliographic review based on scientific articles in the pharmaceutical field. Drugs derived from terrestrial sources, such as fungi, bacteria, plants, and animals, and marine sources, including sponges, algae, vertebrates, and invertebrates, were examined. Furthermore, the study highlights anthropogenic actions that contribute to biodiversity loss, such as biopiracy, bioinvasion, overfishing, deforestation, pollution, and climate change. The findings indicate that nature plays a crucial role in the advancement of the pharmaceutical industry, serving as a major source of inspiration and bioactive compounds. However, human activities have increasingly compromised this process, as ecosystem degradation threatens both the discovery of new drugs and the continuity of those that still rely on natural resources for synthesis.

Keywords: Pharmaceutical industry, drugs, history of medicine, terrestrial and marine biodiversity.

Lista de figuras

Figura 1 - Ácido salicílico e ácido acetilsalicílico	13
Figura 2 - Morfina	14
Figura 3 - Digoxina	14
Figura 4 - Penicilina.....	15
Figura 5 - Ciclosporina.....	16
Figura 6 - Lovastatina	16
Figura 7 - Dactinimicina.....	17
Figura 8 - Tirotricina	18
Figura 9 - Neomicina.....	18
Figura 10 - Captopril	19
Figura 11- Heparina	19
Figura 12 - Premarin	20
Figura 13 - Espongotimidina.....	21
Figura 14 - Espongouridina.....	21
Figura 15 - Manzmina A	22
Figura 16 - Erubulina e Halicondrina B	23
Figura 17 - Fucoidan	24
Figura 18 - Ficocianina	24
Figura 19 - Lovaza.....	25
Figura 20 - Tetrodotoxina	26
Figura 21 - Calcitonina.....	26
Figura 22 - Ziconotina	27
Figura 23 - Trabectedina	28
Figura 24 - Bioinvasões no Brasil	33
Figura 25 - Exploração de madeira no Brasil.....	34

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
METODOLOGIA	12
1.O IMPACTO DA BIODIVERSIDADE TERRESTRE PARA A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA	12
1.1 Fármacos provenientes de plantas	13
1.2 Fármacos provenientes de fungos	15
1.3 Fármacos provenientes de bactérias	17
1.4 Fármacos provenientes de animais	19
2. O IMPACTO DA BIODIVERSIDADE MARINHA PARA A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA	20
2.1 Fármacos provenientes de esponjas	21
2.2 Fármacos provenientes de algas	23
2.3 Fármacos provenientes de animais vertebrados	25
2.4 Fármacos provenientes de animais invertebrados	27
3. IMPACTO DAS AÇÕES ANTRÓPICAS NA BIODIVERSIDADE	28
3.1 Biopirataria	29
3.2 Pesca predatória	30
3.3 Bioinvasão	31
3.4 Desmatamento	33
3.5 Poluição	36
3.6 Mudanças climáticas	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	41

INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da humanidade pessoas ficaram doentes. A necessidade de tratamento fez surgir a medicina (do latim, associado ao verbo *mederi*, arte de curar), ciência que estuda a saúde como um todo. Com o passar do tempo, a medicina foi evoluindo, incorporando novos conhecimentos e tecnologias. E, com o avanço dos estudos, surgiram os fármacos, base de medicamentos com o objetivo de prevenir, aliviar e tratar enfermidades.

A medicina como ciência, ou seja, como estudo racional e sem influência de qualquer tipo de crença, surgiu na Grécia no século V a.C. (Gusmão, 2004). Contudo, em torno de 500 a.C., os gregos já começavam a desassociar as práticas mágico-religiosas da medicina (Ribeiro, 2005) e com o nascimento de Hipócrates, mais conhecido como o “pai da medicina”, o mundo teve uma percepção completamente diferente do proposto pelos filósofos pré-socráticos (Gusmão, 2004).

Hipócrates foi um dos primeiros a pensar na ciência sistemática, que se baseia em observações e fatos. A partir desse pensamento, ele cria a relação entre medicina e alimentação humana e começou a utilizar certas comidas, como a romã, que melhora a dor de garganta, para tratar enfermos, tornando-se o ponto de partida da medicina. (Gusmão, 2004). Porém, os povos antigos já utilizavam plantas medicinais, como o boldo, que ajuda com dores de barriga, para cuidar dos doentes.

Entretanto, os questionamentos e buscas por princípios ativos apenas se iniciaram no século XIX, com os descobrimentos de princípios ativos e, como consequência, de medicamentos (Calixto e Siqueira, 2008). Uma das primeiras plantas utilizadas para a busca de compostos ativos foi a papoula, de onde Friedrich Serturmer extraiu o alcaloide morfina em 1806.

A partir dessa descoberta, iniciou-se a busca constante por novos medicamentos provenientes de plantas, dando origem ao início da indústria farmacêutica. Podemos citar como marco inicial a síntese da aspirina (ácido acetil salicílico) em 1897: povos tradicionais usavam a casca do salgueiro como analgésico e antitérmico, até que em 1829 Rafaele Piria descobriu e extraiu a salicina de sua casca. Ela foi o primeiro composto a sofrer modificação estrutural, dando origem à aspirina (Calixto e Siqueira, 2008).

Com o surgimento da indústria farmacêutica, muitas pesquisas foram elaboradas e diversos medicamentos descobertos. Como a arsfernamina, posteriormente conhecida

como Salvarsan, descoberta por Paul Erlich, utilizada no tratamento da sífilis, e a penicilina, descoberta por Alexander Fleming em 1928, muito utilizada para tratar infecções na Segunda Guerra Mundial (Calixto e Siqueira, 2008). Entretanto, os fármacos só começaram a ser produzidos em larga escala a partir da 2ª Guerra, quando surgem as grandes corporações farmacêuticas, que investem em pesquisas, aumentando seu arsenal terapêutico através da química sintética (Nasciutti, 2012).

Por meio da consolidação da indústria farmacêutica, o número de fármacos sintetizados aumentou. Porém, novos medicamentos não deixaram de ser descobertos, como o Paclitaxel, descoberto em 1971, proveniente da casca do *Taxus brevifolia* (teixo) e usado no tratamento de cânceres de mama e ovário. Fármacos de uso clínico geralmente são de origem natural ou sintetizados a partir de produtos naturais, estima-se que 40% dos medicamentos disponíveis são provenientes de fungos, plantas, bactérias etc. (ANVISA, 2022).

Com a evolução das pesquisas, cientistas descobriram que o ambiente marinho também pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de novos fármacos. A partir desse pensamento, a procura por medicamentos de origem marinha começou. Atualmente, estão disponíveis no mercado 17 fármacos com princípios ativos originados da vida marinha, porém existem diversos produtos em fases de testes. Um dos principais organismos que marcou o início das pesquisas de medicamentos provenientes do mar foi a esponja *Tectitethya crypta*, que deu origem a medicamentos sintéticos utilizados nos tratamentos de doenças bacterianas e virais, como HIV, e de diversos tipos de câncer (Olhar Oceanográfico, 2022).

Além das esponjas, diversos outros organismos são utilizados como base de pesquisas para novos fármacos, por exemplo a espécie *Conus Magus*, cujo veneno é extraído e utilizado para atenuação de fortes dores, mostra-se mais eficaz que a morfina, além de não causar dependência nos usuários (Olhar Oceanográfico, 2022).

As substâncias de origem marinha não se limitam a medicamentos, podendo também ser aplicadas como suplementos. Como exemplo podemos citar os ácidos graxos ômega-3, principalmente EPA e DHA, que são extraídos de peixes oleosos e podem aliviar os sintomas de cólicas menstruais e contribuem para estabilização do humor e otimização do funcionamento cerebral (Mendes, 2022).

Contudo, a indústria farmacêutica está sendo gravemente ameaçada com a destruição da biodiversidade. Estima-se que são colhidas de 50.000 a 70.000 espécies

vegetais para uso da medicina moderna no mundo todo (WWF-BRASIL). Porém, de acordo com a 15ª edição do relatório “Planeta Vivo” 2024: Um sistema Perigoso, em 50 anos o mundo perdeu 73% de sua biodiversidade. Os principais fatores que contribuem para a perda da diversidade biológica foram, principalmente, as mudanças climáticas, desmatamento, utilização intensiva da monocultura e exploração direta, como a caça (Parlamento Europeu, 2020).

Além da drástica redução da vida terrestre, o ambiente marinho também sofre com o extremo declínio de sua biodiversidade. Mais de 60% dos recifes de coral do mundo estão ameaçados, além disso, estimam-se que existam 5,25 trilhões de partículas de plástico nos oceanos (Organização das Nações Unidas, 2020). Diversos fatores contribuem para o aumento dessa destruição, como a sobrepesca - captura de animais marinhos a uma velocidade mais rápida do que sua capacidade de reprodução-, a poluição, a biopirataria, a bioinvasão e as mudanças climáticas.

As consequências da destruição da vida marinha são inestimáveis e para a indústria farmacêutica não é exceção. Com os distintos impactos que prejudicam a biodiversidade marinha, o descobrimento de novos fármacos e a produção de medicamentos já existentes tendem a ser prejudicados. Com a escassez de organismos marinhos, os fármacos já descobertos correm risco de não serem produzidos novamente, já que grande parte dos medicamentos ainda não foram sintetizados. Além disso, o descobrimento de novos fármacos é dificultado, atrasando, significativamente, não apenas a indústria farmacêutica, mas também a medicina.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é estudar o impacto da biodiversidade no desenvolvimento de novos fármacos e nos já existentes, com ênfase na identificação dos princípios ativos e das aplicações terapêuticas e nos principais fatores antrópicos que impactam a vida terrestre e marinha.

A partir disso, define-se como problema central deste trabalho a seguinte questão: “como a biodiversidade impacta a indústria farmacêutica e quais ações antrópicas podem prejudicá-la?” Compreender como os fatores que impactam esse processo torna-se essencial para avaliar os riscos associados à degradação dos ecossistemas marinho e terrestre e suas implicações no avanço do setor farmacêutico.

Para termos uma dimensão da importância da biodiversidade no desenvolvimento de fármacos começamos nossa pesquisa com uma breve revisão de alguns princípios ativos

originados da biodiversidade terrestre e marinha, para depois nos aprofundarmos nos problemas antrópicos que impactam a biodiversidade.

METODOLOGIA

A pesquisa adota como metodologia a revisão bibliográfica de caráter narrativo, com o objetivo de reunir e estudar criticamente publicações científicas e documentos relevantes relacionados ao tema proposto. Para isso, foram analisados artigos científicos, dissertações, teses e documentos oficiais emitidos por instituições de renome nacional e internacional, como a Organização das Nações Unidas (ONU), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Parlamento Europeu. A coleta de dados foi realizada por meio de buscas sistemáticas em bases de dados acadêmicos amplamente reconhecidas, tais como a Scientific Electronic Library Online (SciELO) e o Google Acadêmico.

Nessas plataformas, foram utilizadas palavras-chave para melhor aprofundamento da pesquisa, como: 'biodiversidade', 'fármacos', 'história da medicina' e 'indústria farmacêutica'. Como critério temporal, foram priorizados estudos publicados nos últimos vinte anos, de modo a garantir a atualidade e a relevância das informações. Dentre esses, destacou-se a seleção de produções que abordam a relação direta entre organismos marinhos e a descoberta, extração ou desenvolvimento de compostos bioativos com potencial aplicação farmacêutica, permitindo uma visão minuciosa e fundamentada sobre o panorama atual e os desafios enfrentados.

1.0 IMPACTO DA BIODIVERSIDADE TERRESTRE PARA A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

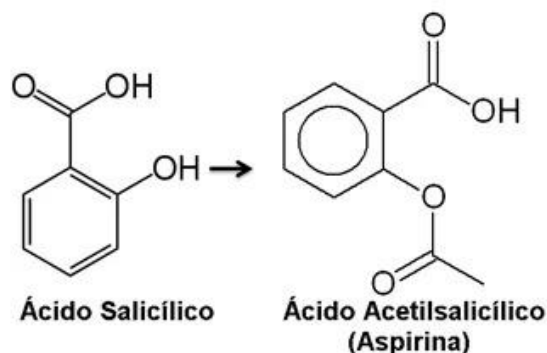
A biodiversidade terrestre teve um papel essencial na evolução humana, servindo como alimento, abrigo e, mais importante, medicamento. A maioria dos fármacos existentes atualmente são de origem terrestre, provenientes de plantas, fungos, animais e bactérias (Nasciutti, 2012). Esses compostos, muitas vezes, servem de modelo para fármacos mais eficientes, a estrutura natural mostra atividade e então os químicos fazem modificações para ver se a atividade desejada aumenta ou diminui. Dessa forma, permite compreender a estrutura para saber onde o medicamento pode agir.

Os princípios ativos dessas substâncias não são mais extraídos da natureza, mas sim sintetizados. Ou seja, os medicamentos que consumimos são produzidos em laboratórios, prejudicando menos a fauna e flora. A seguir serão apresentados fármacos provenientes da biodiversidade terrestre.

1.1 FÁRMACOS PROVENIENTES DE PLANTAS

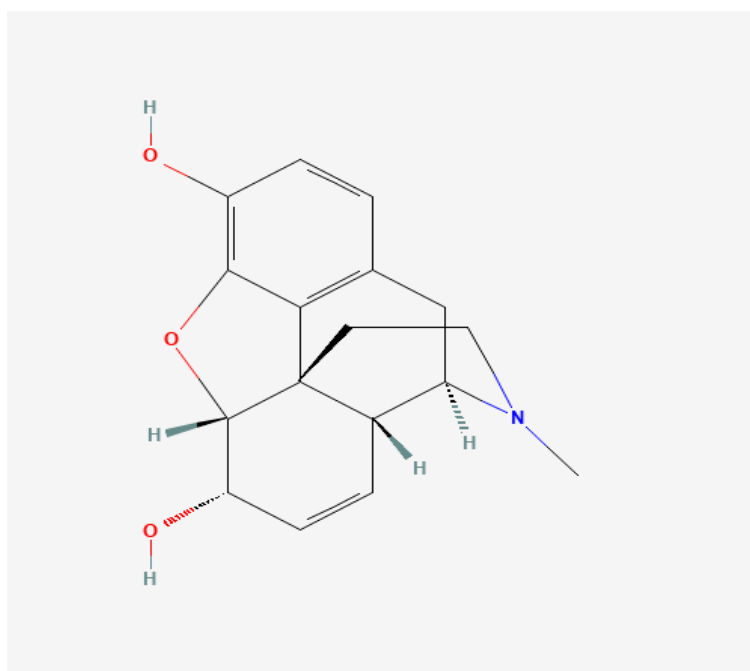
Os fármacos provenientes de plantas são os primeiros a serem descobertos e produzidos, como a aspirina, a morfina e a digoxina. A aspirina deu início à indústria farmacêutica como conhecemos hoje (Veiga, 2024), ela foi descoberta em 1897 por Rafaele Piria que observou que os povos indígenas utilizavam a casca do Salgueiro (*Salix alba L.*) como analgésico e antitérmico. A partir desse pensamento, extraiu a salicina, que se transformou no medicamento (ácido salicílico) e depois foi o primeiro composto a ser sintetizado (ácido acetilsalicílico), dando origem a aspirina (Calixto e Siqueira, 2008). A aspirina, cuja fórmula molecular é ($C_9H_8O_4$), apresenta a fórmula estrutural abaixo:

Figura 1-Ácido salicílico e ácido acetilsalicílico



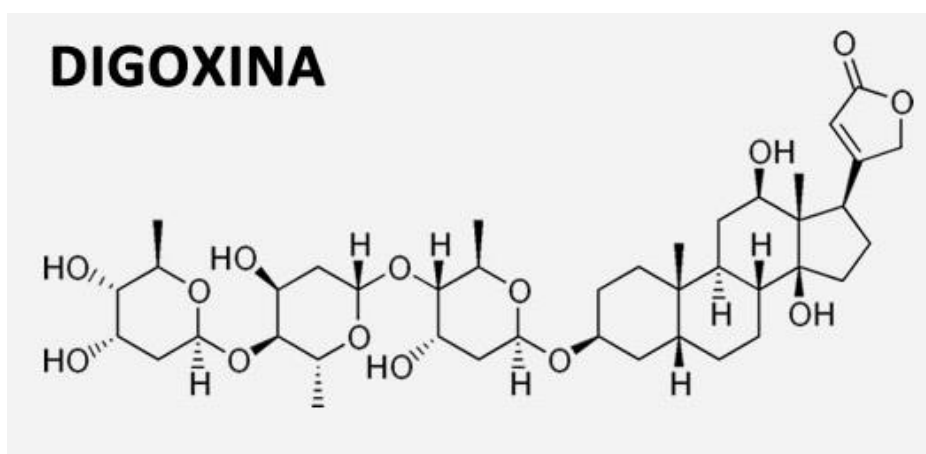
Já a morfina, ($C_{17}H_{19}NO_3$) Figura 2, foi descoberta em 1805 pelo alemão Freidrich Serturmer, ela foi um dos primeiros fármacos descobertos e deu origem à heroína (Veiga, 2024). O medicamento é usado como analgésico para fortes dores, mas têm diversos efeitos colaterais, como náusea, coceira, constipação severa, além de dependência. Ele é um alclóide isolado do ópio e é proveniente da papoula (*Papaver somniferum*) (Agência FAPESP, 2005).

Figura 2-Morfina



Outro exemplo é a digoxina, $C_{41}H_{64}O_{14}$, proveniente das folhas da dedaleira (*Digitalis purpurea*), descoberta no final do século XIX e isolada apenas em 1930. Ela é usada para tratar insuficiência cardíaca e arritmia, e sua estrutura é apresentada na Figura 3.

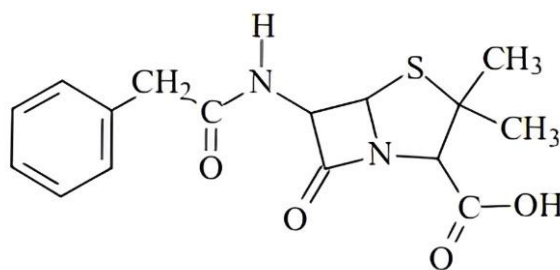
Figura 3-Digoxina



1.2 FÁRMACOS PROVENIENTES DE FUNGOS

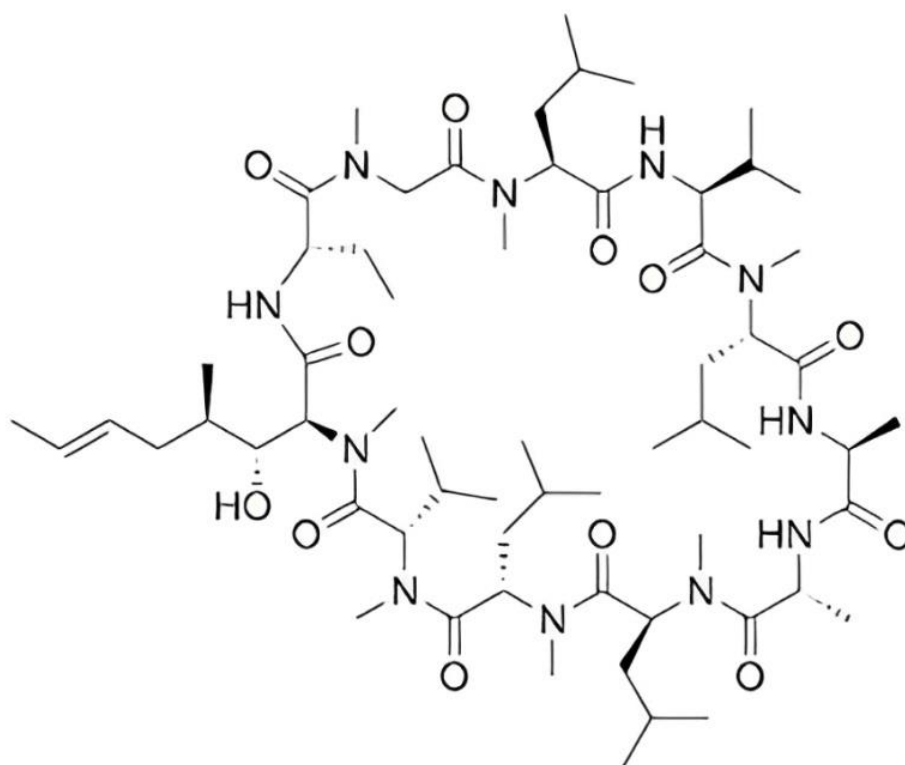
Assim como diversos fármacos são provenientes de plantas, os fungos também têm grande protagonismo na composição de medicamentos. Os principais fármacos são a penicilina, ciclosporina e lovastatina. A penicilina, ($C_{16}H_{18}N_2O_4S$) Figura 4, teve papel essencial no tratamento da sífilis e de outras doenças bacterianas, ela foi descoberta por Alexander Fleming em 1928 e é proveniente do fungo *Penicillium notatum*. Ela foi muito importante durante a Segunda Guerra Mundial por impedir mortes por infecção e depois serviu de inspiração para a criação de diversos outros antibióticos.

Figura 4– Penicilina



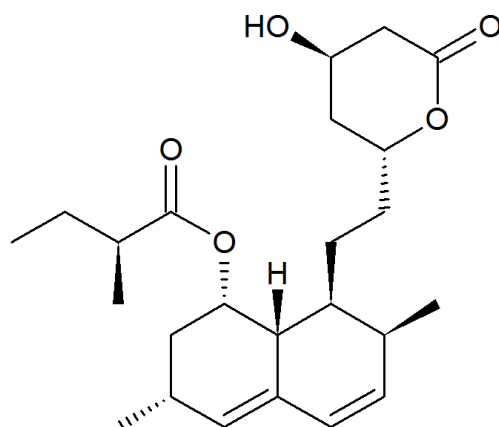
A ciclosporina ($C_{62}H_{111}N_{11}O_{12}$), cuja fórmula estrutural é mostrada na Figura 5 foi descoberta em 1970 por Jean Borel e é utilizada para impedir as reações imunológicas do organismo, ou seja, ela serve para prevenir a rejeição de órgãos transplantados e para tratar doenças autoimunes. O medicamento foi isolado do fungo *Tolypocladium inflatum* e foi utilizado pela primeira vez em 1978 (Sukiyama e Suzuki, 2020).

Figura 5-Ciclosporina



Já a lovastatina foi descoberta ao final de 1970, patenteada em 1979 e aprovada para uso medicinal em 1987. Ela é proveniente do fungo *Aspergillus terreus* e é utilizada para reduzir o colesterol no sangue (Índice). A Figura 6 apresenta a estrutura da lovastatina ($C_{24}H_{36}O_5$):

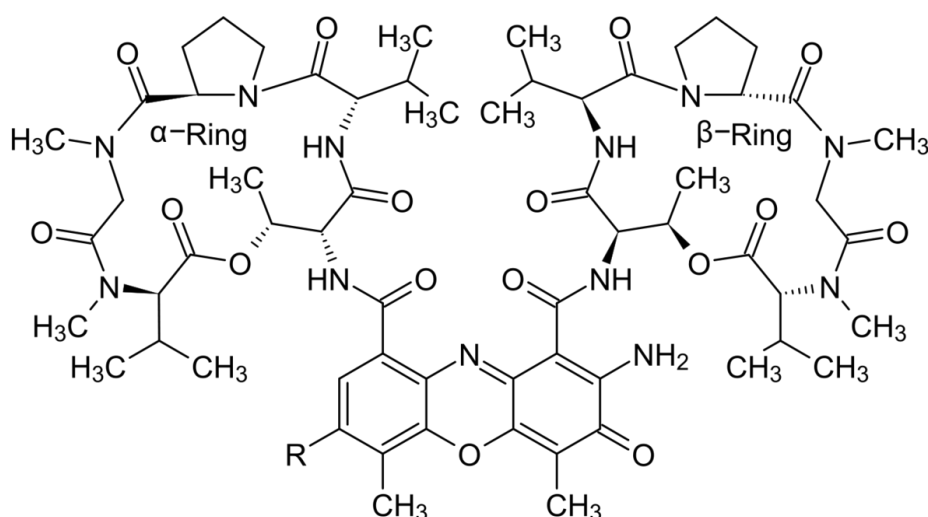
Figura 6– Lovastatina



1.3 FÁRMACOS PROVENIENTES DE BACTÉRIAS

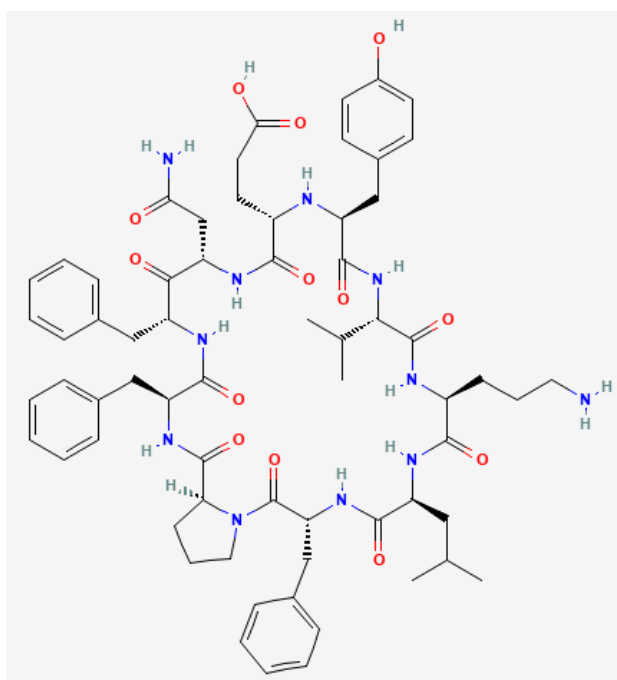
As bactérias também têm grande importância no desenvolvimento de fármacos, como antibióticos, imunossupressores e até mesmo anticâncer. Os principais são a dactinomicina, a tirotricina e a neomicina, cada um com uma finalidade diferente. A dactinomicina foi descoberta em 1940 por Selman Waksman e tem origem da bactéria *Streptomyces parvulus*. É um medicamento anticâncer, utilizado no tratamento de tumores sólidos em crianças e coriocarcinomas, câncer localizado no útero de rápido crescimento, em mulheres adultas (National Center for Biotechnology Information, 2017). A dactinomicina, cuja fórmula molecular é $C_{62}H_{86}N_{12}O_{16}$, apresenta a seguinte estrutura:

Figura 7 – Dactinomicina



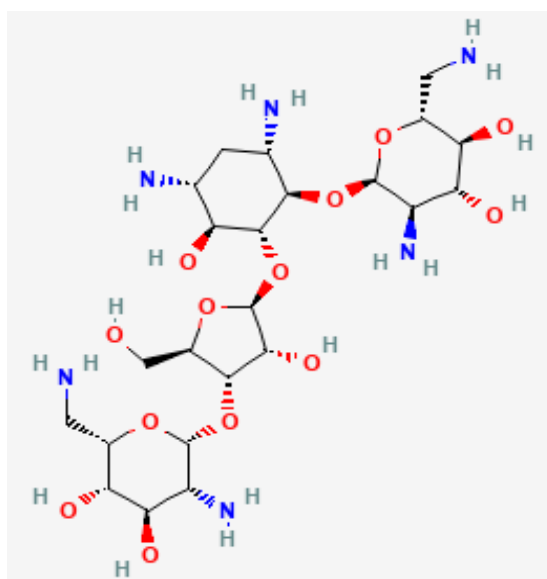
A tirotricina, ($C_{65}H_{85}N_{11}O_{13}$) Figura 8, foi descoberta por Rene Dubos no final de 1940 e é composta por dois antibióticos a gramicidina e a tirocidina. Ela foi isolada da bactéria *Bacillus brevis* e tem o objetivo de tratar infecções vulvovaginais (Índice).

Figura 8– Tirotricina



Também existe a neomicina, descoberta em 1949 por Selman Waksman e Georgy Gause e proveniente da bactéria *Streptomyces fradiae*. Contudo, com o surgimento de fármacos mais efetivos, o medicamento como antibiótico intramuscular foi caindo em desuso, mas continuou sendo usado como creme de uso local (Tupam Editores SA, 2021). A Figura 9 apresenta a estrutura da neomicina ($C_{23}H_{46}N_6O_{13}$):

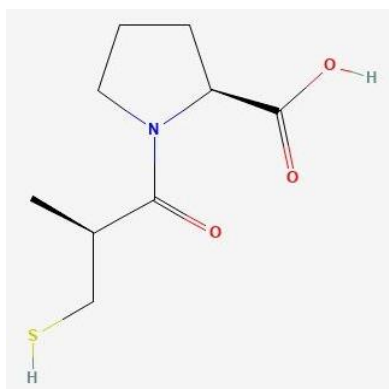
Figura 9– Neomicina



1.4 FÁRMACOS PROVENIENTES DE ANIMAIS

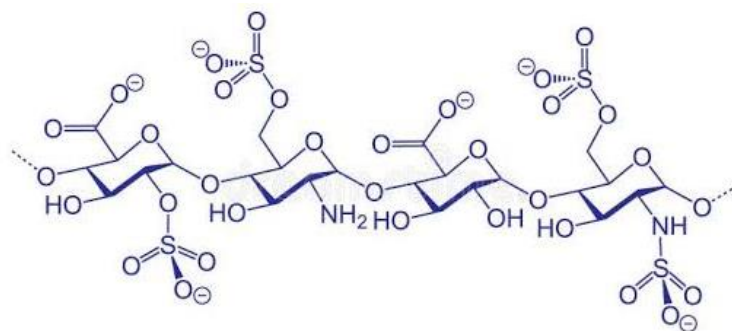
Os fármacos provenientes de animais não são tão populares, mas não significa que sejam dispensáveis. Os medicamentos podem ter origem de insetos, cobras, suínos e muito mais. Os mais conhecidos são o captopril, a heparina e o premarin, com diferentes funções e origens. O captopril ($C_9H_{15}NO_3S$), cuja estrutura é apresentada na Figura 10, é proveniente do veneno da cobra Jararaca-da-mata (*Bothrops jararaca*), nativa da América do Sul e localizada no Brasil, Paraguai e Argentina. Ela utiliza seu veneno para fazer a pressão da presa cair e, conseqüentemente, perder a consciência, o que pode causar inchaço local, formação de bolhas, sangramento das gengivas, hemorragia e sangue incoagulável. Por abaixar a pressão, foi criado um medicamento para tratar a hipertensão (Departamento de farmacologia-UFSC, 2016).

Figura 10– Captopril



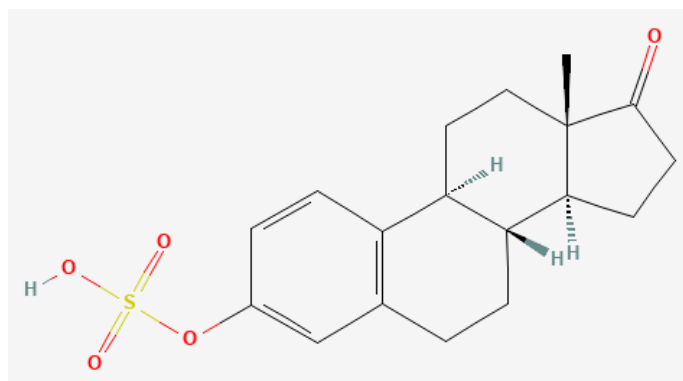
Por outro lado, a heparina, ($C_{12}H_{19}NO_{20}S_3$) Figura 11, é proveniente de suínos e bovinos, descoberta em 1916 por Jay Mclean. A substância também é encontrada em tecidos humanos, principalmente no fígado, e tem função anticoagulante (Almeida, 2021).

Figura 11– Heparina



Outro fármaco proveniente dos animais é o premarin, lançado em 1941 pela Ayerst, McKenna & Harrison e foi um dos medicamentos mais vendidos nos Estados Unidos da América. O premarin é proveniente da urina de éguas prenhas e é utilizado para reposição hormonal, pois contém grande quantidade de estrogênio e é mais fácil a extração em comparação a humanos (Ritter, 2005). O premarin, cuja fórmula molecular é (C₁₈H₂₂NaO₅S), apresenta a fórmula estrutural abaixo:

Figura 12– Premarin



2. O IMPACTO DA BIODIVERSIDADE MARINHA PARA A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

O ecossistema terrestre tem presença marcante por ser amplo e antigo na indústria farmacêutica. Contudo, a biodiversidade marinha também é essencial, por adquirir em abundância compostos naturais bioativos. Marcado por intensa competição por espaço e predação, além de condições abióticas variáveis — como salinidade, pH, pressão e radiação —, favorece a produção de moléculas com propriedades químicas e farmacológicas singulares, distintas daquelas encontradas em organismos terrestres (Brito *et al*, 2025). Para a indústria farmacêutica, o uso da biodiversidade marinha para o desenvolvimento de medicamentos é recente, porém muito importante. Os principais organismos utilizados no desenvolvimento de fármacos são esponjas, algas, animais vertebrados e invertebrados. Em seguida, será apresentado fármacos de origem marinha.

2.1 FÁRMACOS PROVENIENTES DE ESPONJAS

A principal esponja utilizada em fármacos é a *Tectitethya crypta*, localizada no Caribe, e começou a ser estudada na década de 50 dando origem a diversos fármacos que revolucionaram a indústria farmacêutica. Os cientistas isolaram dois compostos da esponja, espongotimidina e espongouridina, o que conduziu ao desenvolvimento de vários medicamentos, como a citarabina, utilizada para tratar leucemia, a azidotimidina (AZT), muito usada no tratamento da AIDS no final da década de 80 (Burnett e Fraley, 2025), e o remdesivir, utilizado para impedir a replicação do vírus no organismo, diminuindo o processo de infecção (ANVISA, 2024). As estruturas da espongotimidina ($C_{10}H_{14}N_2O_6$) e da espongouridina ($C_9H_{12}N_2O_6$) são mostradas na Figura 13 e 14, respectivamente.

Figura 13– Espongotimidina

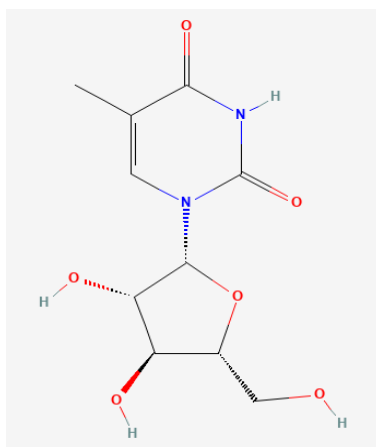
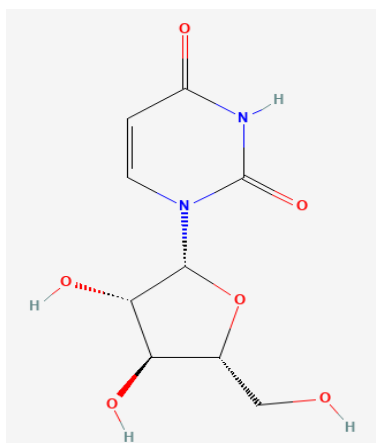


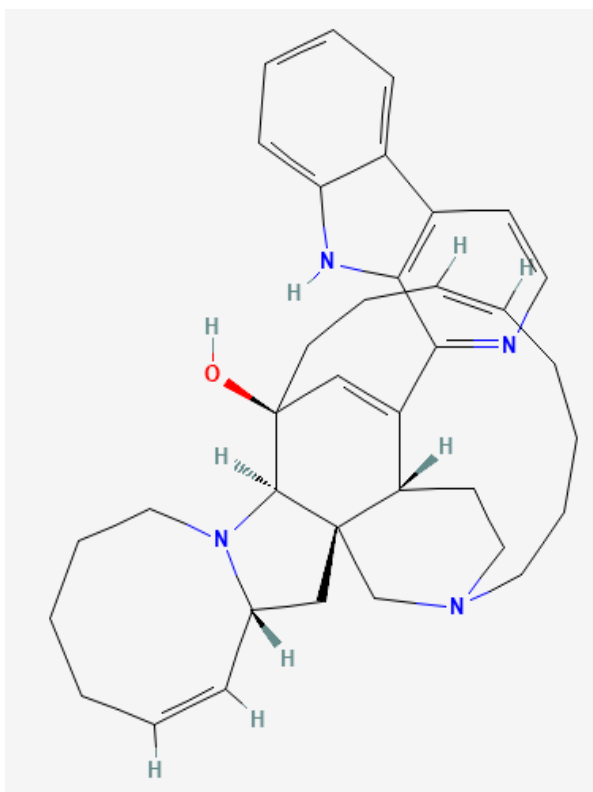
Figura 14– Espongouridina



Outro composto descoberto recentemente é a Manzamina A, presente na esponja *Haliclona sp*, ela pode ser encontrada na Baía de Manado, na Indonésia, e é capaz de

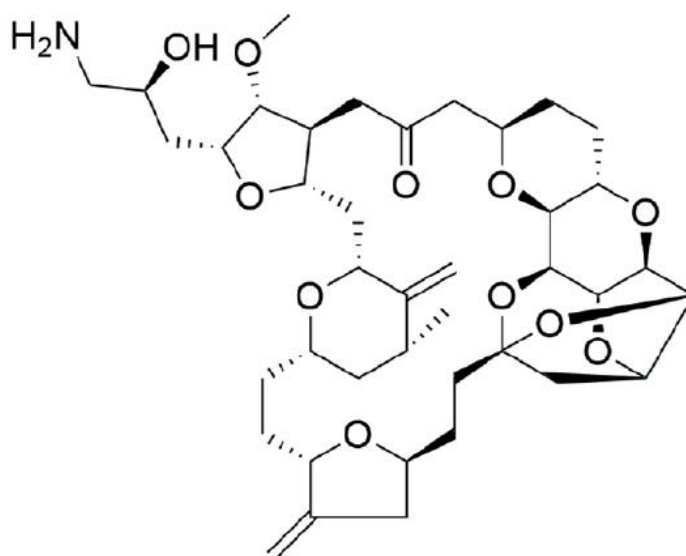
interromper o crescimento de células cancerígenas no colo do útero. Além disso, a substância mostrou eficácia contra o parasita responsável pela malária, tratando roedores com uma única dose (TJCC, 2020). A Manzamina A, cuja fórmula molecular é ($C_{36}H_{44}N_4O$), apresenta a fórmula estrutural indicada na Figura 15.

Figura 15– Manzmina A

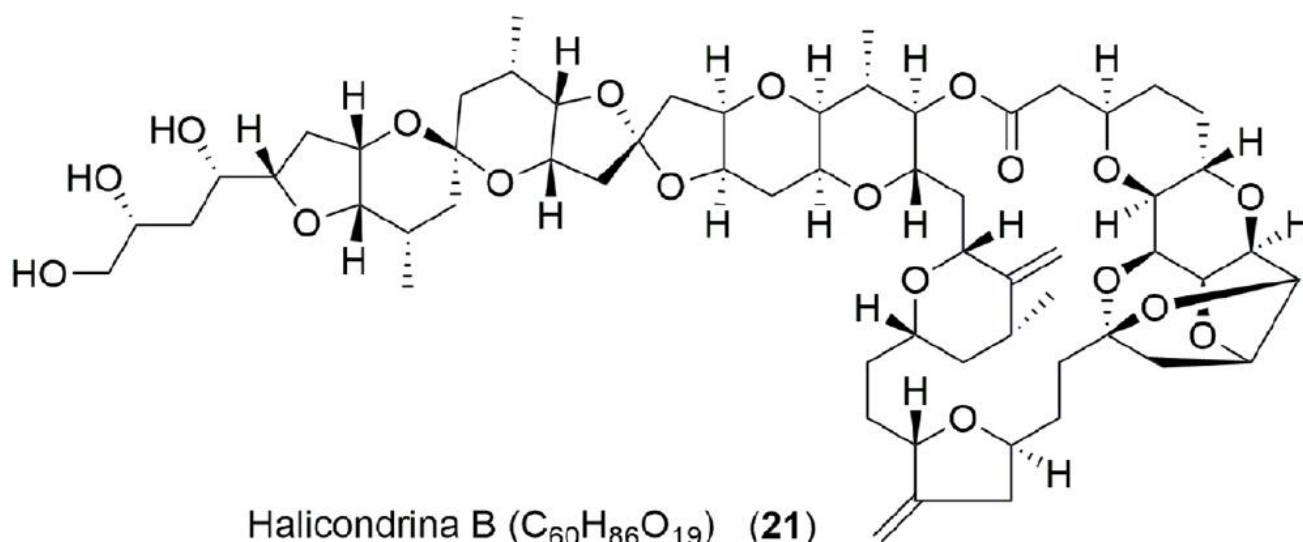


Outro exemplo é a Halicondrina B ($C_{40}H_{68}O_{11}$), proveniente da esponja *Halichondria okadai*, deu origem ao análogo sintético Eribulina ($C_{40}H_{59}NO_{11}$), o qual tem função de tratar câncer de mama metastático e lipossarcoma. O fármaco paralisa o ciclo celular, por e meio da inibição dos microtúbulos, causando a morte das células cancerígenas (Portal Câncer de Mama Brasil, 2020). A Halicondrina B e a Eribulina têm suas fórmulas estruturais apresentadas na Figura 16.

Figura 16-Erubulina e Halicondrina B



Erubulina (C₄₀H₅₉NO₁₁) (20)



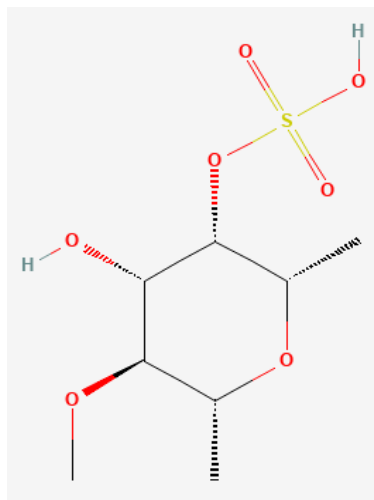
Halicondrina B (C₆₀H₈₆O₁₉) (21)

2.2 FÁRMACOS PROVENIENTES DE ALGAS

As algas também estão muito presentes nos fármacos marinhos, como as algas marrons que dão origem a substância fucoidan. Esse composto é encontrado em diversos tipos de algas marrons e sua composição pode variar de acordo com as espécies, localização geográfica, época de colheita e procedimentos de extração. Contudo, sua eficácia permanece. Estudos relataram seu potencial antitumoral, antioxidante, anticoagulante, antitrombótico, imunorregulador, antiviral e anti-inflamatório (Wang *et al*,

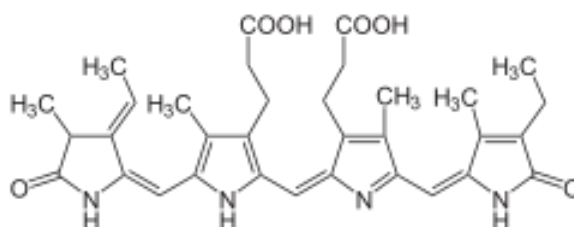
2019). O fucoidan, cuja fórmula molecular é $(C_8H_{16}O_7S)$, tem sua fórmula estrutural representada na Figura 17.

Figura 17– Fucoidan



Outra substância importante na indústria farmacêutica é a ficocianina (Figura 18 e fórmula molecular $C_{33}H_{40}N_4O_6$, obtida da *Spirulina platensis* uma alga azul-esverdeada. Ela tem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anticâncer, antimicrobiana, ajuda na neurodegeneração, diabetes, cicatrização de feridas e hiperpigmentação. Além disso, o composto também é utilizado na indústria alimentícia e cosmética, como corante natural por sua alta pigmentação azul. A ficocianina, por ser uma proteína grande formada por subunidades α e β , não tem uma fórmula simples, pois é feita de centenas de aminoácidos e vários cromóforos, resultando em uma molécula muito grande.

Figura 18– Ficocianina



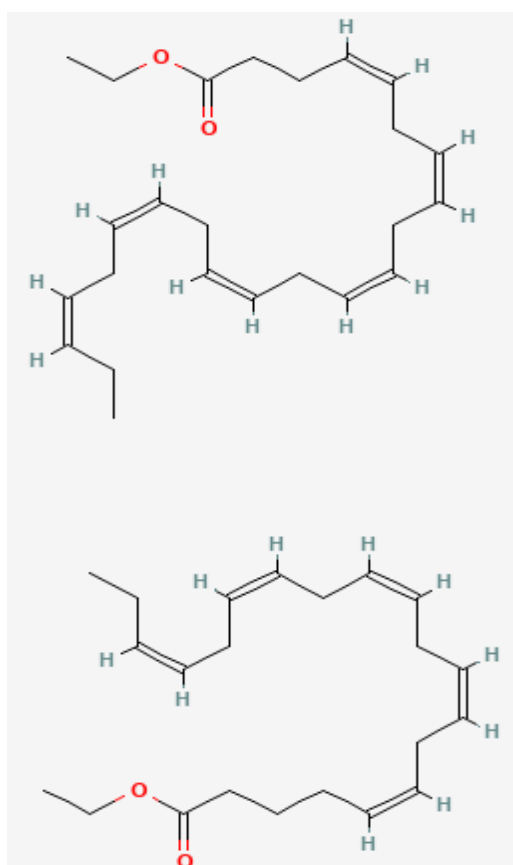
Já o grupo de polissacarídeos complexos conhecido como galactana sulfatada, proveniente da alga marrom *Botryocladia occidentalis*, possui efeito anticoagulante na trombina e se mostra mais eficiente que a heparina. Além disso, não possui os efeitos

colaterais de outros anticoagulantes, como hemorragia e trombocitopenia, e os riscos de contaminação por xenobióticos - príon (“mal da vaca louca”) ou vírus (“gripe suína”) são nulas (Sampaio, 2013).

2.3 FÁRMACOS PROVENIENTES DE ANIMAIS VERTEBRADOS

Existem diversos medicamentos e suplementos provenientes de animais vertebrados, como Lovaza®. Sua formulação é de ésteres etílicos de ácido ômega-3, encontrado no óleo de diversos peixes, e tem função de reduzir os níveis de triglicerídeos no sangue. O que impede a obstrução dos vasos e, conseqüentemente, evita ataques cardíacos e derrames. Além disso, diminui o risco de doenças cardiovasculares e distúrbios metabólicos e nutricionais, como diabetes (LifeMD, 2025). A Lovaza ($C_{46}H_{70}O_4$) e sua fórmula estrutural é:

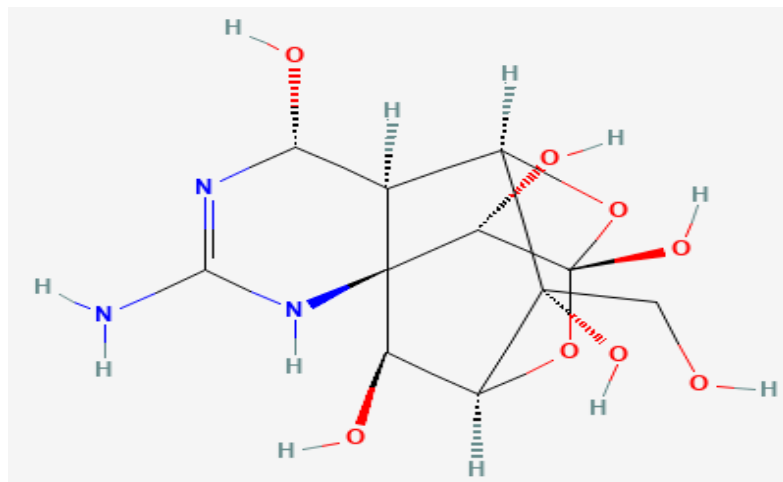
Figura 19– Lovaza



Outro composto também proveniente de peixes é a tetrodotoxina ($C_{11}H_{17}N_3O_8$), Figura 20, encontrada em baiacus e conhecida como “veneno do baiacu”, pois é a toxina

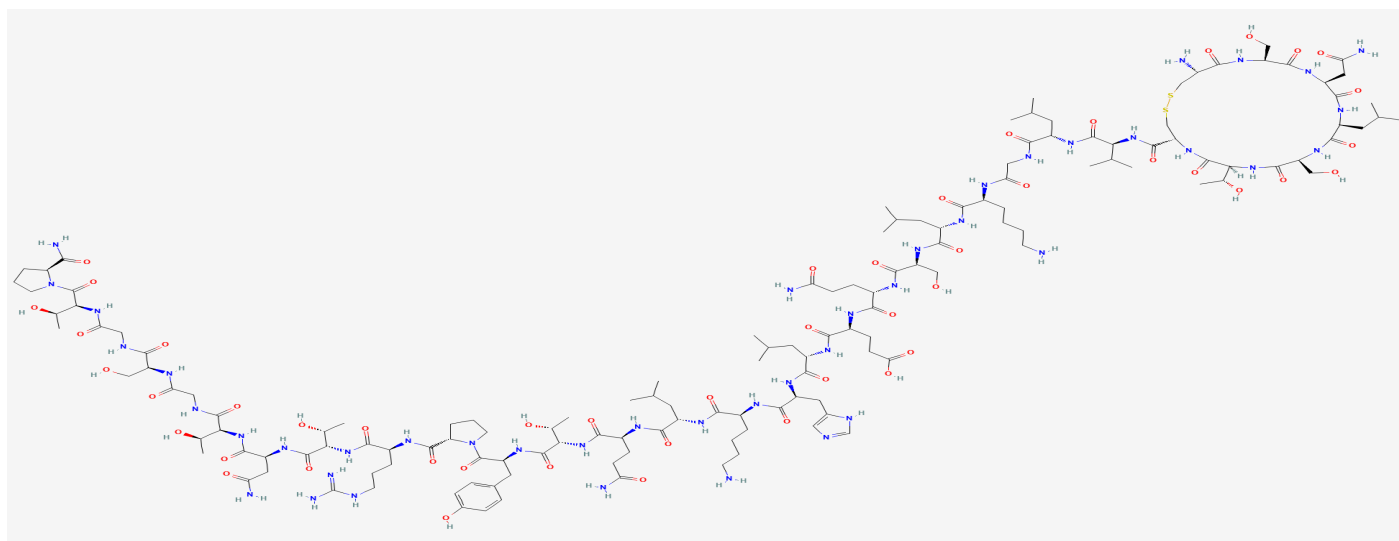
que o peixe possui que mata as pessoas. Contudo, pesquisas apontam os benefícios da substância como anestésico local e no tratamento da dor neuropática e oncológica.

Figura 20 – Tetrodotoxina



Bem como os fármacos anteriores, a calcitonina, indicada na Figura 21 e com fórmula molecular $C_{145}H_{240}N_{44}O_{48}S_2$, também é proveniente de peixes, majoritariamente do salmão. Ela é utilizada para tratar osteoporose pós-menopáusia em pacientes em que os tratamentos alternativos não se mostram eficazes (InfoSUS).

Figura 21– Calcitonina

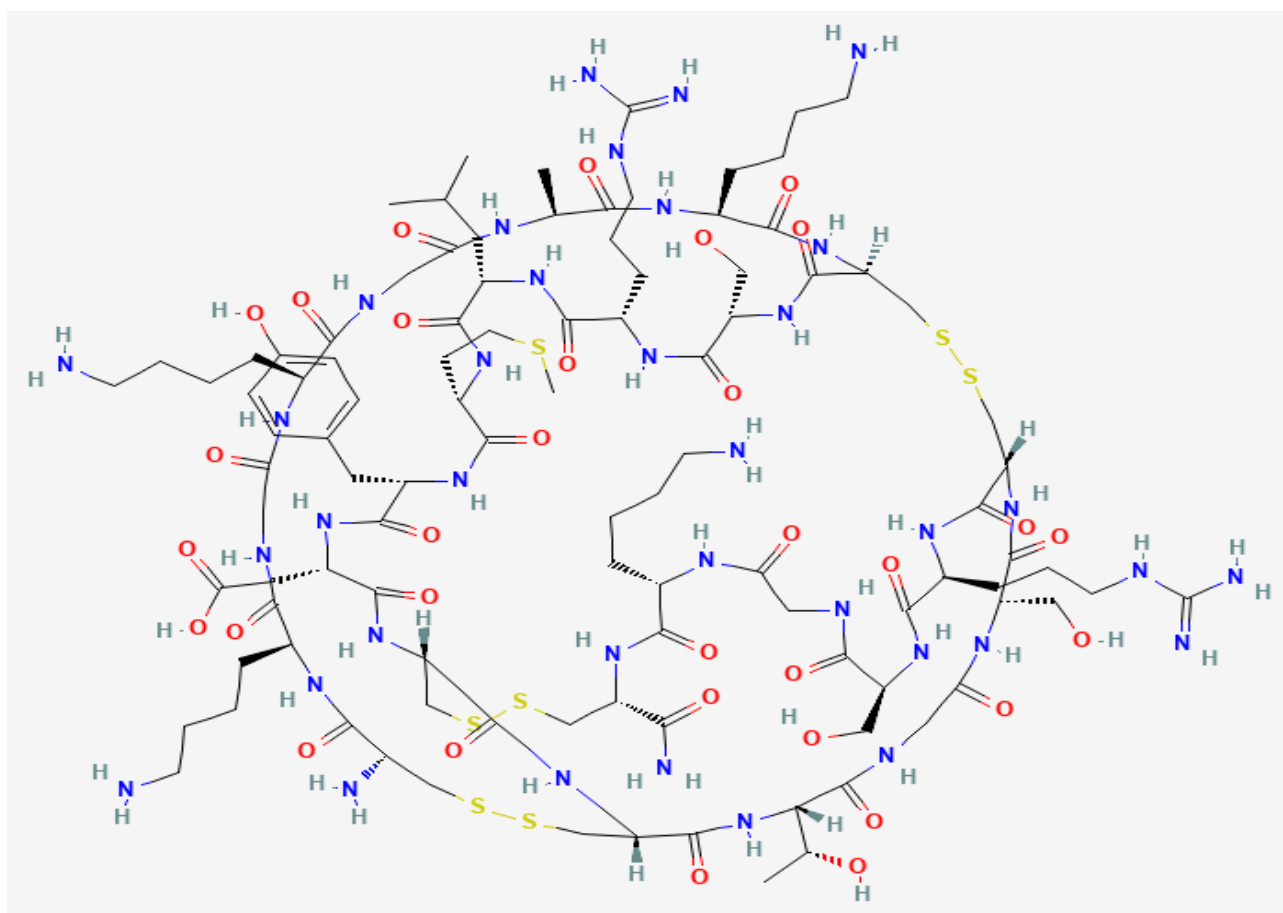


2.4 FÁRMACOS PROVENIENTES DE ANIMAIS INVERTEBRADOS

Além dos peixes, existem diversos fármacos de origem animal, mais especificamente de animais invertebrados, como, por exemplo, o caranguejo-ferradura, que possui sangue azul que contém lisado de amebócitos do limulus (LAL), uma substância que detecta um contaminante chamado endotoxina. Caso essa toxina entre em contato com vacinas, drogas injetáveis ou outros produtos farmacêuticos esterilizados as consequências podem ser fatais (Arnald, 2020).

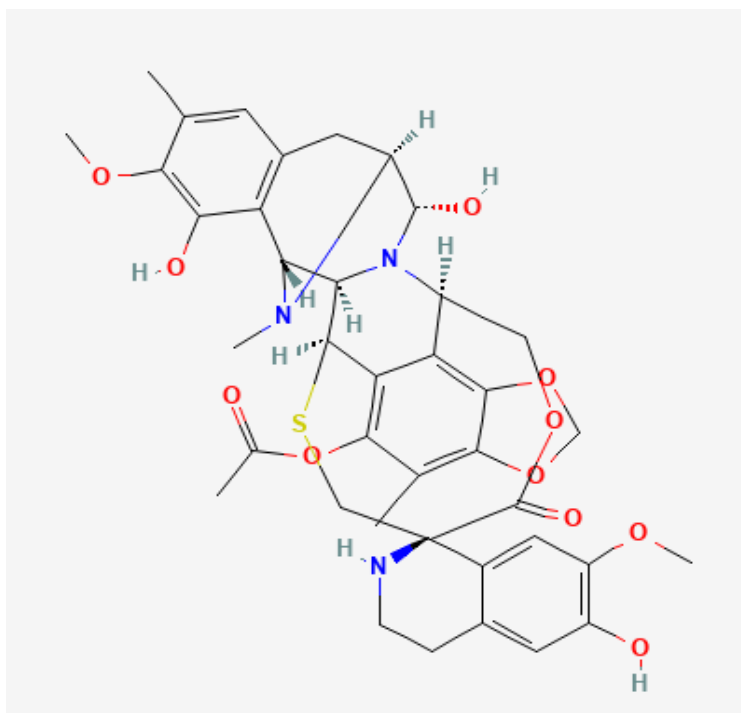
Outro fármaco é a toxina do caramujo *Conus magus*, ziconotina, utilizada por ele para paralisar suas presas e pela indústria farmacêutica como analgésico, capaz de substituir a morfina de modo mais eficiente sem causar dependência química (Olhar Oceanográfico, 2022). Com o tempo, a ziconotina foi sintetizada e batizada com o nome de ziconotida ($C_{102}H_{172}N_{36}O_{32}S_7$) e sua fórmula estrutural é:

Figura 22– Ziconotina



Temos também a trabectedina, Figura 23 ($C_{39}H_{43}N_3O_{11}S$), proveniente do tunicado *Ecteinascidia turbinata*, a qual é utilizada para tratar adultos com sarcoma avançado dos tecidos moles quando outros tratamentos não são eficazes. Além disso, pode ser utilizada em conjunto com a dexorubicina lipossomal peguizada (PLD) para tratar pacientes que sofreram recaída de cancro do ovário sensível à platina (Karime, 2020).

Figura 23– Trabectedina



3. IMPACTO DAS AÇÕES ANTRÓPICAS NA BIODIVERSIDADE

Há muito tempo o homem interfere na natureza, acreditando que suas ações não teriam consequências, entretanto elas têm e são muitas. É fundamental compreender que pequenas ações, sejam individuais ou coletivas, têm efeitos diretos sobre o meio ambiente. Como vimos, muito dos fármacos desenvolvidos pela indústria farmacêutica são derivados diretos ou indiretos da biodiversidade, portanto, esses efeitos afetam também essa indústria ao mesmo tempo em que essa indústria também afeta o meio ambiente. Podemos citar como exemplos biopirataria, a pesca predatória ou sobrepesca, a bio invasão, o desmatamento, a poluição e as mudanças climáticas. Neste capítulo, serão abordadas as atividades antrópicas que comprometem a biodiversidade.

3.1 BIOPIRATARIA

A biopirataria é a exploração e uso da biodiversidade ou de conhecimentos tradicionais sem autorização e sem reconhecer as fontes, geralmente com fins comerciais ou para pesquisas. No Brasil essa prática teve início na colonização, com a exploração do Pau-brasil por parte dos portugueses. A partir desse momento, a cobiça pelos recursos naturais brasileiros se iniciou. Até 2007 eram contrabandeadas cerca de US\$1,5 bilhão de espécimes do Brasil ao ano e a biopirataria genética movimentava, anualmente, em torno de US\$ 20 bilhões no mundo, sendo que, do Brasil, eram extraídos cerca de 15% do total desse tráfico (Belarmino, 2008).

A biopirataria é uma forma contemporânea de exploração: a apropriação de conhecimentos seculares de povos tradicionais, que servem para identificar usos e propriedades dos recursos naturais, e a apropriação ilegal de plantas e animais são exemplos do abuso de nossa biodiversidade. Os motivos que levam a esse crime são diversos, como a alta lucratividade, por exemplo, pois essa é a quinta atividade do crime organizado que rende mais dinheiro no mundo, estimado em cerca de U\$ 10 bilhões por ano (Justo, 2016). A falta de fiscalização e penalidades pelo crime são outros motivos: no Brasil, até 2015 a biopirataria não era classificada como crime, apenas como uma infração administrativa, sendo a penalidade a aplicação de multas.

A lei 13.123/15 ficou conhecida como a Lei da Biodiversidade, pois regulou os limites da exploração de nossa biodiversidade. Ela determinou as regras para o uso do patrimônio genético brasileiro (plantas, animais, microrganismo) e o acesso ao conhecimento tradicional associado de povos indígenas e comunidades tradicionais. Além de criar um sistema de controle de atividades biológicas, o SisGen, e sanções, sendo multas e/ou penalidades, para quem descumprir a lei (Estadão, 2021).

Depois da implementação do regulamento, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em 2024, apreendeu 2.314 animais, quase todos silvestres, e aplicou R\$ 1,5 milhão em multas (Governo Federal, 2025). Contudo, o mercado ilegal se adaptou às regulamentações e elaborou a biopirataria digital, que consiste na compra e venda online de animais e plantas protegidas. No Brasil, se destaca o comércio ilegal de ninhos de abelhas sem ferrão, registradas a preços variando entre R\$70 e R\$5.000. Por serem importantes polinizadoras e produtoras de diversas mercadorias, como mel, própolis e cera, são muito procuradas no mercado ilegal, revelando uma grande ameaça à

conservação, não apenas das abelhas brasileiras, mas também de toda flora e fauna (Governo Federal, 2022).

Esses são apenas alguns exemplos que evidenciam o impacto da biopirataria, ressaltando não apenas a necessidade de fiscalização constante, mas também a importância da criação e aprimoramento de legislações adequadas. A atuação efetiva do poder público, aliada à conscientização da sociedade, é essencial para proteger os recursos naturais, garantir o uso sustentável da fauna e da flora e preservar o equilíbrio ecológico para as futuras gerações.

3.2 PESCA PREDATÓRIA

A pesca predatória ou sobrepesca consiste no ato de pescar excessivamente e de forma insustentável, ultrapassando a capacidade natural de reprodução das espécies e, portanto, provocando um grande desequilíbrio, em que os organismos vão diminuindo gradativamente, degradando a biodiversidade marinha e, conseqüentemente, levando à extinção de diversas espécies.

A pesca é símbolo de sobrevivência e evolução, nas primeiras civilizações ela já era presente como uma atividade artesanal e de subsistência, fazendo uso de técnicas simples com impacto mínimo no meio ambiente. Contudo, com a Revolução Industrial, a pesca se tornou uma mercadoria de lucro, com investimentos em tecnologias pesqueiras, como barcos à vapor e redes maiores e mais precisas dando origem ao que hoje chamamos de sobrepesca (Ecos, 2025).

Com o decorrer do tempo, a exploração marinha aumentou e com ela as formas de pesca também. Atualmente, as principais ferramentas de captura são redes de arrasto, caracterizadas por serem cônicas e por apreender uma quantidade excessiva de animais marinhos e sedimentos do mar; explosivos, utilizados para atordoar os organismos e facilitar a captura; uso de compostos químicos tóxicos usados para atordoar ou matar mais facilmente e em grandes quantidades organismos marinhos, além de redes de cerco, caracterizadas pela pesca de cardumes com difícil fuga (Ecos, 2025).

Essas maneiras de exploração têm diferentes conseqüências no ecossistema marinho, sendo elas a destruição de recifes de corais, ambientes de reprodução, habitats naturais, morte de organismos não destinados à pesca, contaminação da água e declínio

populacional. Ademais, além de impactar a biodiversidade marinha, influenciam comunidades costeiras que vivem da pesca de subsistência e têm sua segurança alimentar ameaçada. O uso de compostos tóxicos além de poluírem as águas podem poluir os solos e os alimentos, como peixes, moluscos e algas, além de infectar essas comunidades causando, em alguns casos, até mesmo mortes (Ecos, 2025).

Apenas em 2015, no Brasil, foram pescadas 50 mil toneladas de peixes com valor comercial, sendo as principais regiões o Nordeste e o Sudeste. (Agência Bori, 2024). No mesmo ano, populações de peixes apresentaram declínio de até 75% e populações de recifes de corais foram reduzidas em 34% no mundo todo (WWF Brasil, 2015). Caso não haja mudanças significativas, é possível que até 2048 não haja mais espécies pescadas, levando em consideração que 53% da pesca mundial está esgotada e 32% está em superexploração ou em processo de recuperação (Barreto, 2024).

No Brasil, a legislação de combate à sobrepesca e a pesca ilegal ainda é escassa. Contudo, as existentes indicam efeitos significativos. A principal lei é a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, nº 11.959 e instituída em 29 de junho de 2009 (Oceana Brasil, 2022). Ela é conhecida como a Lei da Pesca, pois é fundamental na gestão pesqueira do Brasil. A norma determina que a gestão pesqueira seja feita com base científica, os estoques pesqueiros devem ser mantidos em níveis saudáveis, os estoques sobre pescados devem ser recuperados e a gestão da pesca seja feita numa abordagem ecossistêmica (considerando o ecossistema como um todo).

Cabe lembrar, o Brasil possui mais de oito mil quilômetros de costa heterogênea e 4,5 milhões de quilômetros quadrados de Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e apenas 4% desse território possui proteção ambiental (Agência Bori, 2024). Portanto, é essencial que o governo brasileiro estabeleça mais regulamentações claras e fiscalizações eficazes, a fim de preservar e proteger nossa biodiversidade.

3.3 BIOINVASÃO

A bioinvasão é o ato de introduzir espécies exóticas em novos territórios, causando desequilíbrio no ecossistema local. Por não serem nativos, esses organismos não têm um

predador no novo habitat e acabam se reproduzindo excessivamente, acabando com a fauna e flora local, seja por competir por alimento ou espaço.

Contudo, nem toda espécie exótica é invasora. Espécies exóticas são aquelas que vivem fora de sua área natural de ocorrência, podendo ser introduzidas de forma intencional, como na agropecuária, ou acidental, por meio de embarcações, como as cracas, e de mercadorias, como diferentes espécies de ratos. No entanto, apenas uma pequena parte dessas espécies torna-se invasora, causando desequilíbrios nos ecossistemas. No Brasil, existem diversas espécies exóticas inofensivas que tem grandes importância na economia, como o café e a soja (Pivello, Brandimarte, Chiarello, 2022).

Porém, os organismos invasores trazem diversas consequências para o ecossistema, sendo as principais a perda de biodiversidade local, predação sobre espécies nativas – que pode levar à extinção – e alteração do ecossistema. Além de gerar impactos econômicos às comunidades locais, com prejuízos à pesca, agricultura e altos custos de controle, também pode afetar a saúde pública, carregando doenças desconhecidas para os nativos (Pivello, Brandimarte, Chiarello, 2022).

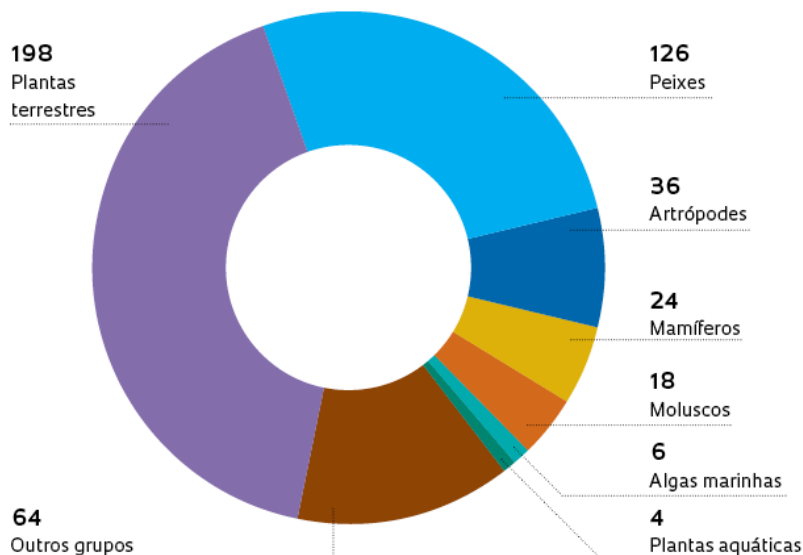
Um exemplo de uma espécie invasora no Brasil são os javalis, considerados aqueles com maior distribuição geográfica e mais antiga. É uma espécie de grande porte, onívora e gregária – vive em bandos, que se alimenta de diversos cultivos e até de filhotes de animais, espalhando sementes, mas também causando prejuízos à agricultura (Pivello, Brandimarte, Chiarello, 2022). Além disso, ao revirar o solo e a lama, pode destruir plântulas (planta recém-germinadas) e comprometer a regeneração vegetal, o que ameaça áreas de proteção permanente no Brasil. O problema com javalis se tornou tão grave que, em 2013, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) legalizou a caça e controle do animal em todo o Brasil (G1, 2019).

Em 2024, foram identificadas cerca de 476 espécies invasoras no Brasil e estudos indicam que as invasões vão aumentar em 20% a 30% até o final do século. Além disso, aproximadamente 30% das Unidades de Conservação do Brasil registram a presença de espécies invasoras, sendo que a maior parte desses registros ocorre na Mata Atlântica. Também se estima que a bioinvasão causa cerca U\$ 3 bilhões de prejuízos ao Brasil por ano (Schmidt, 2024). O gráfico abaixo mostra a quantidade de espécies invasoras no Brasil em 2024:

Figura 24- Bioinvasões no Brasil

INVASÕES BIOLÓGICAS NO BRASIL

Há registros de 476 espécies exóticas invasoras



FONTE: RELATÓRIO TEMÁTICO SOBRE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS, BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS – BPBES (2024)

É necessário enfatizar que a bioinvasão não ocorre apenas entre países, também pode acontecer entre estados e cidades. Dessa forma é possível concluir que a bioinvasão constitui uma grande ameaça à biodiversidade brasileira. É fundamental que políticas públicas de prevenção, monitoramento e controle de espécies exóticas invasoras sejam implementadas e fortalecidas. A atuação governamental, aliada à conscientização da sociedade, é essencial para proteger os habitats naturais e garantir o uso sustentável dos recursos naturais.

3.4 DESMATAMENTO

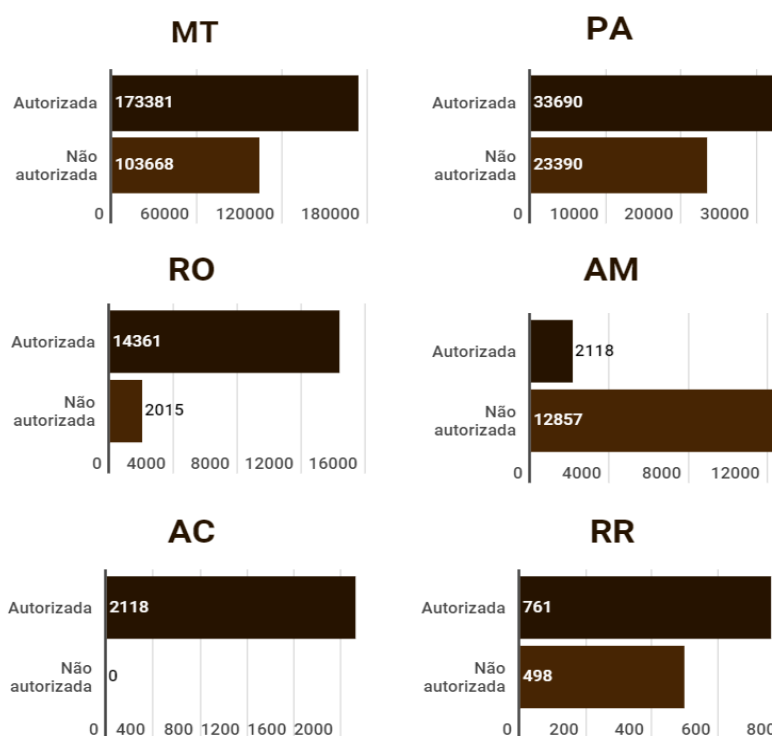
O desmatamento é a destruição total ou parcial da vegetação e, no Brasil, ele começou na colonização portuguesa. A destruição foi além da exploração por recursos naturais como mercadoria, ela também teve a contribuição do processo de ocupação dos colonizadores, que degradou a vegetação original e extinguiu diversas aldeias indígenas (CNN Brasil, 2023).

Contudo, não tiveram impacto significativo comparado com atualmente. Apenas em 1970 que os efeitos do desflorestamento apareceram, com a construção da Rodovia Transamazônica (CNN Brasil, 2023). Nos dias de hoje, o desmatamento no Brasil acontece, principalmente, pela expansão da fronteira agrícola, incêndios florestais, construção de estradas e usinas hidrelétricas e pela prática de mineração.

Porém, a biopirataria, já apresentada anteriormente, também tem influência na degradação das matas. Cerca de 40% da extração de madeira na Amazônia não é autorizada e entre agosto de 2020 e julho de 2021 a extração da planta foi de 377 mil hectares, equivalente a cidade de São Paulo em exploração em apenas um ano (Imazon, 2022). Como mostra o gráfico abaixo:

Figura 25- Exploração de madeira no Brasil

Exploração madeireira autorizada e não autorizada por estado entre agosto de 2020 e julho de 2021 (ha)



O desmatamento traz diversos impactos negativos, não apenas ao meio ambiente, mas também à sociedade. As principais consequências são a perda de vegetação nativa, a extinção de espécies, o desequilíbrio dos ecossistemas e o aumento da emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global e aumentando o índice de doenças respiratórias. Além disso, o desmatamento compromete a fertilidade do solo, altera o regime

das chuvas, causa erosão e assoreamento dos rios, prejudicando o abastecimento de água de comunidades próximas e a agricultura. Também impacta as populações tradicionais e indígenas, que dependem diretamente da floresta para sua sobrevivência e cultura (Água Sustentável, 2022).

Em duas décadas o Brasil perdeu 513 mil km², igual a 6% do território nacional. Atualmente, o país está em segundo lugar no ranking mundial de desflorestamento, apenas perdendo para a Rússia (World Resources Institute, 2025). Além disso, em 2024, foi registrada uma preocupante redução da cobertura florestal, com o Brasil sendo responsável por 42% da perda global de florestas tropicais primárias. Com os incêndios florestais se destacaram como a principal causa da destruição, superando a agropecuária e correspondendo a quase 50% das perdas totais.

Contudo, o Brasil tem medidas de monitoramento e regulamentações para o combate ao desmatamento, como o Programa de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (Prodes), criado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e que realiza um inventário anual de perda da floresta amazônica (Greenpeace Brasil, 2023).

Também foi criada em 12 de fevereiro de 1998 a Lei 9.605/98, mais conhecida como Lei dos Crimes Ambientais, que estabelece sanções penais e administrativas para condutas e atividades que causem danos ao meio ambiente (Planalto, 1998). Essa legislação tem como objetivo responsabilizar pessoas físicas e jurídicas por ações que resultem em degradação ambiental, abrangendo crimes como poluição, desmatamento ilegal, caça e pesca predatória, maus-tratos a animais e destruição de áreas de preservação permanente (Planalto, 1998).

A partir das medidas de combate ao desmatamento, em 2023, houve uma queda de 22,3% na taxa de desflorestamento na Amazônia (Greenpeace Brasil, 2023). Além disso, entre agosto de 2022 e julho de 2023, o sistema registrou a perda de 9.001 km² de floresta na Amazônia. Contudo, esse foi o menor índice desde 2019, representando uma diminuição em relação a 2022, quando o desmatamento atingiu 11.594 km² (Greenpeace Brasil, 2023).

Porém, para continuar com a diminuição dos índices de desmatamento, é essencial a implementação e o fortalecimento de políticas públicas eficazes, que incluam fiscalização rigorosa, incentivo à recuperação de áreas degradadas e promoção de práticas sustentáveis. Além disso, a conscientização da sociedade sobre a importância da preservação florestal é

essencial, pois apenas a ação conjunta entre governo, setor privado e cidadãos poderá reduzir o desmatamento e garantir a proteção dos ecossistemas para as gerações futuras.

3.5 POLUIÇÃO

A poluição consiste no ato de introduzir substâncias no ambiente que cause danos ao ecossistema. Existem diferentes cenários que podem ser poluídos, como o solo, a água e a atmosfera, diversas formas de contaminar a biodiversidade, como utilizando substâncias tóxicas, emitindo gases nocivos, descartando indevidamente detritos e, atualmente sendo o prior delas, depositando desenfreadamente microplásticos.

A poluição do solo é caracterizada pela presença de resíduos nocivos, como compostos químicos e lixo, e tem como principais causas descarte inadequado de resíduos industriais e urbanos, uso excessivos de fertilizantes e pesticidas e mineração (Ambscience Engenharia). Além de causar um grande desequilíbrio na fauna e flora local, tem diversas outras consequências negativas, como a ingestão de alimentos produzidos em solo, que pode ocasionar danos à saúde, como doenças do sistema nervoso e até mesmo câncer. Também, existe a lixiviação, na qual as substâncias tóxicas solúveis, muitas vezes presentes em inseticidas, penetram o solo, comprometendo a fertilidade dele e a segurança e qualidade dos alimentos cultivados (Ministério Público do Estado de Mato Grosso, 2024).

Já a poluição da atmosfera, ocorre majoritariamente em centros urbanos. Logo, suas principais causas são emissões de veículos, indústrias e queima de combustíveis fósseis, especialmente para a geração de energia (Altrumera Brasil, 2024). À primeira vista, pode parecer inofensivo, porém a poluição atmosférica traz grandes riscos à saúde, como bronquite crônica, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), pneumonia e asma. Além disso, também contribui para o aquecimento global, para a ocorrência de chuva ácida, danifica a vegetação, por meio de poluentes que bloqueiam a fotossíntese, destruição da camada de ozônio e redução da visibilidade e qualidade do ar (Sicflux, 2022).

Contudo, a poluição da água é mais complexa de ser estudada, pois, além de existir em dois tipos de ecossistema (terrestre e marinho), ela sofre constantemente com a presença de microplásticos, que, por serem um fenômeno novo, ainda carecem de informações. Além dos resíduos plásticos, a água sofre com outras formas de poluição como o descarte indevido de esgoto, resíduos industriais, agrotóxicos e detritos, como redes

fantasmas (Altramera Brasil, 2024). Infelizmente, equipamentos de pesca são frequentemente encontrados nos mares, no Brasil, cerca de 580Kg de redes são abandonadas nos oceanos diariamente. Mundialmente, cerca de 640 mil toneladas de equipamentos de pesca são deixadas no mar todos os anos, por isso o nome "redes fantasmas" (Paccoby, 2024).

Além dos resíduos visíveis, existem aqueles que são quase impossíveis de ver a olho nu, conhecidos como microplásticos. Eles afetam, não apenas o ecossistema marinho, mas também a vida humana. Esses resíduos têm origem no descarte inadequado de produtos plásticos que passam por vários processos mecânicos, como chuvas, ventos e ondas do mar, que tornam eles em fragmentos pequenos de partículas plásticas (Univasf, 2019). Por serem pequenos, não há um controle eficiente de sua presença em alimentos, animais, cosméticos e muitos outros produtos que são consumidos. Por ano, o oceano recebe cerca de 11 milhões de toneladas de plástico, sendo 1 milhão microplásticos (Marine Conservation Society).

Assim como metais pesados, microplásticos se acumulam no corpo por meio da ingestão. Além de entrarem na cadeia alimentar por meio de frutos do mar, é possível inalá-los através do ar, ingeri-los na água e absorvê-los pela pele por meio de cosméticos (UNEP). Com a absorção desses resíduos, eles se acumulam cada vez mais, em níveis mais altos no cérebro humano do que no fígado e nos rins. Infelizmente, os danos à saúde ainda são incertos. Contudo, cientistas supõem que os microplásticos podem contribuir como fator de risco para doenças cardiovasculares, além de favorecer a rápida disseminação de células cancerígenas no estômago após sua exposição. Também foram encontrados microplásticos em pulmões, vasos sanguíneos, medula óssea e placentas (Ferrari, 2025).

Ademais, além dos riscos humanos, esses resíduos têm alta capacidade de absorção de compostos tóxicos, como pesticidas e metais pesados, impactando a saúde da biodiversidade. Animais pequenos, como plânctons, podem confundir microplásticos com alimento, se contaminando e, ao serem comidos por peixes maiores, propagam a intoxicação. Além disso, o bloqueio do trato digestivo de pequenos animais e a própria intoxicação por produtos presentes no plástico são outras consequências prejudiciais ao equilíbrio do ecossistema (Univasf, 2019).

Em suma, a poluição representa um dos maiores desafios da atualidade, afetando ecossistemas e a saúde humana. Cerca de 87% dos brasileiros afirmam ter adoecido por

poluição da água, do ar e do solo (GZH, 2023). O acúmulo de resíduos, a emissão de gases tóxicos e a contaminação de solos e recursos hídricos são consequências diretas do modelo de produção e consumo insustentável adotado pela sociedade moderna. Para reverter esse quadro, a ação do governo é essencial, promovendo mudanças estruturais e comportamentais, por meio de tecnologias limpas e políticas públicas eficazes.

3.6 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas são alterações a longo prazo nos padrões de temperatura e clima, podendo ocorrer naturalmente, como resultado de variações nos ciclos solares, ou ocasionados por ações antrópicas. Contudo, atualmente, as transformações no clima estão ocorrendo como consequências das ações humanas. Por se tratar de um conjunto de fatores que alteram as condições do planeta, elas não têm causa específica, tendo em vista que todos os impactos antrópicos, como poluição, desmatamento e pesca predatória, contribuem para o aquecimento global.

A partir de 1800, com a Revolução Industrial, as atividades humanas foram impulsionadas, dando início as mudanças climáticas. Com a obsessão por lucro, aumentaram-se o uso de combustíveis fósseis e exploração da biodiversidade, tendo um impacto significativo na vida no planeta (CredCarbo). Em 1824, foi descoberto o conceito “efeito estufa” e a partir de 1856 que estudos sobre mudanças climáticas iniciaram (IBM). Contudo, apenas em 1992 foi realizada a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento para discutir formas de desenvolvimento sustentável (WWF Brasil, 2015).

Com o decorrer do tempo, foram criados diversos acordos e tratados para o combate mais eficientes das mudanças climáticas, como o Acordo de Paris que visava manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais, mais precisamente no máximo 1,5 °C até 2100 (Ministério do Meio Ambiente). Entretanto, nem todos os países participam ou cooperam com os compromissos propostos, como os Estados Unidos da América que, em 2020, anunciou sua intenção de sair do Acordo de Paris (CNN Brasil, 2025). Sem a colaboração das nações, além de dificultar o combate às mudanças climáticas, prolongará o sofrimento de populações que são impactadas diariamente com o fenômeno.

Um exemplo claro dos efeitos na transformação do clima é Tuvalu, um arquipélago, localizado na Oceania e é um país conhecido por estar “desaparecendo”. Com o aquecimento global, o nível do mar aumenta e, conseqüentemente, as nove ilhas de coral afundam. Portanto, aos poucos, a nação se torna inabitável no futuro. Infelizmente, não há nenhuma solução definitiva e de curto prazo, como meio de sobrevivência diversos tuvaluanos estão abandonados seus lares e imigrando para países vizinhos, como a Austrália e Nova Zelândia (BBC, 2024).

Até o final do século, é previsto que o aquecimento global atinja cerca de 3,2°C, em que 3% das emissões globais são produzidas pelos 100 países que menos emitem gases, enquanto cerca de 68% do total é emitido apenas pelos 10 países mais emissores (Nações Unidas). Contudo, as nações que mais sofrem com as mudanças climáticas são aquelas que menos contribuem para o aquecimento global.

Em suma, as mudanças climáticas representam um desafio global que ultrapassa fronteiras e exige cooperação entre os países para ser enfrentado de forma eficaz. Nenhuma nação, isoladamente, possui os recursos ou a capacidade necessária para conter seus impactos. Por isso, é fundamental fortalecer acordos internacionais, com responsabilidade e solidariedade. Assim, será possível reduzir as emissões, proteger os ecossistemas e construir um futuro mais justo e sustentável para todos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como tema central o impacto da biodiversidade na indústria farmacêutica, com o objetivo de estudar seus efeitos no desenvolvimento de novos fármacos e nos já existentes, com ênfase na identificação dos princípios ativos e das aplicações terapêuticas. Além disso, visa relacionar as ações antrópicas que degradam a vida terrestre e marinha com a indústria farmacêutica.

Ao longo do estudo, foram analisados fármacos de origem terrestre, mais especificamente fungos, bactérias, plantas e animais. Também foram investigados princípios-ativos provenientes do ecossistema marinho, como esponjas, algas, animais vertebrados e invertebrados. E, ao final da pesquisa, foram apresentadas ações antrópicas

que degradam a biodiversidade, como biopirataria, bioinvasão, pesca predatória, desmatamento, poluição e mudanças climáticas.

O trabalho foi elaborado com base no problema de pesquisa: “Como a biodiversidade impacta a indústria farmacêutica e quais ações antrópicas podem prejudicá-la?”. Para responder a essa questão, foi realizada uma análise aprofundada de diversos artigos científicos e fontes especializadas, buscando compreender a importância dos recursos naturais para o desenvolvimento de medicamentos. Além disso, o estudo procurou investigar como as atividades humanas têm afetado negativamente a biodiversidade e, consequentemente, limitado o potencial científico que dela deriva.

A partir das análises realizadas, a biodiversidade desempenhou, e continua desempenhando, um papel fundamental no desenvolvimento de fármacos, sendo responsável pela origem de inúmeros princípios ativos utilizados atualmente. A ampla variedade de espécies vegetais, animais e micro-organismos existentes na natureza oferece uma diversidade química e biológica de valor inestimável, que serve de base para a criação e aprimoramento de medicamentos. Portanto, a natureza tem uma função essencial e um impacto significativo no avanço da indústria farmacêutica.

Além disso, com base nas pesquisas feitas, as ações antrópicas têm se mostrado um dos principais fatores responsáveis pela degradação da biodiversidade em escala global. As diferentes formas de exploração, provocam desequilíbrios nos ecossistemas, interferindo em habitats, alterando ciclos ecológicos essenciais e reduzindo a diversidade biológica. O desenvolvimento humano sem planejamento e responsabilidade ambiental tem gerado impactos irreversíveis sobre a biodiversidade, ameaçando o equilíbrio necessário à manutenção da vida no planeta.

Dessa forma, conclui-se que a natureza impacta significativamente a indústria farmacêutica, atuando como a principal fonte de inspiração e fornecimento de compostos essenciais para o desenvolvimento de novos medicamentos. Entretanto, as ações antrópicas têm comprometido diretamente esse processo, uma vez que a degradação da biodiversidade coloca em risco tanto a descoberta de novos fármacos quanto a continuidade de medicamentos ainda não sintetizados.

Portanto, o trabalho evidencia a relação entre a biodiversidade e o progresso da indústria farmacêutica, destacando a importância da conservação dos ecossistemas para o

desenvolvimento e aprimoramento de fármacos. Compreender os fatores que impactam a biodiversidade é essencial para avaliar os riscos associados à degradação dos ambientes marinho e terrestre, bem como suas implicações no desenvolvimento de novos fármacos. Assim, reforça-se a necessidade de equilibrar o avanço científico e tecnológico com a preservação ambiental, garantindo que a exploração dos recursos naturais ocorra de forma responsável e sustentável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BORI. *Pesca predatória no Brasil diminui populações de peixes de recifes*. Bori, 16 jan. 2024. Disponível em: <https://abori.com.br/ambiente/pesca-predatoria-no-brasil-diminuiu-peixes-de-recifes/>. Acesso em: 25 set. 2025.

AGÊNCIA FAPESP. Morfina faz 200 anos. *Agência FAPESP*, 24 maio 2005. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/morfina-faz-200-anos/3759>. Acesso em: 10 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Anvisa reforça riscos do uso de produtos “naturais” irregulares. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/anvisa-reforca-riscos-do-uso-de-produtos-201cnaturais201d-irregulares#:~:text=Estima%2Dse%20que%20aproximadamente%2040,a%20partir%20de%20fontes%20naturais>. Acesso em: 3 mar. 2025

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *Remdesivir*. Portal Anvisa, Brasília, 29 jun. 2021 (atualizado em 12 dez. 2024). Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/campanhas/coronavirus/medicamentos/remdesivir>. Acesso em: 7 ago. 2025.

ÁGUA SUSTENTÁVEL. *Desmatamento: impactos e consequências*. Água Sustentável, 17 nov. 2022. Disponível em: <https://www.aguasustentavel.org.br/conteudo/blog/203-desmatamento-impactos-e-consequencias>. Acesso em: 04 out. 2025.

ALMEIDA, Cristina. Heparina: mais usada em hospitais, trata coágulos e evita mortes. *VivaBem*, UOL, 19 jan. 2021. Disponível em:

<https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2021/01/19/heparina-mais-usada-em-hospitais-trata-coagulos-e-evita-mortes.htm>. Acesso em: 12 jun. 2025.

ALTRUMERA BRASIL. *Cidades em nuvem de fumaça: como a poluição do ar está destruindo a saúde nas áreas urbanas.* 2 dez. 2024. Disponível em: <https://altb.org.br/nuvem-de-fumaca/>. Acesso em: 08 out. 2025.

ALTRUMERA BRASIL. *Contaminação de rios e lagos: o que você não sabe sobre a água que consome.* Blog Altrumera Brasil, 2 dez. 2024. Disponível em: <https://altb.org.br/contaminacao> Acesso em: 08 out. 2025.

AMBSCIENCE ENGENHARIA. *Principais causas de solos contaminados.* Disponível em: <https://ambscience.com/solos-contaminados/>. Acesso em: 08 out. 2025.

ARNOLD, Carrie. *Sangue do caranguejo-ferradura é essencial para vacina contra o coronavírus – mas afetará o ecossistema.* National Geographic Brasil, 3 jul. 2020. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2020/07/sangue-caranguejo-ferradura-vacina-contra-coronavirus-covid-19-cura-endotoxina-lal>. Acesso em: 12 ago. 2025.

BARBOSA, Arthur. Pesquisa visa o isolamento de substâncias anticâncer produzidas por bactérias marinhas. *Agência Universitária de Notícias*, 08 nov. 2022. Disponível em: <https://aun.webhostusp.sti.usp.br/index.php/2022/11/08/pesquisa-visa-o-isolamento-de-substancias-anticancer-produzidas-por-bacterias-marinhas/>. Acesso em: 3 mar. 2025

BARREIRO, Eliezer J.; BOLZANI, Vanderlan da Silva. Biodiversidade: fonte potencial para a descoberta de fármacos. *Química Nova*, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/HsyhWNYtBScPvXCcDBtRKyP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 3 abr. 2025.

BARRETO, Sophia. *Pesca predatória: um chamado urgente para a preservação dos oceanos.* Paccoby (blog “Prosa”), 21 fev. 2024. Disponível em: <https://paccoby.com.br/blogs/prosa/pesca-predatoria-um-chamado-urgente-para-a-preservacao-dos-oceanos>. Acesso em: 27 set. 2025.

BBC. *Acordo internacional sobre clima: BBC News Brasil.* BBC (Português), 02 dez. 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/ced9d186lv5o>. Acesso em: 08 out. 2025.

BELARMINO, Ana Isabela das Neves. *A biodiversidade brasileira e os prejuízos da biopirataria.* Monografia.Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Ciências Econômica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/123511/Economia292157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 set. 2025.

BIOICOS. Problemas ambientais marinhos e nosso papel na preservação do oceano. 2023. Disponível em: <https://www.bioicos.org.br/post/problemas-ambientais-marinhos-e-nosso-papel-na-preservacao-do-oceano>. Acesso em: 7 abr. 2025

BRITTO, Marco. Mundo perdeu 73% da biodiversidade na vida selvagem em 50 anos, aponta WWF. Um Só Planeta, 09 out. 2024. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/biodiversidade/noticia/2024/10/09/mundo-perdeu-73percent-da-biodiversidade-na-vida-selvagem-em-50-anos-aponta-wwf.ghtml>. Acesso em: 7 abr. 2025.

BRITO, Mateus et al. *Organismos marinhos como fonte de novos fármacos: 15 anos e uma pandemia depois.* Química Nova, v. 48, n. 7, 2025. Disponível em: <file:///C:/Users/mariy/Downloads/Organismos%20marinhos%20como%20fonte%20de%20f%C3%A1rmacos%20-%20revisao.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

BURNETT, N.; Fraley, N. *Medicines from Sponges.* Shape of Life. 2025. Disponível em: <https://www.shapeoflife.org/blog/medicines-sponges>. Acesso em: 6 ago. 2025

CALIXTO, J. B., & SIQUEIRA JUNIOR, J. M. Desenvolvimento de medicamentos no Brasil: desafios. 2008. *Gazeta Médica da Bahia*, 78(Supl. 1), 98–106. Disponível em: https://gmbahia.ufba.br/adm/arquivos/artigo19_2008sup1.pdf. Acesso em: 27 mar. 2025.

CNN BRASIL. *Desmatamento no Brasil: como começou, causas e cenário atual.* CNN Brasil, 28 fev. 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/desmatamento-no-brasil/>. Acesso em: 04 out. 2025.

CNN BRASIL. *O que é o Acordo de Paris e por que os EUA saíram.* CNN Brasil, 21 jan. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/o-que-e-o-acordo-de-paris-e-porque-os-eua-sairam/>. Acesso em: 08 out. 2025.

COLOMBO, D.; AMMIRATI, E. Cyclosporine in transplantation – a history of converging timelines. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, v. 25, n. 4, p. 493–504, out.-dez. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22217983/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

CREDCARBO. *De que forma a Revolução Industrial influenciou nas mudanças climáticas?* CredCarbo. Disponível em: <https://credcarbo.com/carbono/de-que-forma-a-revolucao-industrial-influenciou-nas-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 8 out. 2025.

DEPARTAMENTO DE FARMACOLOGIA – UFSC. Sabia que o medicamento captopril é feito do veneno de cobra? *Farmaconews*, Centro de Ciências Biológicas, UFSC, 3 mar. 2016. Disponível em: <https://farmaco.ufsc.br/2016/03/03/veneno-ou-remedio/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

ECOS. *Pesca predatória: o que é, tipos, impactos e consequências.* Ecopédia (123ecos.com.br), 24 mar. 2025. Disponível em: <https://123ecos.com.br/docs/pesca-predatoria/>. Acesso em: set. 2025.

FELÍCIO, Rafael de; OLIVEIRA, Ana Lígia Leandrini de; DEBONSI, Hosana Maria. Bioprospecção a partir dos oceanos: conectando a descoberta de novos fármacos aos produtos naturais marinhos. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 2012. Disponível em: https://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252012000300013. Acesso em: 3 abr. 2025.

FERRARI, Olivia. *Níveis alarmantes de microplásticos foram encontrados em cérebros humanos.* National Geographic Brasil, 09 fev. 2025. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2025/02/niveis-alarmantes-de-microplasticos-foram-encontrados-em-cerebros-humanos>. Acesso em: 08 out. 2025.

FIOCRUZ. *Remédios e medicamentos.* Campus Virtual Fiocruz. Disponível em: https://mooc.campusvirtual.fiocruz.br/rea/inovacao_medicamentos/remdios_e_medicamentos.html. Acesso em: 2 abr. 2025.

FERNANDES, Raquel et al. *Exploring the Benefits of Phycocyanin: From Spirulina Cultivation to Its Widespread Applications*. Pharmaceuticals (Basel), v. 16, n. 4, art. 592, 14 abr. 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10144176/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

GONZÁLEZ-CANO, R. et al. *Tetrodotoxin, a Potential Drug for Neuropathic and Cancer Pain Relief?* Toxins, v. 13, n. 7, p. 483, 12 jul. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8310002/>. Acesso em: 12 ago. 2025.

GREENPEACE BRASIL. *Desmatamento na Amazônia: conheça os impactos e como evitá-lo*. Blog Greenpeace Brasil, 9 nov. 2023. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/desmatamento-na-amazonia/>. Acesso em: 04 out. 2025.

G1. *Bioinvasão com aproximadamente 200 mil javalis causa prejuízos e reação de caçadores em SC*. G1 – Desafio Natureza. 24 abr. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/desafio-natureza/noticia/2019/04/24/bioinvasao-com-aproximadamente-200-mil-javalis-causa-prejuizos-e-reacao-de-cacadores-em-sc.ghtml>. Acesso em: 27 set. 2025.

GUSMÃO, Sebastião. *História da Medicina*. Disponível em: https://www.miniweb.com.br/Ciencias/Artigos/historia_medicina.pdf. Acesso em: 24 mar. 2025.

GZH. *Pesquisa mostra que 87% dos brasileiros afirmam ter adoecido por poluição da água, do ar e do solo*. GZH, 24 abr. 2023. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/ambiente/noticia/2023/04/pesquisa-mostra-que-87-dos-brasileiros-afirmam-ter-adoecido-por-poluicao-da-agua-do-ar-e-do-solo-clqvgwhh300dm0177p0rxop8d.html>. Acesso em: 08 out. 2025.

IBM. *A história das mudanças climáticas*. IBM Think, Alice Gomstyn, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/climate-change-history>. Acesso em: 08 out. 2025.

IMAZON. *Quase 40% da extração de madeira na Amazônia não é autorizada, mostra pesquisa inédita*. Belém, 30 set. 2022. Disponível em:

<https://imazon.org.br/imprensa/quase-40-da-extracao-de-madeira-na-amazonia-nao-e-autorizada-mostra-pesquisa-inedita/>. Acesso em: 04 out 2025.

INFOSUS. *Calcitonina – Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina*. Disponível em: <https://infosus.saude.sc.gov.br/index.php/Calcitonina>. Acesso em: 12 ago. 2025.

ÍNDICE. Lovastatina – informação geral. *Índice.eu*. Disponível em: <https://www.indice.eu/pt/medicamentos/DCI/lovastatina/informacao-geral>. Acesso em: 11 jun. 2025.

ÍNDICE. Tirotricina – informação geral. *Índice.eu*. Disponível em: <https://www.indice.eu/pt/medicamentos/DCI/tirotricina/informacao-geral>. Acesso em: 12 jun. 2025.

JOVEMPAN. *Desmatamento mundial bate recorde em 2024, informa relatório*. Jovem Pan, 2025. Disponível em: <https://jovempn.com.br/noticias/sustentabilidade/desmatamento-mundial-bate-recorde-em-2024-informa-relatorio.html>. Acesso em: 04 out. 2025.

KARIME Sleiman. *Bula do trabectedina*. Consulta Remédio. 2020. Disponível em: https://consultaremedios.com.br/trabectedina/bula?srsId=AfmBOoo2YG5IMgcAjfLo-FyOA2OCUkmswtZ2gC7bFUK_IH7zLFluFH_T. Acesso em: 12 ago. 2025.

MACHADO, Matilde. *Organismos marinhos como fonte de novos fármacos*. 2019. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Lisboa. Disponível em: https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10451/43349/1/MICF_Matilde_Machado.pdf. Acesso em: 26 mar. 2025.

MARINE CONSERVATION SOCIETY. *Microplastics*. Marine Conservation Society, [2025]. Disponível em: <https://www.mcsuk.org/ocean-emergency/ocean-pollution/plastics/microplastics/>. Acesso em: 8 out. 2025.

MENDES, Carolina Vicente. *A importância do consumo do ômega 3 para saúde da mulher*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Centro Universitário Sagrado Coração – UNISAGRADO, Bauru, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unisagrado.edu.br/jspui/bitstream/handle/1430/1/A%20IMPORT%C3%82>

[NCIA%20DO%20CONSUMO%20DO%20%C3%94MEGA%203%20PARA%20SA%C3%9ADE%20DA%20MULHER.pdf](#). Acesso em: 03 abr. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Acordo de Paris*. Antigo MMA. Disponível em:

<https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>.

Acesso em: 08 out. 2025.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MATO GROSSO (MPMT). *Poluição do solo:*

tipos, causas e consequências para o meio ambiente. Portal Cão, 20 fev. 2024. Disponível

em: <https://www.mpmt.mp.br/portalcão/news/732/135860/poluicao-do-solo-tipos-causas-e-consequencias-para-o-meio-ambiente/1>. Acesso em: 08 out. 2025.

MOVIMENTO TODOS JUNTOS CONTRA O CÂNCER – TJCC. Molécula de esponja

marinha inibe crescimento de câncer de colo do útero. *TJCC*, 09 abr. 2020. Disponível em:

<https://tjcc.com.br/noticias/molecula-de-esponja-marinha-inibe-crescimento-de-cancer-de-colo-do-uterio/>. Acesso em: 07 ago. 2025.

MUSEU DO UNIVERSO DA FARMÁCIA. Digoxina. *Museu do Universo da Farmácia*.

Disponível em: <https://museoudouniversodafarmacia.com.br/acervo/moleculas-da-natureza/digoxina/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

NAÇÕES UNIDAS. *O que são as mudanças climáticas?* As Nações Unidas no Brasil,

[s.d.]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas>. Acesso em: 08 out. 2025.

NASCIUTTI, Priscilla Regina. Desenvolvimento de novos fármacos. 2012. Seminário

(Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/1%C2%B0_Semin%C3%A1rio_PRISCILLA_NASCIUTTI.pdf. Acesso em: 24 mar. 2025.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION (US). *Dactinomycin –*

LiverTox. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), 2017. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK548778/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

OCEANA BRASIL. *Auditoria da Pesca Brasil 2021*. Brasília: Oceana, mar. 2022.

Disponível em: <https://brasil.oceana.org/relatorios/auditoria-da-pesca-brasil-2021>. Acesso em: 27 set. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Relatório das Nações Unidas alerta para perda de biodiversidade sem precedentes na história*. 15 set. 2020. Disponível em:

<https://brasil.un.org/pt-br/90967-relat%C3%B3rio-das-na%C3%A7%C3%B5es-unidas-alerta-para-perda-de-biodiversidade-sem-precedentes-na-hist%C3%B3ria>. Acesso em: 08 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). *A pesca e a aquicultura são críticas para a transformação dos sistemas agroalimentares globais*. Brasília, 01 fev. 2021. Disponível em:

<https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1371997/>. Acesso em: 27 set. 2025.

OLHAR OCEANOGRÁFICO. *Farmácia do mar: organismos marinhos como fonte de medicamentos*. *Olhar Oceanográfico*, 18 ago. 2022. Disponível em:

<https://olharoceanografico.com/farmacia-do-mar-organismos-marinhos-como-fonte-de-medicamentos/>. Acesso em: 03 mar. 2025.

OLIVEIRA, Lilian de Fátima Costa. *A importância do consumo do ômega 3 para a saúde da mulher*. 2012. 40 f. Monografia (Graduação em Nutrição) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2012. Disponível em:

<https://repositorio.unisagrado.edu.br/jspui/bitstream/handle/1430/1/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DO%20CONSUMO%20DO%20c3%94MEGA%203%20PARA%20SA%C3%9aDE%20DA%20MULHER.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2025.

PACCOBY. *Pesca predatória: um chamado urgente para a preservação dos oceanos*. Blog PACCO, 21 fev. 2024. Disponível em: <<https://paccoby.com.br/blogs/prosa/pesca-predatoria-um-chamado-urgente-para-a-preservacao-dos-oceanos> Acesso em: 08 out. 2025.

PARLAMENTO EUROPEU. *Perda de biodiversidade: quais as causas e as consequências?* Parlamento Europeu, 9 jan. 2020. Disponível em:

<https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20200109STO69929/perda-de-biodiversidade-quais-as-causas-e-as-consequencias>. Acesso em: 07 abr. 2025.

PIVELLO, Vânia Regina; BRANDIMARTE, Ana Lúcia; CHIARELLO, Adriano Garcia.

Invasão biológica: um problema crescente que coloca espécies nativas em risco. Jornal da USP. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 16 maio 2022.

Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/invasao-biologica-um-problema-crescente-que-coloca-especies-nativas-em-risco/>. Acesso em: 27 set. 2025.

PLANALTO. *Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências.* Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 04 out. 2025.

PORTAL CÂNCER DE MAMA BRASIL. *Eribulina.* Câncer de Mama Brasil, 28 ago. 2020.

Disponível em: <https://www.cancerdemamabrasil.com.br/eribulina/>. Acesso em: 07 ago. 2025.

RIBEIRO, Wilson. Hipócrates de Cós. 2005. 15f. Disponível em:

<https://backoffice.books.scielo.org/id/9n2wg/pdf/cairus-9788575413753-03.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2025.

RITTER, Stephen K. Premarin. *Chemical & Engineering News*, Washington, v. 83, n. 25, p. 100, 20 jun. 2005. Disponível em: <https://cen.acs.org/articles/83/i25/Premarin.html>.

Acesso em: 12 jun. 2025.

SAMPAIO, Thamiris Brandão Peixoto. *Desenvolvimento de nanossistema composto por quitosana e galactana sulfatada extraída da alga marinha Botryocladia occidentalis.* 2013.

F.43. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2013. Disponível em:

https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/20952?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 11 ago. 2025.

SCHMIDT, Sarah. *Relatório identifica 476 espécies exóticas invasoras no Brasil.* Revista Pesquisa FAPESP, São Paulo, n. 338, p. 37, abr. 2024. Disponível em:

<https://revistapesquisa.fapesp.br/relatorio-identifica-476-especies-exoticas-invasoras-no-brasil/>. Acesso em: 27 set. 2025.

SICFLUX. *Poluição do ar: causas e consequências para a população.* Blog Sicflux, 29 jul. 2022. Disponível em: <https://sicflux.com.br/blog/poluicao-do-ar-causas-e-consequencias-para-a-populacao/>. Acesso em: 08 out. 2025.

SIRIUS BIOTECNOLOGIA JR. Como a descoberta da penicilina revolucionou o destino da humanidade. São Paulo, 09 dez. 2024. Disponível em: <https://sites.usp.br/siriusbiotecnologiajr/2024/12/09/como-a-descoberta-da-penicilina-revolucionou-o-destino-da-humanidade/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SOUSA, Pedro Miguel Inácio Henriques Ferreira. *Fármacos de origem marinha: desafios e oportunidades.* 2021. Trabalho Final de Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas – Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2021. Disponível em: https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10451/52950/1/MICF_Pedro_Sousa.pdf. Acesso em: 25 mar. 2025.

SUGIYAMA, Kenji; SUZUKI, Masashi. Is cyclosporine ototoxic? *World Journal of Clinical Cases*, Baishideng Publishing Group Inc., v. 8, n. 21, p. 5247–5253, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7642242/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

TUPAM EDITORES SA. *Neomicina: informação geral.* INÍCIO – Índice.eu, 11 nov. 2021. Atualizado em 12 jun. 2025. Disponível em: <https://www.indice.eu/pt/medicamentos/DCI/neomicina/informacao-geral>. Acesso em: 12 jun. 2025.

UNEP. *Microplásticos: o longo legado deixado pela poluição plástica.* Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 28 abr. 2023. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/microplasticos-o-longo-legado-deixado-pela-poluicao-plastica>. Acesso em: 08 out. 2025.

UNICAMP. *Medicamentos vindos das profundezas do mar: pesquisas se intensificam.* 2021. 1f. Disponível em: https://lges.igmm.unicamp.br/canal_cientifico/pontos_vista/pontos_vista_divulgacao12-1.html#:~:text=Os%20oceanos%20j%C3%A1%20produziram%20um,e%20aquacultura%20%2D%20permitiram%20esse%20desenvolvimento. Acesso em: 26 mar. 2025.

UNIVASF. *Microplástico: um dos principais poluentes dos oceanos*. Portais UNIVASF, 15 fev. 2019. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/microplastico-um-dos-principais-poluente-dos-oceanos>. Acesso em: 08 out. 2025.

VEIGA, Edison. *A história do remédio que revolucionou tratamento da dor e deu origem à indústria farmacêutica há 125 anos*. BBC News Brasil, 06 mar. 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c720903py31o>. Acesso em: 01 set. 2025.

WANG, Yu et al. *Biological Activities of Fucoïdan and the Factors Mediating Its Therapeutic Effects: A Review of Recent Studies*. *Marine Drugs*, Basel, v. 17, n. 3, p. 183, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-3397/17/3/183>. Acesso em: 07 ago. 2025.

LifeMD. *What is Lovaza, and Who Should Be Using it?*. Publicado em 27 mai. 2023 (atualizado em 2 jul. 2025). Disponível em: <https://lifemd.com/learn/what-is-lovaza-and-who-should-be-using-it>. Acesso em: 12 ago. 2025.

WILKE, Diego et al. *Organismos marinhos como fonte de novos fármacos: histórico & perspectivas*. Química Nova, Ceará, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/7Y9MYvgNMmH5xZmHZsjNJTc/> Acesso em: 05 ago. 2025.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. *Top 10 Lists*. Global Forest Review, atualizado em 21 maio 2025. Washington, DC: WRI. Disponível em: <https://gfr.wri.org/top-ten-lists>. Acesso em: 04 out. 2025.

WWF-BRASIL. *Como a perda de biodiversidade afeta a mim e as outras pessoas?* Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/biodiversidade/consequencias_perda_biodiversidade/. Acesso em: 07 abr. 2025.

WWF-BRASIL. *Conheça mais sobre a história das mudanças climáticas*. WWF Brasil, 20 mar. 2015. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?44502/Conheca-mais-sobre-a-historia-das-mudanas-climticas>. Acesso em: 08 out. 2025.

WWF-BRASIL. *Em 40 anos, a biodiversidade marinha do planeta foi reduzida à metade*. São Paulo, 16 set. 2015. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?47822/Em-40-anos-a-biodiversidade-marinha-do-planeta-foi-reduzida-a-metade>. Acesso em: 27 set. 2025.

ZORZETTO, Ricardo. *Os efeitos danosos da caça ilegal*. Revista Pesquisa FAPESP, São Paulo, Edição nº 249, novembro 2016, seção Ecologia, Ambiente, Biodiversidade e Políticas Públicas. Disponível em: revistapesquisa.fapesp.br/os-efeitos-danosos-da-caca-illegal/. Acesso em: 19 ago. 2025.