

BENEFÍCIOS DA ADIÇÃO DA VIRGINIAMICINA AO DESENVOLVIMENTO DE PEIXES DE CULTIVO E AO MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO

BENEFITS OF ADDING VIRGINIAMYCIN TO FARMING FISH DEVELOPMENT AND THE ENVIRONMENT: A REVIEW

*Jerônimo Vieira Dantas Filho**, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil
Jucilene Cavali, Universidade Federal de Rondônia, Presidente Médici, Rondônia, Brasil
Beatriz Andrade Nóbrega, Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil
Marlos Oliveira Porto, Universidade Federal de Rondônia, Presidente Médici, Rondônia, Brasil

*Autor correspondente: jeronimovdantas@gmail.com

Submetido: 15/09/2019

Aceito: 30/09/2019

Resumo

O objetivo com esse trabalho é discutir sobre os benefícios ao desenvolvimento e melhoria do sistema fisiológico de peixes com a inclusão de virginiamicina na dieta, mais especificamente o pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), não potencializando a toxicidade ao ecossistema aquático. O manuscrito de revisão bibliográfica aborda os temas: Potencial Emprego da Virginiamicina na Piscicultura, Relevância Socioeconômica e Ambiental, O pirarucu, (*Arapaima gigas*) e sua produção em Rondônia, Variáveis Hematológicas e Fisiológicas em Resposta ao Estresse de Cultivo e o Efeito da Virginiamicina na Fisiologia dos Peixes. A virginiamicina pode ser recomendada para piscicultura, sobretudo na engorda do pirarucu, por contribuir com a eficiência produtiva e sustentabilidade do sistema de cultivo. E também, quando o aditivo supracitado é administrado com responsabilidade não produz resíduos ao ecossistema aquático, porque é metabolizado pelos peixes, bem como não tem potencial mutagênico e tampouco genotóxico. Sugere-se pesquisas sobre avaliações do uso do aditivo nas fases mais jovens do pirarucu e sob administração mais prolongada para espécies carnívoras, assim como via outros métodos ou veículos de inclusão do aditivo.

Palavras-chave: Antibiótico; *Arapaima gigas*; Piscicultura; Fisiologia de peixes.

Abstract

The aim of this paper is to discuss the benefits to the development and improvement of the physiological system of fish with the inclusion of virginiamycin in the diet, more specifically the *Arapaima gigas* pirarucu (Schinz, 1822), not enhancing the toxicity to the aquatic ecosystem. The bibliographic review manuscript addresses the themes: Potential Use of Virginiamycin in Fish Farming, Socioeconomic and Environmental Relevance, Pirarucu, (*Arapaima gigas*) and its Production in Rondonia, Hematological and Physiological Variables in Response to Cultivation Stress and the Effect of Virginiamycin on Fish Physiology. Virginiamycin can be recommended for fish farming, especially in the fattening of pirarucu, as it contributes to the productive efficiency and sustainability of the cultivation system. Also, when the aforementioned additive is administered responsibly, it does not produce residues to the aquatic ecosystem, because it is metabolized by the fish, as well as it has no mutagenic or genotoxic potential. and under longer administration to carnivorous species, as well as via other methods or vehicles of inclusion of the additive.

Keywords: Antibiotic; *Arapaima gigas*; Fish farm; Fish physiology

Introdução

Devido à crescente exigência do mercado por produtos de qualidade, a intensificação dos meios produtivos torna-se cada dia mais necessário o intuito de intensificar a produção, o retorno econômico dos produtores e a satisfação dos consumidores¹⁻².

Essa intensificação da produção faz com que os peixes sejam expostos a fatores estressantes como altas densidades de estocagem, manejos constantes e baixa qualidade da água de cultivo², podendo ocasionar queda de imunidade, maior susceptibilidade às doenças e perda de desempenho zootécnico³. Devido a esses problemas, a nutrição animal deve buscar alimentos e formulações que estimulem o sistema imune dos animais¹.

A importância do uso de aditivos na aquicultura vem sendo destacada por seus benefícios com relação a melhora da imunidade, aumento da produtividade, melhora da conversão alimentar e redução da taxa de mortalidade⁴. A Instrução Normativa nº 13 de 30 de novembro de 2004 regulamenta o uso de aditivos destinados à alimentação animal, definindo-os como quaisquer substâncias ou microrganismos adicionados intencionalmente ao alimento que afetem ou melhorem as características do alimento ou dos produtos animais. Podem ser classificados de acordo com suas funções e propriedades em aditivos tecnológicos, sensoriais, nutricionais, anticoccidianos e zootécnicos^{5,6}.

Os aditivos zootécnicos são utilizados como promotores de crescimento, pois influem positivamente na melhoria de desempenho dos animais e equilíbrio da microbiota intestinal, permitindo a diminuição do custo dos alimentos sem alterar a qualidade⁴⁻⁶. Também chamados de antibióticos ou antimicrobianos⁷, os promotores de crescimento adicionados às rações agem diminuindo a população de microrganismos patogênicos e a produção de toxinas por microrganismos indesejáveis no trato digestivo, minimizando o número de células inflamatórias em decorrência de uma resposta imunológica menos intensa⁸, além de aumentarem a capacidade de absorção de nutrientes⁹.

Os antibióticos são divididos em ionóforos e não ionóforos e, entre os não ionóforos disponíveis e permitidos no mercado nacional encontra-se a virginiamicina¹⁰. Pertencente à classe das estreptograminas produzidas por linhagem mutante de *Streptomyces virginiae*, a virginiamicina é composta de dois peptolídeos, fator M

(C₂₈H₃₅N₃O₇) de peso molecular de 525 e fator S (C₄₃H₄₉N₇O₁₀) de peso molecular de 823, que possuem um efeito sinérgico quando combinados¹¹. Responsável pelo controle do crescimento microbiano, atua nos processos bioquímicos da síntese de proteínas e inibindo o alongamento de bactérias¹². Além disso, a virginiamicina possui algumas vantagens em relação a outros antibióticos, como estabilidade de temperatura e pH e alto nível de resistência¹³.

O grande desafio para o setor produtivo e órgãos regulatórios é o de provar aos consumidores que o uso de aditivos na alimentação animal, quando feito de maneira responsável e de acordo com os padrões estabelecidos nacional (através do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e mundialmente (FAO - *Codex alimentarius*), não geram resíduos, não afetam a qualidade de água, e não causam riscos à saúde dos peixes, tampouco à saúde humana, porque esses aditivos não são genotóxicos⁴. A virginiamicina vem sendo utilizada há mais de 30 anos como promotor de crescimento na produção de aves, bovinos e suínos devido ao seu potencial^{6,14}. Entretanto, seu uso ainda é pouco explorado na aquicultura, principalmente de espécies nativas da Amazônia, de hábito carnívoro como o pirarucu.

A partir das informações acima ementadas é importante discutir sobre os benefícios ao desenvolvimento e melhoria do sistema fisiológico de peixes com a inclusão de virginiamicina na dieta, mais especificamente o pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), não potencializando a toxicidade ao ecossistema aquático.

Potencial Emprego da Virginiamicina na Piscicultura

A administração de aditivos promotores de crescimento na alimentação de peixes eleva a eficiência no uso de rações comerciais e desempenho zootécnico¹⁵. A correta incorporação da virginiamicina tem o potencial de maximizar a consistência das rações, minimizar as perdas organolépticas durante o armazenamento e o fornecimento⁸, consequentemente fazendo estender o prazo de validade das rações, reduzindo os custos de produção, assim oportunizando o aumento da área produtiva, e geração de emprego nas pisciculturas, além de também potencializar o adensamento produção¹⁶.

O emprego da virginiamicina nas rações para peixes otimiza o índice de conversão alimentar aparente e ganho de peso. Adicionalmente, promove o incremento na maioria dos rendimentos como o de carcaça e do filé, as exceções são os rendimentos de

resíduos de processamento e de gordura no fígado¹⁶⁻¹⁷. Atesta-se que essas exceções de rendimentos são interessantes para os valores comerciais da indústria do pescado¹⁸.

A inclusão da virginiamicina na alimentação de peixes tropicais cultivados em viveiros escavados e semi-escavados não é capaz de causar oscilações significativas nas variáveis limnológicas¹⁹. Nesse sentido, a virginiamicina não provoca efeito negativo nos parâmetros de qualidade de água dos viveiros de piscicultura²⁰. Com uso desse aditivo, evita-se a carga excessiva de matéria orgânica, em decorrência do equilíbrio de sólidos suspensos, teores de N e P, demanda bioquímica de oxigênio, potencial de oxirredução e da biodiversidade planctônica²¹⁻²².

Relevância Socioeconômica e Ambiental

Sabe-se que o custo com a alimentação no cultivo de pirarucus (*Arapaima gigas*) é demasiadamente oneroso, em função de serem peixes carnívoros e exigem rações com altos teores de proteína bruta, correspondendo a 85 % do custo de produção desta espécie²³. Contudo, a aplicação de aditivos administrados na alimentação pode aumentar a eficiência no uso do alimento e o desempenho zootécnico^{6,17}, possibilitando reduzir a taxa de arraçamento, e conseqüente, diminuindo os custos com alimentação²³.

Li et al.¹⁹, constataram que o prejuízo com a dissipação das rações no fornecimento aos peixes no período de 30 dias é suficiente para empregar dois funcionários na piscicultura, o que é alarmante para o agronegócio piscícola. No entanto, na correta incorporação da virginiamicina e em boas condições de cultivo é possível abreviar o período de engorda pré-abate¹⁹, encurtando o ciclo produtivo por proporcionar ao organismo dos peixes maior eficiência na absorção de nutrientes e, segundo Regitano e Leal²⁴ produzindo peixes de qualidade e saudáveis ao mercado.

Por conseguinte, com a adoção do aditivo supracitado, além de fomentar o uso de tecnologias mais limpas, os custos de produção na piscicultura são reduzidos e/ou melhor empregados, oportunizando a expansão da área produtiva e geração de emprego, além de potencializar o desempenho zootécnico dos peixes carnívoros e fomentar o capital de giro da piscicultura²⁵.

O uso de antimicrobianos na alimentação em criações intensivas como na aquicultura, representa a principal via de entrada de antibióticos no ambiente, podendo

ocasionar sérias contaminações nos recursos aquáticos²⁶. Tais contaminações ocorrem devido ao aditivo não ser totalmente absorvido pelo organismo do peixe e ser liberado na água por meio das excreções²⁷, contaminando diretamente a água dos viveiros, onde a carga de resíduos de antibióticos pode acumular-se nos sedimentos, com potencial de alterar negativamente o ecossistema aquático¹⁶.

A quantidade de antibióticos excretada pelos peixes varia, sobretudo, de acordo com o princípio ativo da substância e da dosagem²⁶. Não obstante, existem antibióticos que até 95 % dos ingredientes ativos administrados podem ser integralmente eliminados sem sofrer qualquer metabolização no trato digestório²⁹. Mesmo quando a molécula é em grande parte metabolizada, alguns dos produtos de degradação excretados podem persistir bioativos na natureza²⁴. Sobre a intensidade do nível de metabolização dos principais grupos antibióticos adicionados no organismo animal, constatou-se que, tetraciclina, lincosaminas, fluoroquinolonas, sulfonamidas e macrolídeos apresentam baixa taxa de metabolismo, menos de 20 % da dose ativa administrada²⁶.

Esses resíduos afetam a diversidade planctônica e a saúde dos peixes, inclusive impedem a síntese proteica, prejudicando o desenvolvimento animal, além de ser fator negativo ao meio ambiente que podem ser transferidos para humanos de maneira direta³⁰, pois o efeito tóxico dos resíduos de antibióticos acumulados no músculo de peixes origina, também, um risco potencial para o consumidor³¹, apesar de se ter pouco conhecimento sobre quais os efeitos crônicos da exposição carcinogênica e mutagênica dessas concentrações antibióticas em curto, médio e longo prazos, e quais os impactos ambientais oriundos dos produtos de degradação dos resíduos fármacos pouco metabolizáveis²⁸.

Entre as moléculas de antibióticos a clortetraciclina, oxitetraciclina, enrofloxacin, amoxicilina, florfenicol, lincomina, tiosina, sulfadiazina e trimedoprima são algumas que apresentam potencial de disseminação no ambiente aquático, devido ao uso em piscicultura, à rota de administração principalmente tópica ou oral e às baixas taxas de metabolismo²⁷.

Os resíduos de fármacos de uso veterinário têm sido detectados em vários estudos de solo e de água, de locais próximos de áreas produtivas que empregaram antibióticos sem o devido controle²⁶, bem como presença de defensivos agrícolas. Os agentes xenobióticos, nada mais são que compostos químicos estranhos penetram nos organismos aquáticos por meio de diversas portas de entrada, exposição dérmica -

superfície do corpo, principalmente pelas brânquias e oral - ingestão da água e de alimentos contaminados²¹. Uma técnica ágil de avaliar o nível de efeito nocivo aos peixes em defluência de agentes genotóxicos no meio de cultivo de peixes é a de averiguar anomalias nos eritrócitos periféricos²¹⁻²². Porquanto, o teste de micronúcleo em peixes é um bioindicador de ambientes aquáticos que possibilita a detecção dos efeitos de agentes químicos e físicos, podendo ser utilizado para avaliação das condições ambientais e bem-estar animal³². Essas informações sobre a ocorrência e as concentrações de resíduos tóxicos e genotóxicos de resíduos antibióticos e xenobióticos foram encontradas inclusive em vários peixes de pisciculturas de criação intensiva²⁸ e semi-intensiva³², na Amazônia.

Apesar dos efeitos negativos do uso de antibióticos e xenobióticos serem notórios, de acordo com James et al.¹⁸ e Kalanza et al.²⁵, há uma exceção entre esses que seria a virginiamicina. Esse antibiótico zootécnico é totalmente consumido pelo organismo dos peixes carnívoros, desde que administrada a 75,0 mg por quilo de ração. Essa dose é suficiente para promover o resultado esperado por um aditivo promotor de crescimento¹⁸. O potencial tóxico e genotóxico da virginiamicina foi estudado não sendo encontrados efeitos negativos em seu princípio ativo na água dos viveiros de piscicultura e tampouco no sistema imunitário dos peixes tropicais^{20,33-34}.

A virginiamicina inclui à classe das estreptograminas produzidas por linhagem mutante de *Streptomyces virginiae*, sendo composta de dois peptolídeos absorvíveis¹¹, pois na composição deste aditivo as tetraciclinas, fluoroquinolonas, sulfonamidas e os macrolídeos, que são pouco metabolizáveis pelos peixes, não participam¹². Resultados encontrados por Silva e Nepomuceno³⁵ em *Pimelodus maculatus* (2,5 %), por Rocha et al.⁶², em *Colossoma macropomum* (2,4 %) e por Grisolia et al.³⁶ em diversas espécies de peixes carnívoros da América do Sul (<1,86 %), constataram baixa frequência de células inflamatórias, os chamados micronúcleos. Porquanto, esses estudos apresentaram que componentes tóxicos na água e o estresse fisiológico dos peixes não foram suscitados pelo emprego de pequenas doses de virginiamicina.

O pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822)

A espécie *Arapaima gigas*, comumente chamado de pirarucu (Figura 1), ocorre na América do Sul, mais especificamente no Peru, Colômbia, Equador, Guiana e no Brasil.

No Brasil ocorre nas bacias Amazônica e Araguaia-Tocantins³⁷. O pirarucu pertencente à ordem Osteoglossiformes, e à família Arapaimidae. É um peixe de hábito alimentar carnívoro, das mais cultivadas e comercializadas na Amazônia³⁸. Possui características propícias para cultivo, como a alta taxa de crescimento, até 12 kg no primeiro ano, elevada rusticidade porém sensível ao manejo²³, adaptabilidade à alimentação artificial e elevado aproveitamento da carcaça, 51-57%, quando em boas condições ambientais⁴⁰⁻⁴¹.

O pirarucu é uma espécie de respiração aérea obrigatória, sendo que tal característica facilita sua criação em elevadas densidades de estocagem²⁸, bem como em baixas concentrações de oxigênio dissolvido em água⁴¹. É a maior espécie de peixe de escama de água doce do mundo podendo pesar até 200 kg e ter três metros de comprimento³⁷. O nome “Pirarucu” é de origem tupi (*pira*=peixe e *urucu*=vermelho) atribuído à intensa coloração dominante na orla posterior das escamas, em algumas regiões do corpo cuja a intensidade e o número variam de acordo com o sexo e o período de reprodução⁴.



Figura 1 - *Arapaima gigas*. Fonte: Machado³⁸.

A facilidade de criação em cativeiro também é destacada, pois é um peixe dócil quando jovem e apresenta comportamento violento quando adulto, contudo, pode ser domesticado com facilidade²³. O estado de Rondônia é o maior produtor de peixes nativos do país, cerca de 48 % das 94 mil toneladas produzidos em 2018 correspondem ao Tambaqui e ao Pirarucu. O pirarucu é o segundo peixe mais cultivado na Amazônia, e representa cerca de 9 % do pescado cultivado em Rondônia³⁸⁻⁴⁰, sendo uma espécie de grande importância social, econômica e ambiental, sendo estudada no enfoque dos recursos pesqueiros e na piscicultura⁴¹⁻⁴².

Devido à redução das populações naturais pela pesca e extração predatória, e da crescente demanda de pisciculturas, especialmente em maiores adensamentos⁴³, há a necessidade de se conhecer melhor as suas características, principalmente os

parâmetros fisiológicos. A boca é do tipo superior, grande e oblíqua com prognatismo da mandíbula inferior; apresenta duas placas ósseas laterais e uma palatina, que funcionam como dentes para apreender e esmagar a presa durante a deglutição; e possui uma língua óssea bastante desenvolvida²⁴. A configuração do corpo do pirarucu é alongada, com seção circular e elipsoidal e revestida de grandes e espessas escamas. As nadadeiras peitorais são afastadas das ventrais, enquanto que a dorsal e anal são próximas da caudal, que é arredondada³⁷.

A espécie *Arapaima gigas* é de regiões quentes, por isso se desenvolve melhor em viveiros com temperatura de água entre 28°C e 30°C³⁸. Em temperaturas menores que 26°C, ocorre diminuição da eficiência metabólica⁴⁴. Quando a água chega a temperaturas menores que 20°C, principalmente com duração de mais de três dias, pode ocorrer a mortandade dos peixes⁴⁶⁻⁴⁷. Dentre outros parâmetros de qualidade da água, a transparência é o principal fator limitante para a engorda do pirarucu em viveiro escavado⁴¹. A transparência diminui devido ao excesso de excreções dos peixes e pelo excedente de ração²⁴. Quanto aos níveis de oxigênio dissolvido, sabe-se que o pirarucu suporta ambientes com baixas concentrações, porque apresenta respiração aérea obrigatória⁴¹, como mencionado.

O pirarucu destaca-se como uma espécie de grande valor comercial, utilizada para a criação em grande escala e com bom desempenho zootécnico²³. E possuem uma particularidade fisiológica observada que vale ressaltar, é o hábito de subir à superfície da água lentamente, e quando não perturbado, abrir a boca para captar o oxigênio acima da linha da água, realizando nesse momento a respiração suplementar a respiração branquial⁴⁷.

Vale destacar que, a respiração aérea do pirarucu apresenta um processo vital para a espécie que, porque se impedida de emergir à superfície, o peixe morre por asfixia⁴⁴. Essa necessidade pode ser originária da insuficiência das brânquias para processar a oxigenação. Além da respiração branquial, o pirarucu utiliza-se da bexiga natatória muito vascularizada como órgão de respiração acessória. Este aspecto evolutivo possivelmente esteja relacionado com os baixos níveis de oxigênio dissolvido nas águas amazônicas⁴⁸.

Todavia, durante a fase de alevinagem ocorre uma transição, o peixe passa a suplementar a respiração branquial pela respiração aérea²³ e, dependendo do tamanho do alevino capturado, essa transição ainda não estará completa, de forma que, é

importante a manutenção de teores de oxigênio dissolvido acima de 5,0 mg L⁻¹ em alevinagens de pirarucu⁴⁹. Porquanto, a espécie *Arapaima gigas* respira obrigatoriamente por meio de duas formas por toda a sua vida, e deve, portanto, vir a superfície a cada dez ou vinte minutos para captarem o oxigênio atmosférico.

Para o pirarucu, uma espécie pré-histórica, o oxigênio dissolvido em geral, não é uma preocupação entre os piscicultores. Entretanto, ressalta-se que valores adequados de oxigênio e de alimentação são essenciais para a dinâmica biológica e o bem-estar, o que possivelmente proporcionará bom desempenho do animal⁵⁰.

Variáveis Hematológicas e Fisiológicas em Resposta ao Estresse de Cultivo

Em peixes existe variação hematológica interespecífica, em geral atribuídas a fatores genéticos, nutricionais e ambientais⁵¹. O conhecimento dos parâmetros sanguíneos é importante na avaliação do estado fisiológico dos peixes, tanto no ambiente natural como em cativeiro, e pode ser também usado para comparações de espécies que vivem em condições ambientais distintas ou entre espécies diferentes que compartilham do mesmo ambiente¹⁶.

Um sistema de cultivo inadequado, como adensamento desarranjado, parâmetros limnológicos desconfortáveis e manejo inadequado aos peixes, repercute em estresse em um compromisso de capacidade adaptativa ao ambiente e resulta em interrupção do crescimento e em uma série de problemas nutricionais¹⁶. Desse modo, estabelece-se acréscimo de suscetibilidade a infecções e doenças decorrentes de parasitos⁵².

Apesar do pirarucu ser um peixe resistente a vários estressores ambientais, a resposta fisiológica desse animal apresenta-se pronunciadamente em suas funções intestinais, porém de forma menos intensiva que alguns peixes, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) como exemplo^{16,52-53}.

A densidade de estocagem, é considerado como um severo e agressivo estressor no manejo⁵³. O potencial de *Arapaima gigas* para cultivos em tanques rede, por exemplo, está em sua alta taxa de sobrevivência, porém, estudos hematológicos têm indicado agentes estressores nesses cultivos intensivos^{16,36}. Segundo os mesmos autores a densidade afetou significativamente a média do peso total e do ganho de peso, o índice de conversão alimentar aparente e a produção de biomassa. Inclusive, as variações de cortisol, glicose, lactato e hematócrito de pirarucus sujeitos a diferentes

densidades foram mais intensas do que aquelas obtidas pelo transporte^{25,52}.

As variações limnológicas também afetam o rendimento dos peixes, a alta concentração de amônia pode causar retardamento do crescimento e oportunizar o surgimento de enfermidades³⁴. Em condições de cativeiro o pirarucu apresenta tolerância ao aumento de concentração de amônia até 25 mg L⁻¹, com 100 % de sobrevivência, porém os pirarucus não apresentam variações no nível de cortisol, nessas condições, também não há aumento da glicose e redução do lactato, porém, há diminuição do hematócrito e notável redução do ritmo de natação, conseqüentemente, perda de peso⁵¹.

Conforme Groof et al.⁵⁴, o pirarucu possui mais resistência à genotoxicidade e à mutagênese do que o tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), por conta da sua capacidade adaptativa às condições estressantes do ambiente de cultivo. Essa diferença pode estar relacionada a suas características evolutivas, pois o pirarucu é um Actinopterygeano primitivo, por isso tem mais capacidade de adaptação⁵¹. Contudo, quando a espécie é manipulada em cativeiro em altas densidades, exhibe respostas fisiológicas ao estresse semelhante em intensidade aos descritos por outros teleósteos, como o *Colossoma macropomum*⁵¹.

De acordo com James et al.¹⁸ e Li et al.¹⁹, ao oferecer aos pirarucus doses de virginamicina de 75,0 mg por quilo de ração, proporcionou respostas fisiológicas que ajudaram os peixes a contornarem os efeitos estressores e também potencializou resistência contra possíveis agente infecciosos.

Portanto a inclusão de virginamicina na alimentação foi benéfica aos pirarucus de cultivo intensivo⁵². Concordantemente, o emprego desse antibiótico de forma controlada foi vantajoso não somente à fisiologia, à qualidade de água dos viveiros e ao meio ambiente, mas também, considerando-se o aspecto social e a viabilidade econômica¹⁶. Mesmo diante dos trabalhos expostos, ainda sim, há carência de pesquisas de análise dos parâmetros hematológicos e fisiológicos do pirarucu (*Arapaima gigas*), tanto em seu ambiente natural, em homeostase ou não, quanto submetidos a ambientes de cultivo adensados e suas possíveis respostas fisiológicas.

Efeito da Virginamicina na Fisiologia dos Peixes

Com a crescente exigência do mercado de alimentos em intensificar o volume de produção nos meios produtivos, torna-se necessário aumentar a densidade de

estocagem das pisciculturas, o retorno econômico e a satisfação dos consumidores^{1,2}. Essa intensificação do volume de produção nos viveiros de piscicultura faz com que os peixes sejam expostos a fatores estressantes, altas densidades e baixa qualidade da água⁴⁸. Podendo ocasionar em queda de imunidade, maior susceptibilidade às doenças e perda de desempenho zootécnico³.

Devido a esses problemas, a nutrição animal deve buscar alimentos e formulações que estimulem o sistema imune dos peixes⁵⁷. Surge a oportunidade para produtos funcionais com efeito no sistema imunológico e na saúde animal. A nutrição animal busca estratégias para melhorar o aproveitamento dos nutrientes dietéticos, a fim de alcançar condições ideais para que os peixes consigam expressar seu melhor rendimento produtivo⁵¹.

Uma boa alternativa é incorporar à ração produtos com diferentes mecanismos de ação e efeitos potencializados, como o aditivo virginiamicina^{26,58}. É um aditivo de controle microbiano para ração animal. Esse aditivo pertence à classe zootécnica com princípios ativos antibiótico não-ionóforo e promotor de crescimento. O antibiótico supracitado pertencente à classe das estreptograminas, as quais são sintetizadas pela bactéria *Streptomyces virginiae*, que produz o ácido actitiázico¹⁵. Esse ácido é composto de dois peptolídeos que causam efeito sinérgico no organismo animal⁵⁹. Porquanto, é uma substância incorporada às rações com a finalidade de melhorar a rendimento animal, utilizada sob determinadas normas para não produzir resíduo do produto de consumo (FDA - *Food and Drug Administration*).

A importância do uso da virginiamicina na piscicultura se destaca por seus benefícios, como melhoria da imunidade, equilíbrio fisiológico, aumento da produtividade e revigora o sistema funcional intestinal e absorptivo, além de melhorar a eficiência alimentar e reduzir a taxa de mortalidade^{4,6,28}. A virginiamicina favorece o ganho de peso para os peixes. Quando esses animais consomem o plâncton e/ou mesmo a ração, as bactérias normalmente presentes no intestino utilizam estes alimentos para se multiplicarem, neste processo são produzidas energia, proteínas, vitaminas e gases¹⁷. As bactérias são divididas em dois grupos, gram-positivas e gram-negativas. As bactérias do grupo gram-negativas são consideradas excelentes para o desenvolvimento orgânico do sistema digestório, porque produzem o ácido propiônico que é precursor de energia para os animais⁶⁰.

A especificidade da resposta do peixe depende das espécies de bactérias que colonizam

o seu trato digestivo. Eventuais modificações no microbiota gastrointestinal, devido ao tratamento com antibióticos, podem alterar a relação benéfica hospedeiro-parasita. Portanto, entender como os compostos antibacterianos modificam o microbiota gastrointestinal dos peixes é importante³⁰. A virginiamicina age controlando o crescimento das bactérias gram-positivas, o que é vantajoso, porque elas competem pelo alimento sem gerar benefícios ao animal²⁶. Estudos taxonômicos indicam que pelo menos seis espécies diferentes de bactérias cocos gram-positivos estão associadas a doenças entéricas em peixes tropicais, *Streptococcus parauberis*, *Streptococcus iniae*, *Streptococcus difficile*, *Lactococcus piscium*, *Vagococcus salmoninarum*, e *Lactococcus garvieae*⁶¹⁻⁶². Com o maior crescimento das gram-negativas controlando as gram-positivas, há mais nutrientes disponíveis, as gram-negativas crescem em maior quantidade, predominando sobre as gram-positivas, o que garante melhor aproveitamento dos alimentos e inibe a invasão de microrganismos patogênicos²⁰, proporcionando aos peixes eficiência alimentar, rendimento pela maior deposição de proteína muscular, conseqüentemente maior ganho de peso¹⁹.

Considerações Finais

A virginiamicina pode ser recomendada para piscicultura, sobretudo na engorda do pirarucu, por contribuir com a eficiência produtiva e sustentabilidade do sistema de cultivo. E também, quando o aditivo supracitado é administrado com responsabilidade não produz resíduos ao ecossistema aquático, porque é metabolizado pelos peixes, bem como não tem potencial mutagênico e tampouco genotóxico.

Sugere-se pesquisas sobre avaliações do uso do aditivo nas fases mais jovens do pirarucu e sob administração mais prolongada para espécies carnívoras, assim como via outros métodos ou veículos de inclusão do aditivo.

Referências

1. Rodrigues APO, Santos V. Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Palmas: Embrapa; 2015. 33p. <https://www.researchgate.net/publication/284727933>. Acesso: 19/11/2018.
2. Rodrigues R, Meurer F, Boscolo WR. Aditivos em la nutrición de peces. Revista Colombiana de Ciencia Animal. 2015; 7(2):228-236. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/citationstylelanguage/get/associacao-brasileira-de-normas-tecnicas?submissionId=286>. Acesso: 21/11/2018.

3. Cyrino EP, Bicudo AJA, Sado RY, Borghesi R, Dairiki JK. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010; 39:68-87. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v39sspe/09.pdf>. Acesso: 21/11/ 2018.
4. Silva LES, Galício GS. Alimentação de peixes em piscicultura intensiva. *Enciclopédia Biosfera*. 2012;8(15):49-62. <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/Alimentacao.pdf>. Acesso: 12/11/2018.
5. Cavalheiro ACM, Castro MLS, Einhart MDS, Pouey JLOF, Piedras SN, Xavier EG. Microingredientes utilizados em alimentação de peixes em cativeiro– Revisão. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*. 2014; 109:11-20. http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf6_2014/11-20.pdf. Acesso: 24/11/2018.
6. Dantas Filho JV. Adição da virginiamicina na alimentação do pirarucu: benefícios fisiológicos, zootécnicos e ambientais [Dissertação]. Rolim de Moura (RO): Universidade Federal de Rondônia; 2019.
7. Almeida ART, Palermo Neto. Antimicrobianos como aditivos em animais de produção. In: Spinoza HS, Gorniaki SL, Bernardi MM. (eds). *Farmacologia aplicada à medicina veterinária*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2006. p.641-658, 2006. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352018000100013. Acesso: 08/09/2018.
8. Drumond GVF, Caixeiro APA, Tavares-Dias M, Marcon JL, Afonso EG. Características bioquímicas e hematológicas do pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Arapaimidae) de cultivo semi-intensivo na Amazônia. *Acta Amazonica*. 2010; 40(3):591-596. <http://www.scielo.br/pdf/aa/v40n3/20.pdf>. Acesso: 16/12/2018.
9. Bustolo WR, Signor A, Freitas JMA, Bittencourt F, Feiden A. Nutrição de peixes nativos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40:145-154. http://www.uece.br/cienciaanimal/dmdocuments/artigo03_2015_4.pdf. Acesso: 08/09/2018.
10. Okey IB, Keremah RI, Gabriel, UU. The efficacy of clove (*Eugenia caryophyllata*) powder as anaesthesia on African catfishes (*Clarias gariepinus* and *Heterobranchus bidorsalis*) fingerlings. *Journal of Aquaculture & Marine Biology*. 2018; 7: 182-188. <https://medcraveonline.com/JAMB/JAMB-07-00206.pdf>. Acesso: 03/01/2019.
11. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 33, de 31 de maio de 2017. Dispõe do regulamento de insensibilização, abate e métodos de conservação de peixes. Brasília: MAPA; 2017. <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-n-21-de-31-de-maio-de-2017,1100.html>. Acesso: 12/11/2018.
12. Flesch AGT, Poziomyck AL, Damin DC. The therapeutic use of symbiotics. *Arquivo Brasileiro de Cirurgia Digestiva*. 2014; 27(3):206-209. http://www.scielo.br/pdf/abcd/v27n3/pt_0102-6720-abcd-27-03-00206.pdf. Acesso: 21/11/2018.
13. Lundstedt L, Rodrigues APO, Moro GV. Manejo nutricional em piscicultura. In: Lundstedt L, Rodrigues APO, Moro GV. (Org). *Produção animal e recursos hídricos*. Brasília: Embrapa; 2017. p.145-162. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146622/1/CNPAF-2016-c.10.pdf>. Acesso: 22/11/2018.
14. Sales FB. Prebióticos na nutrição de peixes [Monografia]. Dois Vizinhos (PR): Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2012.
15. Severino H. Utilização e viabilidade do uso de Virginiamicina [Monografia]. Jataí (GO): Universidade Federal de Goiás; 2014.
16. Gomes VDS, Silva JHV, Cavalcanti CR, Fonseca SB, Jordão Filho J, Silva Neto MR, Silva FB. Utilização de enzimas exógenas na nutrição de peixes: revisão de literatura. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia*. 2016; 19(4). <http://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/6106>. Acesso: 20/12/2018.
17. Neves MS, Couto MVS, Souza NC, Santos RFB, Dias HM, Abe HÁ, Dias JAR, Cunha FS, Tavares-Dias M, Fujimoto RY. Resposta hematológica do cascudo ornamental amazônico *Peckoltia oligospila* ao estresse de transporte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e*

- Zootecnia. 2018; 70:13-19. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352018000100013. Acesso: 02/12/2018.
18. James PT, Paschal MI, Murray BW, Xpense HA. Application of virginiamycin as antibiotic for stressed fish. *Australian Journal of fish Farming Marine*. 2018; 2:321-333.
 19. Li A, Sheshian K, Xiang Z, Zushu P, Wusang M. Use of virginiamycin as a growth promoter in tropical fish in southern China. *Freshwater Fish Culture in China*. 2018; 19(3):1116-1137.
 20. Bujjamma P, Veeraiah K, Amagliani G, Hamza MIE. Use of virginiamycin as a growth for *Tilapia zillii*. *Indian Journal of Urban Aquaculture*. 2018; 2:22-034.
 21. Araújo FG, Morado CN, Parente TTE, Paumgarten FJR, Gomes ID. Biomarkers and bioindicators of the environmental condition using a fish species (*Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803) in a tropical reservoir in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 2018; 2:351-359.
 22. Souza RS. Caracterização limnológica de um ciclo de cultivo do pirarucu em viveiro escavado [Monografia]: Presidente Médici (RO): Universidade Federal de Rondônia; 2015.
 23. Lopes FSC. Desempenho produtivo e econômico do pirarucu (*Arapaima gigas*) em diferentes sistemas de alimentação proteicos [Monografia]. Presidente Médici (RO): Universidade Federal de Rondônia; 2015.
 24. Regitano JB, Leal RMP. Comportamento e impacto ambiental de antibióticos usados na produção animal brasileira. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 2010; 34:601-616. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000300002&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso: 02/12/2018.
 25. Kalanza X, Hennenzupuri H, Enmaciklen O, Uzhu P. Reduction of inflammatory micronucleated cells using virginiamycin in feed for *Alosa maeotica* (Clupeidae) and *Arapaima gigas* (Arapaimidae). *Journal International Thai of Diet & Physiology*. 2018; 4:103-113.
 26. Carrasco KR, Tilbury TL, Myers MS. Assessment of the Piscine Micronucleus Test as an in situ Biological indicator of Chemical Contaminant Effects. *Canadian Journal Fish Aquatic Science*. 2011; 47(11):2123-2136. https://www.researchgate.net/publication/237183530_Assessment_of_the_Piscine_Micronucleus_Test_as_an_in_situ_Biological_indicator_of_Chemical_Contaminant_Effects. Acesso: 06/12/2018.
 27. Santana MS, Yamamoto FY, Sandrini Neto L, Filipak Neto, Ortolani-Machado CF, Ribeiro CAO, Padrocimo MM. Diffuse sources of contamination in freshwater fish: Detecting effects through active biomonitoring and multi-biomarker approaches. *Ecotoxicology Environmental Science*. 2017; 149:173-181. https://www.researchgate.net/publication/321336141_Diffuse_sources_of_contamination_in_freshwater_fish_Detecting_effects_through_active_biomonitoring_and_multi-biomarker_approaches. Acesso: 06/12/2018.
 28. Cardoso GC. Taxas de arraçoamento sobre desempenho produtivo e econômico de alevinos de pirarucu (*Arapaima gigas*) de 500 a 1000 g cultivado em hapas [Monografia]. Presidente Médici (RO): Universidade Federal de Rondônia; 2015.
 29. Torres NH, Américo JHP, Ferreira LFR, Nazato C, Maranhão LA, Vilca FZ, Tornisielo VL. Fármacos no ambiente: uma revisão. *Revista de Estudos Ambientais*. 2012; 14:67-75. <https://gorila.furb.br/ojs/index.php/rea/article/download/3100/2511>. Acesso: 22/12/2018.
 30. Gastalho S, Silva GJ, Ramos F. Uso de antibióticos em aquacultura e resistência bacteriana: Impacto em saúde pública. *Acta Farmacêutica Portuguesa*. 2014; 3:29-45. <http://actafarmacaceuticaportuguesa.com/index.php/afp/article/view/40>. Acesso: 20/02/2019.
 31. Marshall BM, Levy SB. Food animals and antimicrobials: impacts on human health. *Clinical Microbiology Review*. 2011; 24(4):718-733. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21976606>. Acesso: 26/02/2019.
 32. Pontuschka RB, Hurtado, FB. Frequência de micronúcleos em tambaquis de cultivo semi-intensivo em pisciculturas de Presidente Médici-RO. CEDSA. 2015. https://www.researchgate.net/profile/Fernanda_Bay_Hurtado/publication/288993480_FREQUENCIA_DE_MICRONUCLEOS_EM_TAMBAQUIS_DE_CULTIVO_SEMI-

- _INTENSIVO_EM_PISCICULTURAS_DE_PRESIDENTE_MEDICI_-
_RO/links/568827c308ae1e63f1f736fc/FREQUENCIA-DE-MICRONUCLEOS-EM-TAMBAQUIS-DE-CULTIVO-SEMI-INTENSIVO-EM-PISCICULTURAS-DE-PRESIDENTE-MEDICI-RO.pdf. Acesso: 12/01/2019.
33. Fontanetti CS, Souza TS, Christofolletti CA. The role of biomonitoring in the quality assessment of water resources. In: Biblio C, Hensel O, Selbach J. (Org) Sustainable water management in the tropics and subtropics and cases study in Brazil. Corrientes: UniPampa & Unikassel; 2012. p.975-1005.
 34. Del-Guercio AMF, Christofolletti CA, Fontanetti CS. Evaluation of the domestic wastewater treatment efficiency by micronucleus test on *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2017; 22(6):1121-1128.
 35. Silva AC, Nepomuceno JC. Avaliação da frequência de micronúcleos em eritrócitos periféricos de mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*) do rio Paranaíba. Perquirere. 2010; 7:167-179.
 36. Grisolia CK, Rivero CLG, Starling FLRM, Silva ICR, Barbosa AC, Dorea JG. Perfil das frequências de micronúcleos e danos no DNA de diferentes espécies de peixes em um lago tropical eutrófico. Genetics and Molecular Biology. 2009; 32:138-143.
 37. Arantes CC, Castello L, Cetra M, Schilling A. Environmental influences on the distribution of *Arapaima gigas* in Amazon floodplains. Environmental Biology of Fish. 2013; 96(10):1257-1267. <http://whrc.org/wp-content/uploads/2015/09/ArantesetalEnvBioFish.11.pdf>. Acesso: 12/11/2018.
 38. Machado LL. Dinâmica nictimeral dos parâmetros limnológicos com e sem macrófitas aquáticas no cultivo de Pirarucu [Monografia]. Presidente Médici (RO): Universidade Federal de Rondônia; 2018.
 39. Belete NAS. Impacto ambiental, desempenho produtivo e econômico do uso de diferentes taxas de alimentação no cultivo do pirarucu (*Arapaima gigas* Cuvier, 1829) [Dissertação]. Rolim de Moura (RO): Universidade Federal de Rondônia; 2015.
 40. Sales Neto HM. Programa de arraçoamento no crescimento de *Arapaima gigas* de 1,6 a 8 kg de peso corporal [Dissertação]. Lavras (MG): Universidade Federal de Lavras; 2017.
 41. Silva GC. Limnologia de viveiros escavados da base de piscicultura Carlos Eduardo Matiaze [Monografia]. Presidente Médici (RO): Universidade Federal de Rondônia; 2014.
 42. Barbosa DJS. Levantamento bibliográfico dos aspectos no cultivo da espécie *Arapaima gigas* [Monografia]. Presidente Médici (RO): Universidade Federal de Rondônia; 2018.
 43. Andrade-Porto SM, Ramos CA, Roque R, Affonso EG, Barcellos JFM, Queiroz MN, Araújo CSO, Tavares-Dias M. Histopathological evaluation of formalin toxicity in *Arapaima gigas* (Arapaimidae), the giant fish from Amazon. Pesquisa Veterinária Brasileira. 2018; 38(6):1015-1025. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-736X2018000601015. Acesso: 29/12/2018.
 44. Baldisserotto B. Fisiologia de Peixes aplicada a Piscicultura. Santa Maria: UFSM; 2013. 332p.
 45. SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Manual de boas práticas de reprodução do pirarucu em cativeiro. Brasília: SEBRAE; 2017. 78p.
 46. Baldisserotto B. Fisiologia de Peixes aplicada a Piscicultura. 3th ed. Santa Maria: UFSM, 2018. 352p.
 47. Brauner CJ, Rombough PJ. Ontogeny and paleophysiology of the gill: new insights from larval and airbreathing fish. Respiratory Physiology and Neurobiology. 2012; 184(3):293-300. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22884973>. Acesso: 15/12/2018.
 48. Ramos CA, Raulinho JCM, Menezes GC, Carmos IB, Brasil EM, Affonso EG, Costa OTF, Fernandes MN. Influences of Amazonian White and Black Waters on the hematological and biochemical plasma features of *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes). Journal of Life Sciences. 2014; 8(3):252-261. <http://repositorio.inpa.gov.br/handle/123/4810>. Acesso: 15/12/2018.
 49. Halverson M. Manual de boas práticas de reprodução do pirarucu em cativeiro. Brasília, DF: SEBRAE; 2013. 74p.

50. Silva AM, Duncan WLP. Aspectos biológicos, ecologia e fisiologia do pirarucu (*Arapaima gigas*): uma revisão de literatura. *Scientia Amazonia*. 2016; 5(3). <https://docplayer.com.br/29622470-Aspectos-biologicos-ecologia-e-fisiologia-do-pirarucu-arapaima-gigas-uma-revisao-da-literatura-1.html>. Acesso: 15/12/2018.
51. Marinsek PG, Abessa MSD, Gusso-Choueri PK, Gonçalves ARN, Barroso BVD, Santos G, Cestari MM, Campos GB, Brito RM. Enteric nervous system analyses: new biomarkers for environmental quality assessment. *Marine Pollution Bulletin*. 2018; 137:711-722. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18307926>. Acesso: 12 nov. 2018.
52. Rebelatto Junior IA, Lima AF, Rodrigues APO, Kato HCA, Mataveli M, Rezende FP, Varela ES, Sousa ARB, Santos C, Boijink CL, Yoshioka ETO, O'sullivan FLA. Reprodução e engorda do pirarucu: levantamento de processos produtivos e tecnologias. Brasília; EMBRAPA; 2015. 102p.
53. Bezerra RF. Abordagens bioquímica e biotecnológicas dos peixes amazônicos pirarucu (*Arapaima gigas*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) [Tese]. Recife (PE): Universidade Federal de Pernambuco; 2013.
54. Groof AA, Silva J, Nunes EA, Ianistcki M, Guecheva TN, Oliveira AM, Oliveira CPF, Val AL, Henriques JAP. UVA/UVB-induced genotoxicity and lesion repair in *Colossoma macropomum* and *Arapaima gigas* Amazonian fish. *Journal of Photochemistry and Photobiology Brazilian Biology*. 2010; 99:93-99. https://www.researchgate.net/profile/Luana_Cassandra_Coelho/publication/274375275_Physiological_and_Biotechnological_Approaches_of_the_Amazonian_Tambaqui_Fish_Colossoma_macropomum/links/551c8e30cf2909047bca2e8/Physiological-and-Biotechnological-Approaches-of-the-Amazonian-Tambaqui-Fish-Colossoma-macropomum.pdf. Acesso: 03/12/2018.
55. Rodrigues APO, Santos V. Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Palmas: Embrapa; 2015. 33p.
56. Rodrigues R, Meurer F, Boscolo WR. Aditivos em la nutrición de peces. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 2015; 7(2):228-236.
57. Duncan WP, Fernandes MN. Physicochemical characterization of the white, black, and clearwater rivers of the Amazon Basin and its implications on the distribution of freshwater stingrays (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Pan-American Journal of Aquatic Science*. 2010; 5:454-464.
58. Geron LJV, Silva HF, Trautmann-Machado RJ, Garcia J, Mexia AA, Moura DC, Ribeiro MG, Oliveira EB. Aditivos promotores de crescimento (antibióticos, ionóforos, probióticos, prebióticos e própolis) utilizados na alimentação animal. *Pubvet*. 2013; 7(14):1563-1572.
59. Roberti J. Avaliação da nutrição proteica para peixes: incorporando aditivos [Dissertação]. Fortaleza (CE): Universidade Estadual do Ceará; 2017.
60. Gomes DM. Antibióticos promotores de crescimento em produtos de origem animal [Dissertação]. Brasília (DF): Universidade de Brasília; 2014.
61. Carvalho E, Belém-Costa A, Porto JIR. Biochemical identification of pathogenic bacteria isolates of ornamental fish in the state of Amazon. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2015; 16:170-178. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-99402015000100018&script=sci_abstract. Acesso: 01/01/2019.
62. Rocha MJS, Jeronimo GT, Costa OTF, Malta JCO, Martins ML, Maciel PO, Chagas EC. Changes in hematological and biochemical parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) parasitized by metazoan species. *Brazilian Journal Veterinary Parasitology*. 2018; 27(4):488-494. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1100724>. Acesso: 30/12/2018.