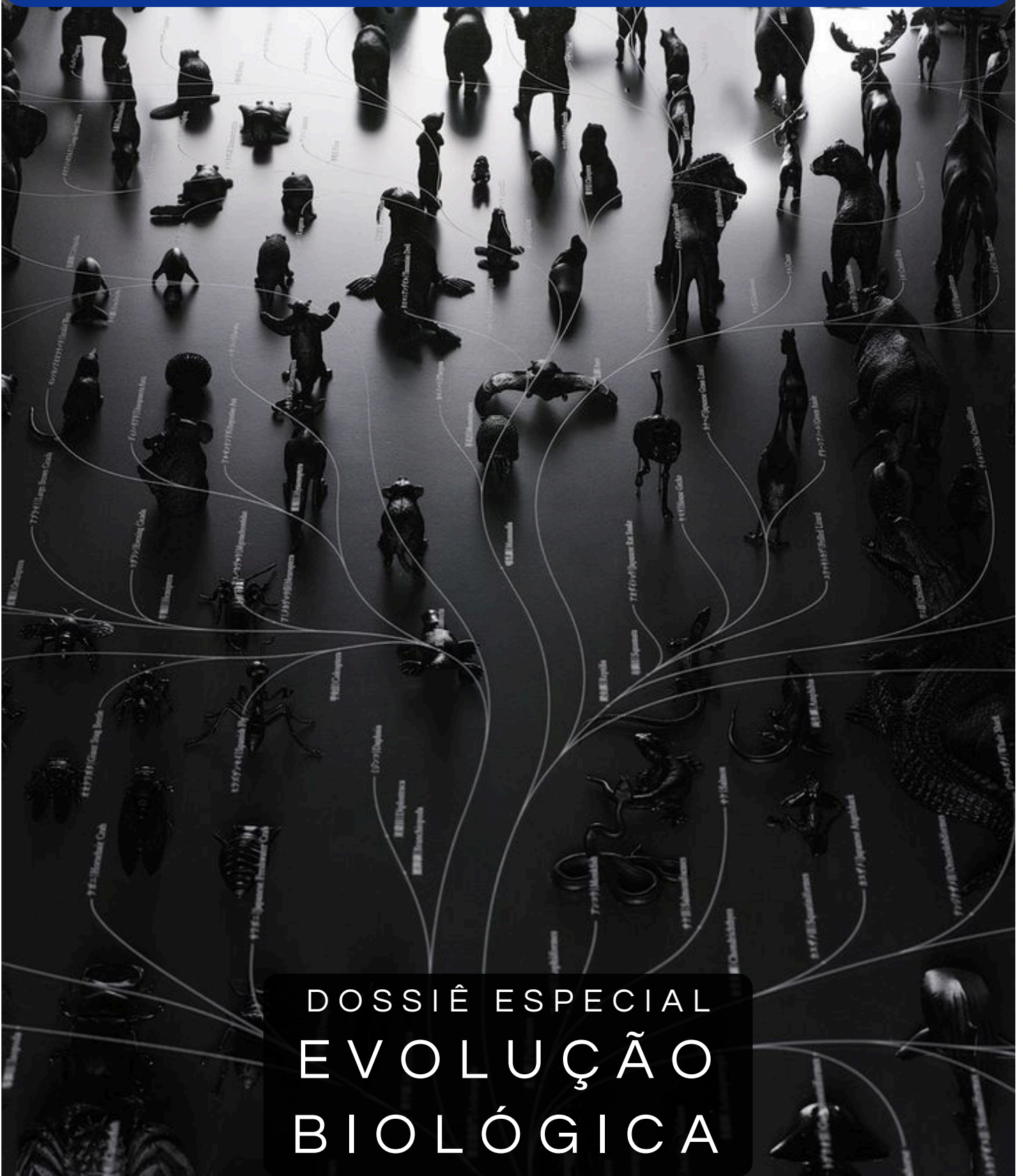


REVISTA CIENTÍFICA UMC



DOSSIÊ ESPECIAL
EVOLUÇÃO
BIOLÓGICA

Capa do Artigo

Título em Português: A Perspectiva Evolutiva na Medicina Veterinária: Reflexões sobre Adaptação, Saúde Animal e Práticas Clínicas.

Título em Inglês: The Evolutionary Perspective in Veterinary Medicine: Reflections on Adaptation, Animal Health, and Clinical Practices.

Título em Espanhol: La Perspectiva Evolutiva en la Medicina Veterinaria: Reflexiones sobre Adaptación, Salud Animal y Prácticas Clínicas.

Autores

Nome	E-mail	ORCID
Larissa P.dos Santos da Costa ¹	11231102380@alunos.umc.br	https://orcid.org/0009-0000-2905-0480
Paulo Sallarola Takao ^{1*}	paulotakao@umc.br	https://orcid.org/0009-0005-4654-5094

* Autor Correspondente

Instituições

1. Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil.

Informações

Categoria de Publicação: Artigo de Reflexão.

Tipo de Publicação: Pesquisa.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas.

Título em Português

A Perspectiva Evolutiva na Medicina Veterinária: Reflexões sobre Adaptação, Saúde Animal e Práticas Clínicas.

Resumo

Este artigo de reflexão explora a importância da biologia evolutiva como uma abordagem fundamental na medicina veterinária. A perspectiva evolutiva permite compreender as causas adaptativas de doenças, indo além da mera identificação de sintomas para abordar as origens e vulnerabilidades específicas de diferentes espécies. Discutem-se temas como a coevolução entre patógenos e hospedeiros, a variação genética e a programação desenvolvimental, destacando como essas dinâmicas influenciam a saúde animal e a prática veterinária. Além disso, abordam-se os desafios para a integração da biologia evolutiva na formação veterinária e a aplicação do conceito *One Health*, que conecta a saúde animal, humana e ambiental. Conclui-se que a perspectiva evolutiva oferece uma base sólida para práticas veterinárias mais éticas e eficazes, propondo novas oportunidades para a prevenção e o manejo de doenças em um contexto global de saúde.

Palavras-chave

Biologia evolutiva; Medicina veterinária; Saúde animal; Coevolução; *One Health*.

Title in English

The Evolutionary Perspective in Veterinary Medicine: Reflections on Adaptation, Animal Health, and Clinical Practices.

Abstract

This reflective article explores the importance of evolutionary biology as a fundamental approach in veterinary medicine. The evolutionary perspective allows for the understanding of the adaptive causes of diseases, going beyond merely identifying symptoms to address the specific origins and vulnerabilities of different species. Topics such as the coevolution between pathogens and hosts, genetic variation, and developmental programming are discussed, highlighting how these dynamics influence animal health and veterinary practice. Additionally, the challenges for integrating evolutionary biology into veterinary education and the application of the “One Health” concept, which connects animal, human, and environmental health, are addressed. It is concluded that the evolutionary perspective provides a solid foundation for more ethical and effective veterinary practices, proposing new opportunities for the prevention and management of diseases in a global health context.

Keywords

Evolutionary biology; Veterinary medicine; Animal health; Coevolution; One Health.

Título en Español

La Perspectiva Evolutiva en la Medicina Veterinaria: Reflexiones sobre Adaptación, Salud Animal y Prácticas Clínicas.

Resumen

Este artículo de reflexión explora la importancia de la biología evolutiva como un enfoque fundamental en la medicina veterinaria. La perspectiva evolutiva permite comprender las causas adaptativas de las enfermedades, yendo más allá de la mera identificación de síntomas para abordar los orígenes y vulnerabilidades específicas de diferentes especies. Se discuten temas como la coevolución entre patógenos y hospedadores, la variación genética y la programación del desarrollo, destacando cómo estas dinámicas influyen en la salud animal y la práctica veterinaria. Además, se abordan los desafíos para la integración de la biología evolutiva en la formación veterinaria y la aplicación del concepto “One Health,” que conecta la salud animal, humana y ambiental. Se concluye que la perspectiva evolutiva ofrece una base sólida para prácticas veterinarias más éticas y eficaces, proponiendo nuevas oportunidades para la prevención y el manejo de enfermedades en un contexto global de salud..

Palabras clave

Biología evolutiva; Medicina veterinaria; Salud animal; Coevolución; One Health.

Introdução

A medicina veterinária, assim como outras disciplinas da saúde, tem avançado significativamente com o uso de abordagens evolutivas que permitem uma compreensão mais ampla dos mecanismos de saúde e doença. A biologia evolutiva oferece uma perspectiva essencial para entender a origem das patologias e as adaptações específicas de cada espécie. Este campo examina não apenas as causas imediatas das doenças — o “como” e o “o que” —, mas também as causas evolutivas e o “porquê” de certas suscetibilidades patológicas. Ao incorporar conceitos evolutivos, a medicina veterinária pode abordar questões de saúde animal de maneira mais integrada, contemplando as interações entre genéticas, ambientais e comportamentais [1]. Este campo ainda reforça a ideia de que a vulnerabilidade a doenças resulta de pressões seletivas históricas, que moldaram organismos através de *trade-offs* evolutivos, ou seja, adaptações que trazem benefícios e custos para a sobrevivência e reprodução dos indivíduos [2].

Historicamente, a medicina evolutiva se desenvolveu principalmente no contexto da medicina humana, mas seu potencial para a medicina veterinária vem sendo cada vez mais reconhecido. A teoria evolutiva fornece uma base para entender a coevolução entre patógenos e hospedeiros, as adaptações dos organismos a ambientes variados e as razões para certas vulnerabilidades [3]. A coevolução é um processo em que tanto os patógenos quanto os hospedeiros influenciam mutuamente a seleção de características que podem afetar a saúde dos animais, como a resistência imunológica ou a virulência patogênica [4]. Essa perspectiva é essencial na veterinária, dada a diversidade de espécies tratadas e as diferentes pressões evolutivas que cada uma experimenta em seus habitats específicos. Por exemplo, certas adaptações desenvolvidas por animais domésticos, como o metabolismo adaptado a dietas específicas, trazem implicações diretas para a prevenção de doenças metabólicas e a escolha de terapias mais adequadas [5].

Além disso, a teoria evolutiva fornece uma lente para entender como fatores como a variação genética e a programação desenvolvimental influenciam a saúde a longo prazo de diferentes espécies. Estudos sobre desenvolvimento e adaptações, por exemplo, revelam como condições ambientais e genéticas afetam a suscetibilidade a doenças. Esse conhecimento é crucial para a prática veterinária, que lida tanto com espécies domesticadas, frequentemente expostas a ambientes artificialmente controlados, quanto com espécies selvagens, cuja saúde está intimamente ligada à preservação de seu ecossistema natural [6].

Assim, a aplicação de uma abordagem evolutiva à medicina veterinária pode não apenas enriquecer a compreensão dos processos patológicos, mas também promover uma prática mais eficiente e sustentável de cuidados com a saúde animal. Este artigo revisará os principais avanços e discussões da biologia

evolutiva aplicada à medicina veterinária, incluindo a coevolução entre patógenos e hospedeiros, a programação desenvolvimental e a medicina darwiniana, apresentando as implicações e aplicações práticas desses conceitos na prática clínica [2].

Desenvolvimento

Evolução e Compreensão das Doenças em Animais

O uso de uma abordagem evolutiva na medicina veterinária permite identificar os motivos pelos quais certas doenças afetam determinadas espécies ou raças. Isso ocorre por meio do exame das adaptações que surgiram em resposta a pressões seletivas, sejam estas ambientais, alimentares ou patogênicas, entre outras. Compreender essas adaptações ajuda a aprimorar estratégias de prevenção e tratamento específicas para cada condição, melhorando a qualidade dos cuidados veterinários e o bem-estar animal

Coevolução Patógeno-Hospedeiro

A coevolução entre patógenos e hospedeiros representa uma área central da medicina evolutiva e tem impacto significativo na prática veterinária. Nesse processo, patógenos e hospedeiros se influenciam mutuamente, de forma que a evolução de um grupo afeta diretamente a evolução do outro. Esse fenômeno ajuda a explicar, por exemplo, a resistência natural de certos animais a patógenos específicos, enquanto outros são altamente suscetíveis [3].

Por exemplo, patógenos que evoluem para infectar um hospedeiro específico podem selecionar características genéticas vantajosas nesse hospedeiro, como uma resposta imunológica mais robusta. Em contrapartida, esses patógenos também sofrem pressões seletivas para se tornarem mais virulentos ou desenvolverem mecanismos de evasão imune, criando um "braço de ferro" evolutivo entre defesa e ataque. Esse ciclo de adaptação e resposta cria variações de resistência entre as populações de animais, impactando não só a suscetibilidade a infecções, mas também a eficácia das terapias aplicadas [4].

Na prática veterinária, este conhecimento pode ser utilizado para desenvolver vacinas e terapias mais eficazes, bem como para implementar práticas de manejo que reduzam a exposição a patógenos e maximizem a saúde animal. Em animais de criação, por exemplo, o controle de doenças infecciosas passa por uma análise detalhada das interações evolutivas entre patógenos e hospedeiros, permitindo que intervenções sejam desenhadas para interromper o ciclo de adaptação e resposta. Dessa forma, a

compreensão da coevolução patógeno-hospedeiro é essencial para uma medicina veterinária preventiva, informada por evidências evolutivas [1].

Variação Genética e Suscetibilidade a Doenças

A variação genética entre espécies e dentro de populações é um pilar para a compreensão da suscetibilidade a doenças na medicina veterinária. Através da seleção natural, as espécies acumulam variações genéticas que podem conferir vantagens adaptativas, como resistência a certas condições ambientais ou agentes infecciosos. No entanto, essa variação também pode levar a vulnerabilidades específicas. Por exemplo, o cruzamento seletivo de cães levou ao surgimento de características fenotípicas que, apesar de atraentes ou desejáveis, estão associadas a uma série de problemas de saúde. Raças como o *bulldog*, com seu focinho achatado, são suscetíveis a dificuldades respiratórias devido ao seu formato craniofacial, um traço que surgiu e foi mantido na espécie por seleção humana, mas que traz consequências para sua saúde respiratória [5].

A variação genética também explica por que certas raças são mais propensas a condições específicas, como a displasia coxofemoral em raças de grande porte, onde a predisposição genética leva a um aumento do risco dessa condição ortopédica. Na prática veterinária, esse conhecimento permite o desenvolvimento de estratégias de manejo e seleção reprodutiva que reduzem a incidência de doenças hereditárias. Por exemplo, o uso de exames genéticos pode identificar portadores de genes ligados a doenças específicas, orientando a seleção de reprodutores de forma a minimizar o risco de transmissão genética de doenças hereditárias para gerações futuras [6].

A variação genética, além de influenciar a predisposição a doenças, também afeta a resposta dos animais a medicamentos. Fatores como a capacidade de metabolização de fármacos podem variar significativamente entre espécies e mesmo entre indivíduos de uma mesma raça, refletindo adaptações evolutivas relacionadas ao ambiente e ao histórico alimentar. Assim, a compreensão da variação genética é crucial para personalizar tratamentos e evitar reações adversas, promovendo práticas veterinárias mais seguras e eficazes.

Programação Desenvolvimental e Adaptações Evolutivas

A programação desenvolvimental refere-se aos efeitos duradouros que fatores ambientais experimentados durante o desenvolvimento inicial de um organismo têm sobre sua saúde futura e suas respostas

fisiológicas. Esse conceito tem implicações importantes na medicina veterinária, pois permite que veterinários e pesquisadores compreendam como as condições de vida nos estágios iniciais influenciam a predisposição a doenças, comportamento e capacidade de adaptação de um animal a ambientes diversos [6].

Respostas Adaptativas Preditivas (Predictive Adaptive Responses – PARs)

Um conceito fundamental dentro da programação desenvolvimental é o das Respostas Adaptativas Preditivas (PARs). As PARs representam a capacidade de um organismo adaptar seu fenótipo em resposta a sinais ambientais recebidos no início da vida, que “preveem” as condições ambientais que provavelmente enfrentarão na idade adulta. Esse mecanismo adaptativo, no entanto, pode ter consequências negativas quando há uma “desconexão” entre o ambiente previsto e o ambiente real em que o animal viverá. Por exemplo, um filhote de uma espécie que cresce em um ambiente de escassez nutricional pode desenvolver adaptações para sobreviver com poucos recursos, mas, se esse animal for exposto a um ambiente com alimentação abundante, pode estar em risco de obesidade e doenças metabólicas [7].

Na prática veterinária, esse entendimento permite que profissionais ajustem condições de desenvolvimento para reduzir riscos de saúde a longo prazo. Por exemplo, no manejo de animais de produção, a programação nutricional durante os primeiros meses de vida pode ser ajustada para promover um crescimento saudável e prevenir doenças associadas a desajustes metabólicos, como obesidade e resistência à insulina. Além disso, o manejo de filhotes em criadouros de animais de estimação pode ser planejado para reduzir o estresse materno e fornecer nutrição equilibrada, minimizando as consequências a longo prazo de um desenvolvimento inadequado [6].

Impactos da Programação Desenvolvimental no Bem-Estar e Saúde Animal

A programação desenvolvimental também afeta diretamente o bem-estar animal, pois a exposição a fatores estressantes ou condições inadequadas durante os estágios iniciais de vida pode ter implicações duradouras. Estudos mostram que o estresse materno pode influenciar o desenvolvimento comportamental e fisiológico da prole, resultando em animais com maior predisposição a respostas de estresse excessivo, o que pode comprometer sua saúde e bem-estar a longo prazo [5]. Em animais domésticos, a compreensão desses efeitos é especialmente relevante, pois permite que os veterinários e criadores minimizem estresses iniciais e otimizem o ambiente de criação para apoiar o desenvolvimento saudável dos filhotes.

Além dos impactos no comportamento, condições ambientais inadequadas durante o desenvolvimento podem aumentar a suscetibilidade a doenças. Em animais de criação, por exemplo, o controle do ambiente e da nutrição durante os estágios iniciais pode reduzir a incidência de doenças infecciosas e metabólicas. Esse enfoque na programação desenvolvimental é especialmente importante para maximizar o bem-estar e a produtividade em sistemas de produção animal, além de reduzir a necessidade de intervenções médicas posteriores [2].

Medicina Darwiniana Aplicada à Veterinária

A medicina darwiniana, ou medicina evolutiva, explora as razões pelas quais as doenças ocorrem com base em fatores evolutivos e adaptativos. Essa abordagem busca não apenas entender os mecanismos fisiológicos das doenças (o “como” e o “o que”), mas também as causas evolutivas subjacentes (o “porquê”) que tornam os organismos suscetíveis a certas condições. A aplicação da medicina darwiniana na veterinária ajuda os profissionais a compreenderem melhor as doenças e os processos adaptativos de diferentes espécies, permitindo uma abordagem mais informada e eficiente na prevenção e tratamento das doenças [8].

Defesas do Hospedeiro e Mecanismos de Virulência

Um dos principais focos da medicina darwiniana é o estudo das defesas naturais do hospedeiro e os mecanismos de virulência dos patógenos. Esses mecanismos evoluíram em um constante “braço de ferro” entre o sistema imunológico dos animais e os patógenos que buscam invadir seus organismos. Por exemplo, a febre é uma defesa adaptativa que ajuda a aumentar a eficácia do sistema imunológico, mas também impõe um custo metabólico ao organismo. Isso cria um balanço onde a resposta à febre deve ser cuidadosamente considerada no tratamento veterinário, pois, em alguns casos, reduzir uma febre de forma imediata pode interferir nas defesas naturais do animal [1].

Em termos de virulência, os patógenos evoluem para maximizar sua capacidade de sobrevivência e transmissão. Patógenos que causam doenças severas em uma espécie podem evoluir para causar menos danos em outra, dependendo do seu papel na transmissão. Compreender esses mecanismos ajuda os veterinários a tomarem decisões informadas sobre a contenção de doenças, especialmente em contextos de zoonoses, onde patógenos de uma espécie podem afetar outra, incluindo humanos [3].

Conflito Genético e Adaptações Incompletas

Outro tema importante na medicina darwiniana é o conflito genético e as adaptações incompletas, que ocorrem quando as características evolutivas de um organismo não são totalmente compatíveis com o ambiente moderno. Isso é particularmente evidente em animais domesticados, que vivem em condições significativamente diferentes de seus ambientes ancestrais. Por exemplo, cães braquicefálicos (com focinho achatado), como os *bulldogs*, evoluíram em ambientes de criação seletiva que priorizam certas características estéticas, mas que também aumentam a suscetibilidade a problemas respiratórios devido a adaptações incompletas no sistema respiratório [5].

Essas adaptações incompletas destacam a importância de adotar uma visão evolutiva ao avaliar as condições de saúde em espécies domesticadas. Ao reconhecer que certas características físicas ou comportamentais trazem consigo vulnerabilidades, a medicina veterinária pode desenvolver programas de manejo e de reprodução seletiva que busquem minimizar esses problemas, promovendo o bem-estar dos animais. Além disso, a consciência desses conflitos genéticos ajuda a orientar as práticas veterinárias para evitar intervenções desnecessárias ou prejudiciais, promovendo uma abordagem mais cuidadosa e ética no tratamento das doenças [2].

Modelos Animais e Aplicações na Medicina Veterinária

Os modelos animais são ferramentas fundamentais para o avanço da medicina veterinária e humana. Esses modelos permitem o estudo de doenças, testes de medicamentos e desenvolvimento de tratamentos em condições controladas, fornecendo *insights* valiosos sobre as respostas biológicas que podem ser aplicadas a uma variedade de espécies. No entanto, uma abordagem evolutiva destaca a importância de compreender as limitações e as adaptações específicas de cada espécie ao utilizar modelos animais para extrapolações clínicas.

Limitações e Potenciais dos Modelos Animais

Embora muitos estudos usem modelos animais por causa de suas similaridades com os sistemas biológicos humanos, a biologia evolutiva ressalta que cada espécie apresenta adaptações específicas que influenciam sua resposta a doenças e medicamentos. Essas diferenças evolutivas podem criar desafios, já que os resultados obtidos em uma espécie nem sempre são aplicáveis a outra. Por exemplo, camundongos são amplamente utilizados em pesquisas, mas apresentam variações metabólicas e imunológicas significativas

em comparação com humanos, o que pode limitar a generalização dos resultados. Compreender essas limitações evolutivas ajuda a contextualizar os resultados e a escolher modelos mais apropriados para cada tipo de estudo [5].

Além disso, o uso de modelos animais baseia-se em uma compreensão limitada das diferenças evolutivas entre as espécies, que vão além de simples aspectos fisiológicos. Com a adoção de uma perspectiva evolutiva, pesquisadores podem aprimorar os modelos para refletir mais precisamente os mecanismos que causam doenças em diferentes espécies, abordando não só as similaridades, mas também as diferenças genéticas e evolutivas relevantes. Isso pode melhorar a precisão dos estudos pré-clínicos e aumentar as chances de sucesso em testes clínicos em outras espécies, incluindo humanos [7].

Aplicação da Evolução na Melhoria dos Modelos Veterinários

A aplicação de uma perspectiva evolutiva na criação e na seleção de modelos animais tem um impacto significativo tanto na medicina veterinária quanto na medicina humana. Ao considerar os históricos evolutivos e as pressões seletivas que moldaram cada espécie, veterinários e pesquisadores podem escolher modelos que não apenas compartilhem características anatômicas, mas também tenham padrões de resposta imune, comportamental e metabólica semelhantes aos organismos alvo. Por exemplo, o uso de cães como modelos para certas doenças cardíacas é amplamente aceito devido à similaridade do sistema cardiovascular entre cães e humanos em comparação a outros modelos comuns, como os roedores [8].

Além disso, a evolução também revela a importância dos modelos de doenças zoonóticas, que ocorrem naturalmente em espécies animais e representam um risco para a saúde humana. A abordagem *One Health* integra saúde animal, humana e ambiental, refletindo a interconectividade evolutiva entre espécies e promovendo modelos animais que possam fornecer *insights* valiosos sobre a prevenção e o controle de doenças transmissíveis. A compreensão de como doenças emergem e evoluem em diferentes espécies auxilia os veterinários na criação de estratégias de prevenção para doenças zoonóticas, protegendo a saúde de animais e humanos [1].

Desafios e Oportunidades Futuras

A incorporação de uma perspectiva evolutiva na medicina veterinária traz consigo tanto desafios quanto grandes oportunidades de avanço. A evolução oferece uma estrutura abrangente que unifica e esclarece a diversidade de mecanismos de saúde e doença nos animais, mas sua aplicação plena ainda é limitada por

fatores educacionais, metodológicos e práticos. Esta seção explora as barreiras atuais e o potencial futuro de uma prática veterinária mais integrada à biologia evolutiva.

Desafios para a Integração da Biologia Evolutiva na Veterinária

A adoção de uma perspectiva evolutiva mais ampla na veterinária encontra barreiras significativas, uma das quais é a falta de treinamento em biologia evolutiva entre profissionais e estudantes de medicina veterinária. A educação em ciências veterinárias tem um foco predominante nos aspectos imediatos e práticos da prática clínica, como anatomia e fisiologia, com pouca ênfase na formação em biologia evolutiva. Isso cria um desafio para a compreensão completa das razões subjacentes que tornam certos organismos mais vulneráveis a doenças. A biologia evolutiva precisa ser ensinada de forma sistemática em currículos de medicina veterinária, promovendo uma base que permita aos profissionais formularem e abordarem questões sobre a saúde animal de uma forma mais ampla [2].

Além da educação, a prática clínica e a pesquisa em medicina veterinária também enfrentam desafios metodológicos para aplicar princípios evolutivos. Modelos animais frequentemente utilizados nem sempre refletem as complexas interações evolutivas que moldaram a biologia das espécies, o que limita a eficácia das extrapolações clínicas para outras espécies e reduz a aplicabilidade dos tratamentos. O desenvolvimento de modelos animais evolutivamente informados, bem como a adaptação dos métodos de pesquisa para considerar a variabilidade genética e as pressões seletivas históricas, são fundamentais para superar esses desafios e aumentar a relevância prática da medicina veterinária [5].

Oportunidades Futuras e a Abordagem One Health

Apesar dos desafios, a perspectiva evolutiva oferece oportunidades inexploradas para a medicina veterinária, incluindo a aplicação crescente da abordagem *One Health*. A biologia evolutiva ajuda a integrar a saúde animal, humana e ambiental, considerando as complexas interações que ocorrem entre as espécies e o ambiente ao longo de milhões de anos. A abordagem *One Health* reconhece que a saúde humana e a saúde animal estão interligadas e que doenças emergentes em animais podem ter implicações diretas para a saúde humana. Por exemplo, a análise evolutiva de doenças zoonóticas pode melhorar os sistemas de vigilância e controle, identificando potenciais ameaças à saúde pública antes que elas se tornem epidemias [1].

Outra oportunidade promissora é o desenvolvimento de práticas de manejo adaptativas e preventivas com base em princípios evolutivos. Compreender como a seleção natural moldou a fisiologia e o comportamento de diferentes espécies permite o desenvolvimento de ambientes mais adequados, que respeitem as necessidades evolutivas dos animais. Em sistemas de criação, por exemplo, um manejo que simule as condições naturais de alimentação, atividade física e interação social pode reduzir a incidência de doenças relacionadas ao estresse e ao ambiente. Esse tipo de prática melhora o bem-estar animal e reduz a dependência de intervenções medicamentosas, promovendo uma saúde mais sustentável e ética para as populações animais [6].

Perspectivas Futuras para a Educação e a Pesquisa

Para que a medicina veterinária evolua e abrace plenamente os princípios da biologia evolutiva, é necessária uma transformação na educação e nas práticas de pesquisa. A integração de cursos de biologia evolutiva em currículos de medicina veterinária pode formar profissionais mais preparados para compreender os contextos evolutivos de doenças e tratamentos. Na pesquisa, incorporar métodos evolutivos, como a genética de populações e a filogenia, permitirá que cientistas e veterinários formulem perguntas mais detalhadas sobre a origem das doenças e as vulnerabilidades dos organismos, contribuindo para o avanço da ciência veterinária [7].

Considerações Finais

A biologia evolutiva tem demonstrado ser uma ferramenta poderosa e essencial para a medicina veterinária, oferecendo uma nova perspectiva para a compreensão e o tratamento de doenças, além de fundamentar práticas de manejo mais éticas e eficazes. Ao examinar as causas evolutivas das condições de saúde e doença nos animais, é possível entender não apenas os mecanismos que sustentam a fisiologia das espécies, mas também as adaptações e vulnerabilidades que surgiram ao longo do tempo devido às pressões seletivas.

Neste artigo, discutimos como a coevolução entre patógenos e hospedeiros molda a resistência e a suscetibilidade a infecções, e como o entendimento dessas interações pode auxiliar no desenvolvimento de terapias e vacinas mais eficazes. Além disso, a variação genética entre e dentro das espécies esclarece por que algumas raças ou espécies são mais vulneráveis a certas condições, permitindo práticas preventivas e reprodutivas que minimizam doenças hereditárias. A programação desenvolvimental também se revelou

uma área promissora, mostrando como o ambiente inicial de vida impacta o bem-estar e a saúde futura dos animais, o que é particularmente útil no manejo de espécies de criação e domésticas.

A medicina darwiniana e os modelos animais baseados na biologia evolutiva abrem portas para uma prática veterinária mais informada e integrada. Ao reconhecer as adaptações incompletas e os conflitos genéticos, veterinários podem otimizar tratamentos e evitar intervenções que vão contra a biologia natural do animal. E, com a crescente adoção da abordagem *One Health*, é possível criar uma sinergia entre saúde humana, animal e ambiental, que considera as interconexões evolutivas e promove a prevenção de zoonoses e outros problemas globais de saúde.

A integração completa da biologia evolutiva na medicina veterinária ainda enfrenta desafios, especialmente no que se refere à educação e à adaptação de modelos de pesquisa, mas os benefícios são inegáveis. A evolução oferece uma base teórica sólida para a prática veterinária, permitindo abordagens mais fundamentadas, éticas e eficazes no cuidado com a saúde animal. Ao longo dos próximos anos, é provável que a medicina veterinária se beneficie ainda mais dessa perspectiva, promovendo práticas que melhoram o bem-estar animal e abordagens de saúde integradas, essenciais em um mundo interligado e em constante mudança.

Conflito de Interesses

Não há conflitos de interesse.

Agradecimentos e Financiamentos

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão à Universidade de Mogi das Cruzes (UMC) por seu apoio contínuo e às valiosas contribuições que possibilitaram a realização deste estudo. Agradecemos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. A colaboração e o suporte destas instituições foram essenciais para aprofundar nosso entendimento sobre a perspectiva evolutiva na medicina veterinária e suas aplicações práticas.

Disponibilidade dos Dados

Não se aplica.

Referências

1. Nesse RM, Stearns SC. The great opportunity: Evolutionary applications to medicine and public health. *Evolutionary Applications*. 2008;1(1):28–48. doi:10.1111/j.1752-4571.2007.00006.x.
2. Nesse RM, Bergstrom CT, Ellison PT, Flier JS, Gluckman PD, Govindaraju DR, et al. Making evolutionary biology a basic science for medicine. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2010;107(Suppl 1):1800–7. doi:10.1073/pnas.0906224106.
3. Woolhouse ME, Webster JP, Domingo E, Charlesworth B, Levin BR. Biological and biomedical implications of the co-evolution of pathogens and their hosts. *Nat Genet*. 2002;32(4):569–77. doi:10.1038/ng1202-569.
4. Pavlicev M, Wagner GP. The value of broad taxonomic comparisons in evolutionary medicine: Disease is not a trait but a state of a trait! *MedComm*. 2022;3. doi:10.1002/mco2.174.
5. Uhl EW. Why do animals get sick? Evolutionary veterinary medicine: The benefits of expanding from a comparative to an evolutionary perspective. *FASEB J*. 2019;33(8):8983–94. doi:10.1096/fj.201802267R.
6. Veit W, Browning H. Developmental programming, evolution, and animal welfare: A case for evolutionary veterinary science. *J Appl Anim Welf Sci*. 2021;24(4):352–72. doi:10.1080/10888705.2021.2014838.
7. Gluckman PD, Beedle AS, Hanson MA. *Principles of evolutionary medicine*. New York: Oxford University Press; 2009.
8. LeGrand EK, Brown CC. Darwinian medicine: Applications of evolutionary biology for veterinarians. *Can Vet J*. 2002;43(7):556–9..