

A RANICULTURA BRASILEIRA: HISTÓRICO, DESAFIOS, PATOLOGIAS E PERSPECTIVAS

Raquel Fernanda Salla¹; Joice Ruggeri²; Luisa P. Ribeiro³; Felipe Augusto Pinto-Vidal⁴; Monica Jones-Costa⁵, Luís Felipe Toledo⁶

¹Doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos, *campus* São Carlos. Professora colaboradora no Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental da Universidade federal de São Carlos, *campus* Sorocaba;

²Doutora em Zoologia pelo Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro; Pesquisadora no Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas;

³Mestra em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas. Aluna de doutorado em Ecologia na Universidade Estadual de Campinas;

⁴Mestre em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba. Aluno de doutorado no Centro de Pesquisas para Compostos Tóxicos e Meio Ambiente, Faculdade de Ciências da Universidade de Masaryk, República Tcheca;

⁵Doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos, *campus* São Carlos. Professora Associada na Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba;

⁶Doutor em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista, *campus* Rio Claro. Professor Livre-docente no Departamento de Biologia Animal, Universidade estadual de Campinas.

Resumo: A ranicultura é uma das áreas da aquicultura que ainda pode se desenvolver muito no Brasil. Embora o Brasil seja um dos grandes produtores mundiais de carne de rãs, a regulamentação da produção ranícola ainda é muito deficiente, e a atividade ainda enfrenta obstáculos culturais, econômicos, governamentais e de ordem sanitária, o que dificulta o deslanchar desta atividade no país. Assim, neste capítulo reunimos alguns dos fatores que vêm ganhando espaço entre as pesquisas da área, com um destaque especial para as múltiplas enfermidades que os anfíbios podem sofrer ao longo do processo de criação em cativeiro, e as perspectivas necessárias para uma possível solução desses desafios.

Palavras-Chave: ranicultura brasileira; enfermidades de anfíbios; anuros; aquicultura.

INTRODUÇÃO

Os anfíbios são animais de grande importância ecológica e econômica (VALENCIA-AGUIAR et al., 2013). Devido a uma pele fina, por onde trocas gasosas entre o organismo e o ambiente ocorrem, esse grupo de animais é bastante sensível às mudanças no ecossistema (JORGENSEN, 1994). A

maioria das espécies tem ciclo de vida bifásico, sendo uma fase larval predominantemente aquática e uma fase adulta terrestre, tornando os anfíbios excelentes indicadores da qualidade do ambiente onde vivem (SEWELL e GRIFFITHS, 2009). Por outro lado, essa alta sensibilidade às mudanças ambientais, como desmatamento, poluição e aquecimento global, vem levando o grupo ao declínio (GRANT et al., 2020).

Essa classe de vertebrados é dividida em três ordens: Anura (sapos, pererecas e rãs), Caudata (salamandras e tritões) e Gymnophiona (cecílias ou cobras-cegas) (FROST et al., 2021), sendo que espécies da ordem Anura podem ser internacionalmente comercializadas para o consumo humano. Dentre as espécies destinadas a essa prática, a rã-touro norte americana (*Aquarana catesbeiana*) ganhou destaque por ter facilmente se adaptado às condições de manejo em diferentes partes do mundo (OLIVEIRA, 2015). A criação de rãs representa um potencial de crescimento econômico para o país produtor, pois não somente a carne de rã é comercializada como também diversos coprodutos como farinha, patê, hambúrguer e conservas podem ser produzidos (OLIVEIRA, 2015). Por outro lado, o comércio internacional dessas rãs se tornou o grande vilão da introdução de patógenos emergentes no mundo (JENKINSON et al., 2016; O'HANLON et al., 2018; SCHLOEGEL et al., 2009), pois essa espécie parece tolerar altos níveis de infecção (BRUNNER et al., 2019; DASZAK et al., 2004).

O Brasil possui inúmeros criadouros de rãs-touro (ranários), distribuídos principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país (BOTH et al., 2011; RODRIGUES et al., 2010), e é atualmente um dos maiores produtores mundiais. Inicialmente, na contramão da maioria dos outros países produtores, que priorizavam a captura ou o cultivo extensivo, os ranários brasileiros aproveitaram as ótimas condições climáticas do país e focaram no desenvolvimento de técnicas para a criação mais eficiente da rã-touro em cativeiro (LIMA; CRUZ; MOURA, 1999). A criação controlada dentro dos ranários garantiria maior proteção contra a dispersão dos animais e a predação, além de ser possível controlar a alimentação dos animais e prover condições mais adequadas ao desenvolvimento dos espécimes nas diferentes etapas do seu ciclo de vida dual (OLIVEIRA, 2015). Porém, devido à falta de logística adequada à ranicultura no país, ao longo do tempo, muitos ranários

acabaram encerrando suas atividades (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013), ocasionando a introdução dessas rãs exóticas em ambientes naturais (BOTH et al., 2011). Nesse sentido, o presente capítulo buscou resumir os principais tópicos acerca da história da ranicultura no Brasil, destacando os desafios culturais, econômicos, patológicos e ambientais que estão relacionados à ranicultura brasileira.

DESENVOLVIMENTO

Breve histórico da ranicultura no Brasil

Embora o consumo da carne de anfíbios possa parecer algo raro e mais recente aos olhos dos brasileiros, na realidade, esse hábito já existe há muito tempo na história. O consumo de sapos e rãs pelos seres humanos pode ser traçado desde a pré-história, e o interesse humano nesses animais foi mantido ao longo dos séculos (MARTIN, 2000). Registros culturais do consumo alimentar de anfíbios podem ser encontrados na história da Grécia antiga, desde os tempos de Heródoto (DALBY, 2013). Escritos relatam o consumo de espécies como o sapo cururu, *Rhinella marina* (DALBY, 2013) como iguaria oferecida aos mais altos representantes da sociedade grega (STEFANI, 2001). Em países como a China, Taiwan e Indonésia, as rãs são utilizadas como alimento já há mais de quarenta séculos, e o constante intercâmbio entre os povos contribuiu amplamente para a difusão destes hábitos (STEFANI, 2001; TEIXEIRA et al., 2001). Com a grande migração europeia no século XIX, povos europeus e asiáticos levaram consigo o hábito do consumo da carne de rã e o difundiram em regiões como os Estados Unidos, Canadá, Venezuela, Chile e Argentina (ALTHERR; GOYENECHEA; SCHUBERT, 2011; TEIXEIRA et al., 2001). Grande parte desse mercado internacional era suprido com animais capturados da própria natureza e através da criação em cativeiro de espécies como a rã-touro norte-americana *Aquarana catesbeiana*, a rã-touro indiana *Euphlyctis hexadactylus*, a rã-verde *Pelophylax lessonae* e *Pelophylax ridibundus*.

No Brasil, embora os povos indígenas já utilizassem os anfíbios em sua alimentação (BASTOS, 1987), o costume de se alimentar com carne de rãs e a ideia de comercializá-las somente foram impulsionados posteriormente pelos

imigrantes europeus. A ranicultura propriamente dita somente foi introduzida em meados de 1935 com a vinda do canadense Tom Cyrill Harrison, que possuía conhecimentos técnicos de aquicultura (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013; SILVA et al., 2013). Harrison teria sido responsável pela importação dos primeiros 300 espécimes de rã-touro dos Estados Unidos a fim de inaugurar o primeiro criadouro comercial no país (LONGO, 1987). Fato este que também representou um marco histórico para a introdução desta espécie exótica no Brasil (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013; FERREIRA et al., 2002; SILVA et al., 2013). Dotado de uma estrutura ainda muito simples e rudimentar, o primeiro criadouro de rãs do Brasil consistia basicamente em uma área com tanques escavados na terra, cercada por vegetação e que dispunha de um bom suprimento de água. Suas instalações foram fundadas no município de Itajaí, Rio de Janeiro, sendo batizado por técnicos da então Secretaria de Agricultura e Pesca Interior do estado do Rio de Janeiro sob o nome de “Ranário Aurora” (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013; SILVA et al., 2013).

Embora algumas espécies nativas brasileiras mais robustas também tivessem grande potencial para serem criadas para a alimentação humana, como por exemplo a rã-manteiga *Leptodactylus latrans*, a rã-gia *Leptodactylus pentadactylus*, e a rã pimenta *Leptodactylus labyrinthicus* (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013), a alta produtividade das rãs-touro criadas em cativeiro acabou dominando os interesses comerciais pelo país. Tal preferência provavelmente ocorreu devido a algumas especificidades dessas rãs que as tornam uma espécie de fácil manejo (baixa sensibilidade ao estresse), rápido crescimento, alta taxa reprodutiva (grande produção de ovos) e vasta resistência e tolerância às enfermidades (VIEIRA, 1993).

Com o passar do tempo, os criadores independentes, junto à iniciativa privada, foram desenvolvendo novas técnicas e métodos para o manejo dos ranários, que, posteriormente, foram apoiados por instituições de pesquisa e universidades. Em 1978, se instituiu o primeiro Encontro Nacional de Ranicultura (ENAR), que marcou o início das grandes pesquisas científicas voltadas para o avanço tecnológico da ranicultura (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013). A partir desse momento, diversos sistemas de criação foram sendo aprimorados e a ranicultura brasileira foi finalmente impulsionada.

Os protocolos de alimentação deixaram de se basear prioritariamente em insetos e o uso de rações comerciais passou a ser adotado em escala nacional. Nesta mesma década também surgiram os primeiros estudos sobre as patologias dos anfíbios e as dificuldades que os produtores poderiam enfrentar (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013; OLIVEIRA, 2015).

No entanto, embora a ranicultura brasileira tivesse todos os requisitos para crescer dentro do agronegócio, ao longo dos anos 1980, a falta de investimento e de políticas públicas governamentais acabou gerando uma forte retração das atividades deste setor (OLIVEIRA, 2015). Os avanços nos estudos científicos eram lentos, a problemática sanitária crescia em virtude de doenças emergentes nos anfíbios, e as limitações do mercado interno tornavam a ranicultura pouco competitiva, o que causou uma redução drástica no número de ranicultores no país (OLIVEIRA, 2015).

Apesar de todos estes percalços, com o passar dos anos, as pesquisas científicas voltadas para a ranicultura no Brasil viabilizaram o desenvolvimento de novas tecnologias para o melhoramento na produção de rãs em cativeiro.

Atualmente, o Brasil é considerado um dos maiores produtores de rãs, ficando atrás somente da Indonésia e Taiwan, onde as rãs ainda são criadas segundo modelos extensivos (OLIVEIRA, 2015). Isso nos mostra que a ranicultura ainda tem grande potencial de fornecer novas perspectivas para a aquicultura nacional. Porém, para que isso seja possível, será necessária uma ampliação das redes de colaboração entre os produtores, a rede privada, os institutos de pesquisa e os órgãos governamentais.

Desafios enfrentados pela ranicultura brasileira

O Brasil foi um dos países pioneiros na ranicultura (FAO, 2005; FERREIRA et al., 2002; SCHLOEGEL et al., 2010) e representa um fornecedor de tecnologias especializadas para produção de rãs-touro (PAHOR-FILHO et al., 2019). Desde os anos 1970, universidades brasileiras estão envolvidas na melhoria da ranicultura através de pesquisas que abrangem desde o bem-estar animal, envolvendo aspectos reprodutivos, nutricionais e de sanidade (AGOSTINHO et al., 2011; ALVES et al., 2020; ANTONUCCI et al., 2014; MANSANO et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020), até o abate e processamento da carne e coprodutos da rã-touro (NASCIMENTO et al., 2019; RAMOS et al.,

2004; SEIXAS FILHO et al., 2020). Além do avanço tecnológico, as condições climáticas brasileiras, especialmente das regiões Sul e Sudeste, são propícias para o desenvolvimento da rã-touro (BOTH et al., 2011; FEIX et al., 2006; GIOVANELLI et al., 2008; RODRIGUES et al., 2010).

Embora a ranicultura brasileira esteja próxima de completar seus 90 anos de história, existem diversos desafios a serem superados para o sucesso da atividade. De forma geral, sempre houve um alto interesse e deslumbramento financeiro em relação à produção de rã-touro no Brasil, e muitos produtores iniciam na atividade sem um planejamento prévio ou sequer instruções zootécnicas (RODRIGUES et al., 2010). A falta de logística têm acarretado um cenário de instabilidade na ranicultura, somando um número considerável de produtores que iniciam e encerram a atividade em poucos anos (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013; FEIX et al., 2006). A ineficácia na regulamentação da ranicultura e a falta de padrão na gestão dos ranários e dos sistemas produtivos também dificultam o sucesso da atividade no país (PAHOR-FILHO et al., 2019).

O consumo de carne de rã-touro ainda não se tornou rotineiro entre os brasileiros. Os principais produtos comercializados no Brasil são as coxas da rã-touro, as quais estão aliadas a preços elevados, e a carcaça inteira do animal, cujo consumidor muitas vezes possui aversão (CRIBB et al., 2009; RAMOS et al., 2004). Esses aspectos limitam as práticas de consumo e a demanda pela carne está restrita a restaurantes e petiscarias de classe média e alta (FEIX et al., 2006; FERREIRA et al., 2002; GAVIÃO, 2016; MOREIRA, 2011) e a um público específico que preza pelas qualidades nutricionais da carne de rã (OLIVEIRA et al., 2017; RODRIGUES et al., 2014). Como alternativa para aumentar o consumo, o mercado brasileiro tem desenvolvido coprodutos, como patê, hambúrguer, farinha e conservas elaborados com peças menos nobres da rã e que costumam ser descartadas (AFONSO et al., 2017; CRIBB et al., 2009; FURTADO, 2006; GONÇALVES e OTTA, 2008; SEIXAS FILHO et al., 2020). Esses coprodutos poderiam proporcionar qualidade nutricional e baixo preço de mercado (AFONSO et al., 2017; RODRIGUES et al., 2014). Entretanto, tais produtos ainda não estão disponíveis em grande escala no mercado. O baixo consumo é, então, reflexo primariamente da falta de hábito de consumo devido à aparência insatisfatória

e altos preços, mas também da falta de conhecimento e irregularidade na oferta de produtos variados (CARRARO, 2008; COSTA et al., 2017; CRIBB et al., 2009).

Desafios econômicos

A cadeia ranícola é composta por fornecedores de insumos e equipamentos, pelos produtores de rãs-touro, indústrias de abate e pelos comerciantes dos produtos finais (SEIXAS FILHO et al., 2017). De modo geral, o objetivo dos produtores é realizar, em cativeiro, a reprodução e o desenvolvimento dos indivíduos desde a fase larval (girinos) até o final da fase de engorda, ou seja, quando as rãs-touro atingem peso adequado para o abate (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013; SEIXAS FILHO et al., 2017). O abate e processamento da carne de rã-touro deve ocorrer em estabelecimentos com registro oficial, os quais seguem as normas de qualidade e sanitárias definidas pelo Regulamento e Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) do MAPA (Brasil, 2017). Entretanto, é notável o número de produtores que desenvolvem todas as etapas da produção da rã-touro, além do abate e até mesmo a comercialização dos produtos.

A ranicultura brasileira é composta majoritariamente por pequenos produtores, que geralmente dependem de mão de obra familiar e praticam a ranicultura como uma atividade econômica secundária (CORRÊA et al., 2008; CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013; SOUSA e MALTAROLO, 2019). A falta de especialização dos pequenos produtores exige um grande esforço e investimento financeiro. As distintas fases de produção da rã-touro demandam a utilização de estrutura e manejo diferenciados. Enquanto os girinos requerem grandes quantidades de água e controle rígidos dos seus parâmetros de qualidade (CRIBB; AFONSO; MOSTÉRIO, 2013; SEIXAS FILHO et al., 2017), as fases pós-metamórficas e, portanto, terrestres, necessitam de uma extensa área construída, que pode corresponder cerca de 70 % da área de um ranário (OSTRENSKY et al., 2008). Quanto à alimentação, os girinos são onívoros, enquanto indivíduos pós metamórficos são exclusivamente carnívoros e exigem uma dieta rica em proteínas (CASALI et al. 2005). Entretanto, mesmo entre os indivíduos pós metamórficos a alimentação difere, principalmente em percentual de proteína (LIMA et al., 2003; OLVERA-NOVOA et al. 2007).

A alimentação das rãs é mais uma dificuldade enfrentada pelo produtor (OSTRENSKY et al., 2008). Além de representar um dos principais custos da ranicultura, os produtores alimentam os animais com rações para peixes, uma vez que não há uma ração comercial específica para rãs (MOREIRA et al., 2013). Dietas com tais rações pode desempenhar baixa eficiência na assimilação de proteínas e alta eficiência na deposição de gorduras (PEREIRA et al., 2015). Alterações histopatológicas e mortalidade dos indivíduos também estão associadas à utilização de rações não específicas para rãs (HIPOLITO et al., 2004; SEIXAS FILHO et al., 2009, 2008). Portanto, é essencial elaborar uma dieta específica para a rã-touro, investigando todas as necessidades nutricionais, visando reduzir os custos de produção e melhorar a qualidade nutricional da carne de rã (OLVERA-NOVOA et al., 2007; PEREIRA et al., 2015).

Diante de todos os desafios da ranicultura brasileira, nós temos vivenciado há anos os chamados ciclos viciosos de oferta e demanda. O baixo hábito brasileiro de consumir carne de rã, aliado à irregularidade e falta de opções no mercado, resultam em um nicho de mercado. Que por sua vez, ocasiona em baixa demanda e exige a redução da produção e, conseqüentemente, aumenta seu custo (Lima, 2005; OSTRENSKY et al., 2008). Os custos altos da produção elevam os preços dos produtos no mercado, mais uma vez restringindo o consumo e impulsionando o funcionamento do ciclo vicioso (LIMA, 2005; OSTRENSKY et al., 2008).

Um modelo de cooperativismo, amplamente utilizado em outras produções animais, como suínos e aves, seria uma alternativa para alavancar a ranicultura brasileira. Esse modelo seria vantajoso para pequenos produtores ou mesmo os iniciantes, uma vez que envolve menos investimentos e riscos, pois gera uma especialização das etapas de produção (BELUSSO e HESPANHOL, 2010; MOREIRA, 2011). A articulação entre produtores, técnicos e pesquisadores desempenharia um papel importante na melhoria da ranicultura através de troca de informações e experiências sobre aspectos produtivos e comerciais (ALMEIDA et al. 2017). Por fim, o incentivo de órgãos governamentais, através de incentivos fiscais e subsídios, poderiam alavancar a ranicultura e gerar visibilidade, garantindo vantagem competitiva da atividade dentro da aquicultura.

Desafios sanitários: a crescente problemática das doenças emergentes

Um dos principais problemas enfrentados por ranários que se baseiam na alta densidade de animais tem sido o frequente surgimento de doenças entre os organismos (SILVA et al., 2020). O manejo sanitário inadequado pode facilitar o surgimento de eventos que os patologistas chamam de surtos epizoóticos, nos quais a grande quantidade de patógenos e de hospedeiros infectados compartilhando um mesmo espaço amplificam ainda mais a disseminação de uma doença (GREEN; GRAY; MILLER, 2010; RIBEIRO et al. 2019). A alta densidade de organismos frequentemente vem acompanhada do oferecimento excessivo de ração, ou ainda da utilização de rações com baixa qualidade (porém com um custo mais acessível), o que pode afetar diretamente a saúde das rãs e o rendimento da produção final (GREEN; GRAY; MILLER, 2010). Além disso, o excesso de animais convivendo em um espaço reduzido frequentemente acentua o comportamento de competição entre eles. Este estresse pode induzir diversas alterações fisiológicas que levam à imunossupressão e a alterações hematológicas, tornando-os mais susceptíveis a doenças (MILLER; GRAY; STORFER, 2011).

Outro fator de grande importância que deve ser considerado pelos ranicultores é o controle sanitário da produção. Durante todo o processamento da carne de rã, os protocolos devem garantir a manipulação correta e ética dos animais durante o abate, e a qualificação ideal dos profissionais envolvidos em todas as etapas da produção (SILVA et al., 2020). Dessa forma, reduzem-se os fatores de risco associados aos surtos de infecção e intoxicação alimentar pelos humanos devido à ingestão dos patógenos que não foram devidamente tratados e eliminados pelo controle sanitário dos ranários. Nesse sentido, as próximas seções deste capítulo reuniram os principais conhecimentos acerca das patologias enfrentadas pela ranicultura, suas possíveis consequências ecológicas, sanitárias e até mesmo econômicas.

Quitridiomicose

Uma das principais doenças de anfíbios é a quitridiomicose, causada pelos fungos *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) (LONGCORE et al., 1999) e *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal). Ambos são patógenos emergentes,

com provável origem na Ásia (BYRNE et al., 2019). O Bd ocorre em todos os continentes e já foi detectado em mais de 50% das espécies de anfíbios (OLSON et al., 2021). Atualmente, a quitridiomicose é considerada uma das principais ameaças aos anfíbios e configura a maior perda de biodiversidade associada a uma doença (SCHEELE et al., 2019). O desenvolvimento da quitridiomicose é caracterizado pela infecção e proliferação do fungo em regiões queratinizadas dos anfíbios. Nos girinos, o Bd infecta o aparato bucal, podendo interferir no seu comportamento alimentar (FU e WALDMAN, 2017). Já nos indivíduos pós-metamórficos, o fungo infecta a pele do hospedeiro, causando hiperqueratose e morte celular, além de comprometer o equilíbrio das funções osmorregulatórias, eletrolíticas, cardíacas, e hepáticas, podendo levar os indivíduos à morte (CARVER et al., 2010; PESSIER et al., 1999; SALLA et al., 2018, 2020; VOYLES et al., 2007, 2009). Além disso, o Bd produz toxinas que interferem na proliferação e atuação de linfócitos, reduzindo as respostas imunes do hospedeiro (FITES et al., 2013).

O Bd foi detectado em todos os ranários amostrados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (RIBEIRO et al., 2019; SANTOS et al., 2020). Embora a rã-touro tenha sido referida como uma espécie tolerante à infecção por Bd (DASZAK et al., 2004; ESKEW et al., 2015), a presença do fungo nos ranários pode influenciar negativamente o desenvolvimento dos indivíduos e causar prejuízos econômicos aos produtores (RIBEIRO et al., 2019). Girinos infectados pelo fungo tendem a reduzir a alimentação conforme a intensidade da infecção aumenta (DEMARCHI et al., 2015). Como consequência, reduzirão seu desempenho alimentar e darão origem a indivíduos menores e, portanto, com menos carne do que indivíduos saudáveis. A infecção também acarreta alterações cardíacas em girinos de rã-touro, podendo afetar a metamorfose, reduzir o crescimento e potencialmente a sobrevivência das rãs-touro (SALLA et al., 2015). Adicionalmente, a redução das respostas imunes aumenta a susceptibilidade do hospedeiro a outras infecções (MILLER et al., 2008).

A introdução desse patógeno em novas áreas e populações imunologicamente ingênuas é frequentemente associada ao tráfico internacional de animais, principalmente o da rã-touro americana, uma espécie norte americana comumente comercializada para o consumo humano (O'HANLON et al., 2018; SCHLOEGEL et al., 2009).

Ranaviroses

As ranaviroses são causadas por vírus do gênero *Ranavirus* (Rv), família *Iridoviridae*, e responsáveis por causar mortalidade e morbidade em peixes, anfíbios e répteis em todo o mundo (DUFFUS et al., 2015). São vírus grandes (150-200 nm), constituídos de DNA dupla fita com cerca de 170 mil pares de bases, que podem se replicar tanto no núcleo celular quanto no citoplasma do hospedeiro (CHINCHAR et al., 2017). O Rv também é um patógeno emergente associado ao comércio de animais (PICCO et al., 2010; SCHLOEGEL et al., 2009) e já foi associado a eventos de mortalidade de muitas espécies de interesse econômico e ecológico (CHINCHAR, 2002; DUFFUS et al., 2015). Sua rápida propagação e alta letalidade tornaram a notificação desse vírus obrigatória à Organização Mundial de Saúde Animal (OIE, 2021).

Três espécies de Rv são conhecidas por infectarem anfíbios: *Frog virus 3* (FV3), *Common midwife toad virus* (CMTV) e *Ambystoma tigrinum virus* (ATV). As linhagens FV3 e similares (FV3-like) são globalmente distribuídas e altamente transmissíveis aos anfíbios (BRENES et al., 2014; MAZZONI et al., 2009; PRICE et al., 2017). Essas linhagens são associadas a mortalidade em massa de vertebrados ectotérmicos em todo o mundo (DUFFUS et al., 2015). Por outro lado, as linhagens CMTV e similares (CMTV-like) são associadas a eventos de mortalidade de anfíbios na Europa (PRICE et al., 2014) e parecem ser mais virulentas do que a FV3 (PRICE et al., 2017). A linhagem ATV é associada ao declínio de populações de salamandras na América do Norte e parece ser restrita à porção Oeste do continente (SCHOCK et al., 2008). Recentemente, linhagens recombinantes, hipervirulentas, vem sendo isoladas durante eventos de mortalidade em massa em ranários (CLAYTOR et al., 2017). De fato, os ranários são ambientes favoráveis ao surgimento de linhagens hipervirulentas, pois o confinamento das rãs não somente facilita a rápida propagação do vírus como também aumenta a suscetibilidade dos indivíduos à diferentes tipos de infecções (HOVERMAN et al., 2010).

No âmbito da ranicultura brasileira, infecções por Rv já foram identificadas em rãs-touro de ranários em diferentes estados (CANDIDO et al., 2019; MAZZONI et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2020). Em Goiás, por exemplo, o Rv foi detectado e isolado durante um surto de girinos de rã-touro que gerou

grande perda econômica (GALLI et al., 2006). Nesse cenário, foi identificada uma linhagem FV3-like, que mostrou >99% de semelhança com o FV3 isolado na América do Norte (MAZZONI et al., 2009). Recentemente, um caso de mortalidade de girinos de rã-touro de uma população feral no estado do Rio Grande do Sul foi reportado (RUGGERI et al., 2019), sendo o primeiro registro de mortalidade associado à presença de Rv fora de ranários no Brasil. Além disso, o vírus foi detectado em espécies nativas da fauna brasileira (RUGGERI et al., 2019) e o estudo molecular da região do capsídeo proteico (MCP) indica que essas linhagens também pertencem ao grupo FV3.

Assim, não somente o Rv exerce impacto negativo na produção de rãs-touro (GALLI et al., 2006), como constitui uma ameaça aos anfíbios nativos (LAMBERTINI et al., 2021). Uma vez que a rã-touro é tolerante a esse patógeno e, portanto, potencial vetor do Rv (BRUNNER et al., 2019), é extremamente necessário conter a disseminação do vírus para ambientes naturais.

Outras enfermidades: bactérias e outros parasitas

Devido às vastas consequências danosas da quitridiomicose e das ranaviroses, não somente para a ranicultura, mas também para os ecossistemas naturais, essas doenças emergentes vêm ocupando um espaço avantajado entre as pesquisas científicas da herpetologia e da aquicultura. No entanto, diversas outras doenças de origem bacteriana, fúngica e de outros tipos de parasitas também representam uma preocupação aos produtores e aos pesquisadores. De fato, várias outras doenças já foram documentadas em estudos com rãs (HIPOLITO e BACH, 2002; LATNEY e KLAPHAKE, 2013).

As patologias de anfíbios causadas por bactérias frequentemente evoluem de forma muito rápida, causando mortalidade em massa e lesões cutâneas muito aparentes, o que gera grandes prejuízos econômicos e impede a comercialização desses animais (LEIRA et al., 2016; PASTERIS et al., 2011). Uma das bacterioses mais conhecidas no cenário dos ranários é a “Doença da Perna Vermelha” (internacionalmente nomeada *Red Leg Syndrome*), que consiste em uma dermato-septicemia bacteriana (PESSIER, 2017), e que também vem sendo associada a más condições sanitárias dos ranários (ALMEIDA; RISTOW; BUELTA, 2000). O nome “red leg” foi escolhido pelos

patologistas em virtude dos principais sintomas que os animais apresentam quando infectados, como edemas, eritemas e úlceras hemorrágicas cutâneas, além de inchaço e descamação da pele (DENSMORE; GREEN, 2007; RAFIDAH et al., 1990). Diversas bactérias têm sido associadas ao desenvolvimento desta síndrome, destacando-se as espécies *Aeromonas hydrophila* (LATNEY e KLAPHAKE, 2013), *Pseudomonas aeruginosa* (DOUGLAS e AMUZIE, 2017; SEIXAS FILHO et al., 2017), *Staphylococcus aureus* (PASTERIS; BUHLER; NADER-MACÍAS, 2006), e *Citrobacter freundii* (PASTERIS et al., 2011), os quais podem atuar de forma isolada ou em associação.

Nos humanos, as infecções estão associadas à ingestão de produtos contaminados com os patógenos (por exemplo: carne bovina, de peixes ou rãs doentes, e até mesmo através de água não tratada) (BERNAGOZZI et al., 1997; BUCHANAN e PALUMBO, 1985; YADAV et al., 1996), levando a quadros graves de intoxicação alimentar, gastroenterite ou até mesmo septicemia nos casos mais graves (QUINN et al., 1994). Os relatos brasileiros para essa síndrome ainda são escassos, e a ocorrência das bactérias associadas a essa doença se limitam a amostras de carne bovina (ROSSI et al., 1996) e a peixes comerciais (HOLANDA et al., 1998). O registro dessas ocorrências pelos ranários e a identificação dos focos de infecção se tornam muito restritos devido à ausência de bases de dados nacionais abertas que permitissem o compartilhamento dessas informações. Isso dificulta a atuação das instituições de pesquisa no sentido de auxiliar os produtores a sanar esses problemas.

Outra bacteriose que também vem se mostrando frequente nos ranários de criação intensiva é causada por espécies do gênero *Streptococcus* (MOSTÉRIO; MAZZONI; HIPÓLITO, 2014). Nesta septicemia de alto potencial letal, os animais infectados podem apresentar sintomas de anorexia e letargia, alteração na natação, escurecimento cutâneo, e nos casos mais severos podem chegar à morte (MOSTÉRIO; MAZZONI; HIPÓLITO, 2014). Embora a literatura internacional já possua alguns estudos clínicos, a distribuição dos focos desta doença pelos ranários brasileiros ainda permanece desconhecido (SILVA et al., 2020). Para ambas essas bacterioses, o diagnóstico na maioria das vezes acaba sendo feito de modo informal pelos próprios funcionários dos

ranários, e a utilização de antibióticos inespecíficos acaba tornando o tratamento ainda mais dificultado.

Além das bactérias, os anfíbios também podem atuar como hospedeiros de outros parasitas como protozoários, nematóides e trematódeos (LATNEY e KLAPHAKE, 2013; NAGUIB e REID, 2016). No Brasil, os principais grupos de protozoários reconhecidos como parasitas de rãs-touro são *Giardia agilis*, *Entamoeba* sp., *Trichomonas* sp., *Hexamita* sp. e *Karotomorfa* sp. (GUIMARÃES e MARTINS, 1999). Quando infectados por esses protozoários, as rãs tendem a apresentar sintomas como anorexia e alterações nas fezes, além de alterações estruturais nos rins e intestinos (O'ROURKE e ROSENBAUM, 2015).

Helmintos como os *Longibucca catesbeiana*, por sua vez, não costumam causar altos graus de patogenicidade, de modo que algumas infecções sequer chegam a causar sinais clínicos visíveis nos hospedeiros. Entretanto, essas enfermidades podem gerar efeitos menores como a perda de peso, um crescimento tardio ou ainda aumentar a predisposição à outras doenças mais graves, o que pode trazer prejuízos maiores para os ranicultores a longo prazo (ANTONUCCI et al., 2012).

De modo geral, grande parte das enfermidades sofridas pelos anfíbios dos ranários são consequência direta de condições inadequadas das criações. O uso de fármacos para o tratamento dos animais e eliminação dos patógenos ainda não representa a melhor alternativa, principalmente se considerarmos que o uso exacerbado de antibióticos pode propiciar o surgimento de patógenos resistentes (OLIVEIRA, 2015). Dessa forma, o investimento em pesquisas que foquem em terapias imunostimulantes, aliado a um acompanhamento adequado e preventivo da saúde dos animais, ainda representa a melhor solução para os produtores.

Dos ranários para a ciência – a utilização das rãs-touro nas pesquisas científicas

O destaque das espécies anfíbias é reflexo da sua grande importância econômica e ecológica, somado a isso, esses seres basais ainda se mostram um essencial aliado ao desenvolvimento científico e tecnológico. O fato de possuírem uma fisiologia básica bem descrita, serem adaptáveis a condições

laboratoriais e, ainda, possuírem peculiaridades fisiológicas potencialmente extrapoláveis à outras espécies como os mamíferos, têm feito desses vertebrados basais uma importante ferramenta em diversos estudos que têm por objetivo responder às mais variadas questões levantadas pela comunidade científica e autoridades governamentais (BURGGREN e WARBURTON, 2007; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1974; OECD, 2009; OSSANA; CASTAÑÉ; SALIBIÁN, 2013).

Entre os anfíbios, as rãs têm se mostrado um ótimo recurso quando utilizada como modelo animal em diversos campos da ciência. De fato, desde a Grécia Antiga, Aristóteles já utilizava rãs para ilustrar as estruturas anatômicas necessárias para a produção de sons (SMITH e STOSKOPF, 2007). Desde então o uso de rãs têm aumentado consideravelmente o conhecimento humano sobre fisiologia e biologia celular (BURGGREN e WARBURTON, 2007; SMITH e STOSKOPF, 2007). Inclusive tendo servido como instrumento para diversas pesquisas que foram laureadas com Prêmios Nobel (BURGGREN e WARBURTON, 2007; SMITH e STOSKOPF, 2007).

Nos dias atuais, estudos diversos tentam responder os mecanismos responsáveis pelo drástico declínio nas populações destes animais (HOPKINS, 2007) utilizando-se, inclusive, de animais criados em cativeiro. De fato, rã-touro criadas em cativeiro têm sido utilizadas por pesquisadores no escopo ecológico com o intuito de construir dados sobre o risco ambiental de diversos estressores ambientais (Tabela 1).

Tabela 1. Utilização de rã-touro na fase larval como organismo modelo para estudos ecológicos.

Estressor ambiental	Resultado	Referência
Lítio (Li) e selênio (Se)	Alterações hepáticas	PINTO-VIDAL et al., 2021a
Lítio (Li) e selênio (Se)	Alterações da glândula tireoide	PINTO VIDAL et al., 2021b
Detergente*	Alterações cardíacas	JONES-COSTA et al., 2018
Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Cádmio (Cd)	Alterações hematológicas e enzimáticas	CARVALHO et al., 2017
Herbicida **	Alterações hepáticas	OLIVEIRA et al., 2016 RISSOLI et al., 2016
Herbicida ***	Alterações do aparelho respiratório	
Hormônio****	Alterações cardíacas	SALLA et al., 2016
Cádmio (Cd)	Alterações cardíacas	DAL-MEDICO et al., 2014
Cádmio (Cd)	Alterações gonadais	ABDALLA et al., 2013

- *Sulfonato de alquilbenzeno linear
- ** Clomazone
- *** Herbicida contendo Glifosato
- **** Estrogênio 17 α -etinilestradiol

Outros grupos de pesquisa têm estudado, no campo da zootecnia, a otimização de condições de criação com o intuito de aumentar o retorno financeiro na produção de rãs-touro para consumo humano (Tabela 2). O que mostra que esta espécie tem sido bem aceita pela comunidade científica para a construção de dados ambientais e econômicos.

Tabela 2. Utilização de rãs-touro em estudos de otimização zootécnica.

Estágio	Escopo	Referência
Larval	Efeitos de diferentes níveis proteicos no tecido hepático	SEIXAS FILHO et al., 2008
Larval	Densidade de cultivo	HAYASHI et al., 2004
Larval	Efeitos do fotoperíodo no desenvolvimento	BAMBOZZI et al., 2004
Adulto	Consumo alimentar	LIMA; CASALI; AGOSTINHO, 2003
Adulto	Influência da temperatura na recria	BRAGA; LIMA, 2001
Larval	Qualidade da água sob diferentes densidades de girinos	CASTRO; PINTO, 2000
Adulto	Alimentação da fase de recria	BRAGA et al., 1998

A potencial demanda por esses animais para fins científicos, somados aos empecilhos financeiros e burocrático para a coleta destes animais na natureza podem justificar a sua cultura artificial (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1974); embora a produção de rãs-touro para a comercialização para fins de pesquisa e ensino não contemple padrões bem definidos de controle de qualidade, cuidados na criação devem ser levados em conta. Brevemente, a qualidade de água é particularmente importante na criação de anfíbios em cativeiro para fins científicos (BROWNE et al., 2007; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1974) (Tabela 3). Sugere-se o uso de medidas higiênicas na manipulação dos animais para fornecimento à pesquisa científica, tais como, o uso de luvas durante a manipulação das rãs-touro, a correta sanitização dos espaços de criação, controle de pragas etc. Estas medidas devem ser instituídas com o intuito de controlar a proliferação de agentes patogênicos como fungos e vírus (BROWNE et al., 2007). O uso de contêineres atóxicos com o intuito de evitar a transferência de compostos tóxicos como plastificantes e bifenilas policloradas, bem como a manutenção de um ambiente livre de

metais pesados também são altamente recomendados, uma vez que condições de criação insalubres ou incorretas podem induzir prejuízos à saúde dos animais o que poderia influenciar nos resultados dos experimentos científicos (BROWNE et al., 2007; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1974; SMITH; STOSKOPF, 2007). Condições de transporte que reduzam o estresse e a orientação em relação à correta inserção destes animais no período de aclimatação (como a lenta e controlada substituição da água usada no transporte pela água que será utilizada no acondicionamento em laboratório) também garantiriam a qualidade das rãs-touro cogitada à utilização por grupos de ensino e pesquisa (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1974).

Tabela 3. Parâmetros de água sugeridos para a criação de rã-touro larval ou adulta para a finalidade de fornecimento para pesquisas científicas.

Parâmetros sugeridos para a qualidade da água

Temperatura	20 - 25 C
Dureza	150 - 250 mg/L
Amônia	< 0,2 mg/L
Nitratos e nitritos	< 0,3 mg/L
CO ₂	< 5 mg/L
Cl	Livre de
Cobre	Livre de
Fluoretos	< 1,5 mg/L
Metais pesados (Zn, Cu, Mg, Pb)	Livre de
Coliformes fecais	< 2.000 /dl
Coliformes totais	< 20.000/dl
Oxigênio	> 5 mg/L
pH	6,5 – 8,5

*Valores definidos pela National Research Council (1974) para os parâmetros físico-químicos para águas de criação de rã-touro na fase larval e adulta

Considerando a diversidade das pesquisas científicas e ausência de padronização para a comercialização de animais para fins de pesquisa, este tópico é apenas sugestivo, não sendo considerado um guia definitivo para a criação em cativeiro de rãs objetivadas à pesquisa e ensino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ranicultura é uma atividade que possui grandes potencialidades para crescer dentro do agronegócio brasileiro. No entanto, diversas dificuldades vêm retardando o seu desenvolvimento dentro da cultura nacional. Além dos

desafios econômicos relatados neste capítulo, a falta de incentivos governamentais e privados, a ausência de uma regulamentação adequada e o diálogo limitado entre as instituições de pesquisa e os produtores somente criam barreiras para que esta atividade possa ser alavancada dentro da aquicultura. Além disso, é preciso ampliar as fontes de acesso ao conhecimento para os produtores, especialmente no que diz respeito às pesquisas sobre as enfermidades dos anfíbios juntamente aos métodos de prevenção e tratamento adequado dos animais. Dessa forma, reforçamos a necessidade de uma ação integrada entre as diversas esferas nacionais a fim de proporcionar melhores perspectivas para a ranicultura brasileira.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, F. C. et al. The impact of cadmium chloride on the gonadal morphology of the north american bullfrog tadpoles, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802). **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 22, n. 7 A, p. 1962–1966, 2013.

AFONSO, A. M. et al. Frog tail: A source of protein to feed the future. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 1, p. 112–123, 2017.

AGOSTINHO, C. A. et al. Time interval from ovulation to extrusion in female bullfrog in different photoperiods. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1625–1628, 2011.

ALMEIDA, A. P. F.; LOPEZ, F. G.; SEIXAS FILHO, J. T. Diagnóstico do produtor familiar: Desenvolvimento local pelo associativismo em ranicultura no município de Itaguaí no estado do Rio de Janeiro. **Semioses**, v. 11, n. 2, p. 17–27, 2017.

ALMEIDA, A. C.; RISTOW, L. E.; BUELTA, T. T. M. Caracterização microbiológica e clínica de surtos de “red leg” em Minas Gerais e avaliação do efeito bactericida in vitro do Vantocil IB® para *Aeromonas hydrophila*. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 661–664, 2000.

ALTHERR, S.; GOYENECHEA, A.; SCHUBERT, D. Canapés to extinction - the international trade in frogs' legs and its ecological impact. In: **Pro Wildlife, Defenders of Wildlife and Animal Welfare Institute**. Munich: Animal Welfare Institute, 2011.

ALVES, A. X. et al. Daily frequency of water changes in flooded pens during initial bullfrog rearing. **Aquaculture**, v. 528, p. 735555, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735555>>.

- ANTONUCCI, A. M. et al. *Longibucca catesbeiana* (Nematoda; Cyathocorporidae) da rã-touro *Lithobates catesbeianus* (Anura: Amphibia) de rãs no estado de São Paulo, Brasil. **Neotropical Heminthology**, v. 6, n. 1, p. 75–83, 2012.
- ANTONUCCI, A. M. et al. Tracking viral particles in the intestinal contents of the American bullfrog, *Lithobates catesbeianus*, by transmission electron microscopy. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 2, p. 321–328, 2014.
- BAMBOZZI, A. C. et al. Efeito do fotoperíodo sobre o desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 1–7, 2004.
- BASTOS, A. **A pantofagia: ou as estranhas práticas alimentares na selva: estudo na região amazônica**. Brasília: Editora Nacional, 1987.
- BELUSSO, D.; HESPANHOL, A. N. A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. **Revista Percurso**, v. 2, n. 1, p. 25–51, 2010.
- BERNAGOZZI, M.; BIANUCCI, F.; SACCHETTI, R. Prevalence of *Aeromonas* spp. in surface waters. **Water Environment Research**, v. 67, n. 7, p. 1060–1064, 1995.
- BOTH, C. et al. Widespread occurrence of the American bullfrog, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae), in Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 6, n. 2, p. 127–134, 2011.
- BRAGA, L. G. T. et al. Nutritive value of some feeds for Bull-frog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) in growing phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 203–209, 1998.
- BRAGA, L. G. T.; LIMA, S. L. Influência da temperatura ambiente no desempenho da rã-touro, *Rana catesbeiana* (Shaw, 1802) na fase de recria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1659–1663, 2001.
- BRASIL. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/diariooficial-publica-decreto-do-novo-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria>>.
- BRENES, R. et al. Transmission of Ranavirus between ectothermic vertebrate hosts. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, p. 1–6, 2014.
- BROWNE, R. K. et al. Facility design and associated services for the study of amphibians. **ILAR Journal**, v. 48, n. 3, p. 188–202, 2007.
- BRUNNER, J. L. et al. Ranavirus infection dynamics and shedding in American

- bullfrogs: consequences for spread and detection in trade. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 135, n. 2, p. 135–150, 2019.
- BUCHANAN, R. L.; PALUMBO, S. A. *Aeromonas hydrophila* and *A. sobris* as potential food poisoning species: a review. **Journal of Food Safety**, v. 7, n. 1, p. 15–29, 1985.
- BURGGREN, W. W.; WARBURTON, S. Amphibians as animal models for laboratory research in physiology. **ILAR Journal**, v. 48, n. 3, p. 260–269, 2007.
- BYRNE, A. Q. et al. Cryptic diversity of a widespread global pathogen reveals expanded threats to amphibian conservation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 116, n. 41, p. 20382–20387, 2019.
- CAMPBELL GRANT, E. H.; MILLER, D. A. W.; MUTHS, E. A synthesis of evidence of drivers of amphibian declines. **Herpetologica**, v. 76, n. 2, p. 101–107, 2020.
- CANDIDO, M. et al. Genome analysis of *Ranavirus frog virus 3* isolated from American Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in South America. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–7, 2019.
- CARRARO, K. C. Ranicultura: Um bom negócio que contribui para a saúde. **Revista da FAE**, v. 11, n. 1, p. 111–118, 2008.
- CARVALHO, C. S. et al. Blood cell responses and metallothionein in the liver, kidney and muscles of bullfrog tadpoles, *Lithobates catesbeianus*, following exposure to different metals. **Environmental Pollution**, v. 221, p. 445–452, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.012>>.
- CARVER, S.; BELL, B. D.; WALDMAN, B. Does chytridiomycosis disrupt amphibian skin function? **Copeia**, v. 2010, n. 3, p. 487–495, 2010.
- CASALI, A. P. et al. Avaliação de rações comerciais nas fases de crescimento e terminação da recria de rã-touro. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 37–46, 2005.
- CASTRO, J. C.; PINTO, A. T. Qualidade da água em tanques de girinos de rã-touro, *Rana catesbeiana* Shaw, 1802, cultivados em diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1903–1911, 2000.
- CHINCHAR, V. G. Ranaviruses (family Iridoviridae): Emerging cold-blooded killers. **Archives of Virology**, v. 147, n. 3, p. 447–470, 2002.
- CHINCHAR, V. G.; WALTZEK, T. B.; SUBRAMANIAM, K. Ranaviruses and other members of the family Iridoviridae: Their place in the virosphere. **Virology**, v. 511, n. March, p. 259–271, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.virol.2017.06.007>>.

CLAYTOR, S. C. et al. Ranavirus phylogenomics: Signatures of recombination and inversions among bullfrog ranaculture isolates. **Virology**, v. 511, n. May, p. 330–343, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.virol.2017.07.028>>.

CORRÊA, C. F. et al. Caracterização e situação atual da cadeia de produção da piscicultura no Vale do Ribeira. **Informações Econômicas**, v. 38, n. 5, p. 30–36, 2008.

COSTA, G. O. et al. **Perfil dos consumidores alegrenses quanto à carne de rã. Anais do Congresso Brasileiro de Zootecnia**, 2017. <<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>>

CRIBB, A. Y.; AFONSO, A. M.; MOSTÉRIO, C. M. F. **Manual técnico de ranicultura. Embrapa, Brasília**, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Brasília, DF, 2013.

CRIBB, A. Y.; CARVALHO, L. T.; MENDONÇA, R. C. S. O consumo de carne de rã: Caracterização, tendências e perspectivas. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, p. 1–18, 2009.

DAL-MEDICO, S. E. et al. Negative impact of a cadmium concentration considered environmentally safe in Brazil on the cardiac performance of bullfrog tadpoles. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 104, n. 1, p. 168–174, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.03.003>>.

DALBY, A. **Food in the ancient world from A to Z**. Ed. Oxfordshire: Routledge, 2013.

DASZAK, P. et al. Experimental evidence that the bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potential carrier of chytridiomycosis, an emerging fungal disease of amphibians. **Herpetological Journal**, v. 14, n. 4, p. 201–207, 2004.

DEMARCHI, J. A. et al. Tadpole food consumption decreases with increasing *Batrachochytrium dendrobatidis* infection intensity. **Journal of Herpetology**, v. 49, n. 3, p. 395–398, 2015.

DENSMORE, C.; GREEN, D. Disease of Amphibians. **ILAR Journal**, v. 48, n. 3, p. 235–254, 2007.

DOUGLAS, S. I.; AMUZIE, C. C. Microbiological quality of *Hoplobatrachus occipitalis* (Amphibia, Anura) used as meat. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 6, p. 3192–3200, 2017.

DUFFUS, A. et al. Distribution and host range of ranaviruses. In: **Ranaviruses**. p. 9–57, 2015.

ESKEW, E. A. et al. American bullfrogs (*Lithobates catesbeianus*) resist infection by multiple isolates of *Batrachochytrium dendrobatidis*, including one implicated in wild mass mortality. **EcoHealth**, v. 12, n. 3, p. 513–518, 2015.

FAO (Food and Agriculture Organization). *Rana catesbeiana*. Cultured aquatic

species information programme. **FAO Fisheries and Aquaculture Department**, 2005. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Rana_catesbeiana/es>.

FEIX, R.; ABDALLAH, P.; FIGUEIREDO, M. Resultado econômico da criação de rã em regiões de clima temperado, Brasil. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 3, p. 70–80, 2006.

FERREIRA, C. M.; PIMENTA, A. G. C.; PAIVA NETO, J. S. Introdução à ranicultura. **Boletim Técnico do Instituto de Pesca**, v. 33, p. 1–15, 2002.

FITES, J. S. et al. The invasive chytrid fungus of amphibians paralyzes lymphocyte responses. **Science**, v. 342, n. October, p. 366–369, 2013.

FROST, D. **Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1. American Museum of Natural History, New York, USA**, 2021. Disponível em: <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>>.

FU, M.; WALDMAN, B. Major histocompatibility complex variation and the evolution of resistance to amphibian chytridiomycosis. **Immunogenetics**, v. 69, n. 8–9, p. 529–536, 2017.

FURTADO, A. A. Os mistérios e as delícias do patê de carne de rã. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, n. 61, p. 6–7, 2006.

GALLI, L. et al. Ranavirus detection by PCR in cultured tadpoles (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) from South America. **Aquaculture**, v. 257, n. 1–4, p. 78–82, 2006.

GAVIÃO, E. N. **Análise de mercado: potencial da comercialização da carne de rã (*Lithobates catesbeianus*), na fronteira oeste**. Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, 2016.

GIOVANELLI, J. G. R.; HADDAD, C. F. B.; ALEXANDRINO, J. Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. **Biological Invasions**, v. 10, n. 5, p. 585–590, 2008.

GONÇALVES, A. A.; OTTA, M. C. M. Aproveitamento da carne da carcaça de rã-touro gigante no desenvolvimento de hambúrguer. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 3, n. 2, p. 7–15, 2008.

GREEN, D. E.; GRAY, M. J.; MILLER, D. L. Disease monitoring and biosecurity. **Amphibia Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques**, p. 481–505, 2009.

GUIMARÃES, H. M. B.; MARTINS, M. A. Avaliação da resposta da *Rana catesbeiana* frente às variações ambientais: determinação das condições ideais de manutenção em biotério e da resposta aos poluentes aquáticos. **Universidade de São Paulo, São Paulo**, 1999.

HAYASHI, C. et al. Desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*, Shaw, 1802) cultivados em diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 14–20, 2004.

HIPOLITO, M.; BACH, E. E. Patologias em rã-touro (*Rana catesbeiana*, Shaw, 1802). Primeira revisão da bibliografia brasileira. **Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo**, v. 69, n. 2, p. 113–120, 2002.

HIPOLITO, M.; MARTINS, A. M. C. R. P. F.; BACH, E. E. Aspectos bioquímicos em fígado de rãs-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) sadias e doentes. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, n. 2, p. 147–153, 2004.

HOLANDA, E. et al. Ocorrência de *Aeromonas* sp em Tilápias (*Oreochromis* spp). Belo Horizonte, MG, 1998. **ENCONTRO DE PESQUISA DA ESCOLA DE VETERINÁRIA, UFMG**, v. 16, p. 70, 1998.

HOPKINS, W. A. Amphibians as models for studying environmental change. **ILAR Journal**, v. 48, n. 3, p. 270–277, 2007.

HOVERMAN, J. T.; GRAY, M. J.; MILLER, D. L. Anuran susceptibilities to ranaviruses: Role of species identity, exposure route, and a novel virus isolate. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 89, n. 2, p. 97–107, 2010.

JENKINSON, T. S. et al. Amphibian-killing chytrid in Brazil comprises both locally endemic and globally expanding populations. **Molecular Ecology**, v. 25, n. 13, p. 2978–2996, 2016.

JONES-COSTA, M. et al. Cardiac biomarkers as sensitive tools to evaluate the impact of xenobiotics on amphibians: the effects of anionic surfactant linear alkylbenzene sulfonate (LAS). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 151, n. October 2017, p. 184–190, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.022>>.

JØRGENSEN, C. B. Robert Townson's observations on amphibian water economy revived. **Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology**, v. 109, n. 2, p. 325–334, 1994.

LAMBERTINI, C. et al. Patógenos letais de anfíbios no Brasil: ameaça à biodiversidade. In: **Herpetologia Brasileira Contemporânea**. p. 85–93, 2021.

LATNEY, L. V.; KLAPHAKE, E. Selected emerging diseases of amphibia. **Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 2, p. 283–301, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cvex.2013.01.005>>.

LEIRA, M. H. et al. Principais infecções bacterianas na criação de peixes de água doce do Brasil - uma revisão. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v. 3, n. 1, p. 044–059, 2016.

LIMA, S.; CRUZ, T.; MOURA, A. Ranicultura: Análise da cadeia produtiva. In: **Ed. Folha de Viçosa**. p. 172, 1999.

- LIMA, S. L. Situação atual e perspectivas da ranicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 15, p. 32–34, 2005.
- LIMA, S. L.; CASALI, A. P.; AGOSTINHO, C. A. Desempenho zootécnico e percentual de consumo de alimento de rã-touro (*Rana catesbeiana*) na fase de recria (pós-metamorfose) do sistema anfigranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 505–511, 2003.
- LONGCORE, J. E.; PESSIER, A. P.; NICHOLS, D. K. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. **Mycologia**, v. 91, n. 2, p. 219–227, 1999.
- LONGO, A. D. Manual de Ranicultura: uma nova opção de pecuária. **1. ed. Rio de Janeiro: Ediouro do campo**, 1987.
- MANSANO, C. F. M. et al. Amino acid digestibility of protein and energy ingredients of plant origin in bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100413, 2020.
- MARTIN, R. E. Other aquatic life of economic significance: frogs and frog legs. In: **Marine and Freshwater Products Handbook**. Lancaster: Technomic Publishing Co. p. 279–288, 2000.
- MAZZONI, R. et al. Mass mortality associated with a frog virus 3-like Ranavirus infection in farmed tadpoles *Rana catesbeiana* from Brazil. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 86, n. 3, p. 181–191, 2009.
- MILLER, D.; GRAY, M.; STORFER, A. Ecopathology of ranaviruses infecting amphibians. **Viruses**, v. 3, n. 11, p. 2351–2373, 2011.
- MILLER, D. L. et al. Concurrent infection with *Ranavirus*, *Batrachochytrium dendrobatidis*, and *Aeromonas* in a captive anuran colony. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 39, n. 3, p. 445–449, 2008.
- MOREIRA, C. R. **Análise econômica da ranicultura: viabilidade individual e integrada de operações**. Instituto de Pesca, São Paulo, 2011.
- MOREIRA, C. R.; HENRIQUES, M. B.; FERREIRA, C. M. Frog farms as proposed in agribusiness aquaculture: Economic viability based in feed conversion. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, n. 4, p. 389–399, 2013.
- MOSTÉRIO, C. M. F.; MAZZONI, R.; HIPÓLITO, M. Principais patologias de anfíbios em criadouros comerciais. In: **Patologia e Sanidade em Ambientes Aquáticos**. p. 115–135, 2014.
- NAGUIB, M.; REID, L. Amphibians: common conditions seen in practice. **Companion Animal**, v. 21, n. 2, p. 109–117, 2016.
- NASCIMENTO, L. S. et al. Rendimento de carcaça de machos e fêmeas da rã-

touro em diferentes sistemas de recria e em fase reprodutiva. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, p. 102–109, 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Amphibians: Guidelines for the Breeding, Care and Management of Laboratory Animals**. Washington, DC: The National Academies Press, 1974.

O'HANLON, S. J. et al. Recent Asian origin of chytrid fungi causing global amphibian declines. **Science**, v. 360, n. 6389, p. 621–627, 2018.

O'ROURKE, D. P.; ROSENBAUM, M. D. **Biology and diseases of amphibians**. Laboratory Animal Medicine. Third Edit ed., Elsevier Inc. p. 931-965, 2015.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS Test No. 231: Amphibian Metamorphosis Assay. p. 1–33, 2009.

OIE - World's Organization for Animal Health. OIE-listed diseases, infections and infestations in force in 2021. **Electronic Database accessible at <https://www.oie.int/en/what-we-do/animal-health-and-welfare/animal-diseases/>**, 2021.

OLIVEIRA, C. R. et al. Detection and molecular characterization of *Frog virus 3* in bullfrogs from frog farms in Brazil. **Aquaculture**, v. 516, p. 734575, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734575>>.

OLIVEIRA, C. R. de et al. Hepatic effects of the clomazone herbicide in both its free form and associated with chitosan-alginate nanoparticles in bullfrog tadpoles. **Chemosphere**, v. 149, p. 304–313, 2016.

OLIVEIRA, E. G. Ranicultura: novos desafios e perspectivas do mercado. **Ciência Animal**, v. 25, n. 1, p. 173–186, 2015.

OLIVEIRA, L. et al. Frog meat in special diets: Potential for use as a functional food. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, p. 99–106, 2017.

OLSON, D. H. et al. Global patterns of the fungal pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* support conservation urgency. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, n. July, p. 774, 2021.

OLVERA-NOVOA, M. A.; ONTIVEROS-ESCUZIA, V. M.; FLORES-NAVA, A. Optimum protein level for growth in juvenile bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). **Aquaculture**, v. 266, n. 1–4, p. 191–199, 2007.

OSSANA, N. A.; CASTAÑÉ, P. M.; SALIBIÁN, A. Use of *Lithobates catesbeianus* tadpoles in a multiple biomarker approach for the assessment of water quality of the Reconquista River (Argentina). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 65, n. 3, p. 486–497, 2013.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: O**

desafio é crescer. Brasília, DF, 2008.

PAHOR-FILHO, E. et al. The most frequently bullfrog productive systems used in Brazilian aquaculture: A review. **Aquacultural Engineering**, v. 87, n. September, p. 102023, 2019.

PASTERIS, S. E. et al. In vitro inhibition of *Citrobacter freundii*, a red-leg syndrome associated pathogen in raniculture, by indigenous *Lactococcus lactis* CRL 1584. **Veterinary Microbiology**, v. 151, n. 3–4, p. 336–344, 2011.

PASTERIS, S. E.; BÜHLER, M. I.; NADER-MACÍAS, M. E. Microbiological and histological studies of farmed-bullfrog (*Rana catesbeiana*) tissues displaying red-leg syndrome. **Aquaculture**, v. 251, n. 1, p. 11–18, 2006.

PEREIRA, M. M. et al. Nutrient deposition in bullfrogs during the fattening phase. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 2, p. 305–318, 2015.

PESSIER, A. P. et al. Cutaneous chytridiomycosis in poison dart frogs (*Dendrobates* spp.) and White's tree frogs (*Litoria caerulea*). **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 11, n. 2, p. 194–199, 1999.

PESSIER, A. P. Hopping Over Red Leg: The Metamorphosis of Amphibian Pathology. **Veterinary Pathology**, v. 54, n. 3, p. 355–357, 2017.

PICCO, A. M.; KARAM, A. P.; COLLINS, J. P. Pathogen host switching in commercial trade with management recommendations. **EcoHealth**, v. 7, n. 2, p. 252–256, 2010.

PINTO-VIDAL, F. A. et al. Metabolic, immunologic, and histopathologic responses on premetamorphic American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) following exposure to lithium and selenium. **Environmental Pollution**, v. 270, p. 116086, 2021a.

PINTO-VIDAL, F. A. et al. Metamorphic acceleration following the exposure to lithium and selenium on American bullfrog tadpoles (*Lithobates catesbeianus*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 207, n. September 2020, p. 111101, 2021b.

PRICE, S. J. et al. Collapse of amphibian communities due to an introduced ranavirus. **Current Biology**, v. 24, n. 21, p. 2586–2591, 2014.

PRICE, S. J. et al. From fish to frogs and beyond: Impact and host range of emergent ranaviruses. **Virology**, v. 511, n. March, p. 272–279, 2017.

QUINN, P. Q. et al. Clinical veterinary microbiology. **4 ed. London: Wolfe**, p. 648p., 1994.

RAFIDAH, J.; ONG, B. L.; SAROJA, S. Outbreak of “red leg” - an *Aeromonas hydrophila* infection in frogs. **Jurnal Veterinar Malaysia**, v. 2, n. 2, p. 139–142, 1990.

- RAMOS, E. M. et al. Effect of stunning methods on the differentiation of frozen-thawed bullfrog meat based on the assay of β -hydroxyacyl-CoA-dehydrogenase. **Food Chemistry**, v. 87, n. 4, p. 607–611, 2004.
- RIBEIRO, L. P. et al. Bullfrog farms release virulent zoospores of the frog-killing fungus into the natural environment. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–10, 2019.
- RISSOLI, R. Z. et al. Effects of glyphosate and the glyphosate based herbicides Roundup Original® and Roundup Transorb® on respiratory morphophysiology of bullfrog tadpoles. **Chemosphere**, v. 156, p. 37–44, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.083>>.
- RODRIGUES, C. A. G. et al. Áreas potenciais para a criação de rã-touro gigante *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) na região Sudeste do Brasil. **Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, p. 38, 2010.
- RODRIGUES, E. et al. Frog meat microbiota (*Lithobates catesbeianus*) used in infant food. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 1, p. 51–54, 2014.
- ROSSI JR, O. D.; FILHO, A. N.; AMARAL, L. A. Occurrence of *Aeromonas* species in commercial cattle meat in Jaboticabal, São Paulo, Brazil, and a comparison study of isolation media. **Ars Veterinária**, v. 2, n. 1, p. 69–73, 1996.
- RUGGERI, J. et al. Discovery of wild amphibians infected with Ranavirus in Brazil. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 55, n. 4, p. 897–902, 2019.
- SALLA, R. F. et al. Cardiac adaptations of bullfrog tadpoles in response to chytrid infection. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology**, v. 323, n. 7, p. 487–496, 2015.
- SALLA, R. F. et al. Impact of an environmental relevant concentration of 17 α -ethinylestradiol on the cardiac function of bullfrog tadpoles. **Chemosphere**, v. 144, p. 1862–1868, 2016.
- SALLA, R. F. et al. Novel findings on the impact of chytridiomycosis on the cardiac function of anurans: sensitive vs. tolerant species. **PeerJ**, v. 2018, n. 11, p. 1–23, 2018.
- SALLA, R. F. et al. Differential liver histopathological responses to amphibian chytrid infection. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 142, p. 177–187, 2020.
- SANTOS, R. C. et al. High prevalence and low intensity of infection by *Batrachochytrium dendrobatidis* in rainforest bullfrog populations in Southern Brazil. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 15, n. 1, p. 118–130, 2020.

- SCHEELE, B. C. et al. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. **Science**, v. 363, p. 1459–1463, 2019.
- SCHLOEGEL, L. M. et al. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1420–1426, 2009.
- SCHLOEGEL, L. M. et al. The North American bullfrog as a reservoir for the spread of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Brazil. **Animal Conservation**, v. 13, p. 53–61, 2010.
- SCHOCK, D. M. et al. Experimental evidence that amphibian ranaviruses are multi-host pathogens. **Copeia**, v. 2008, n. 1, p. 133–143, 2008.
- SEIXAS FILHO, J. T. et al. Histopathological alterations in bullfrog tadpoles fed commercial diets with three levels of crude protein. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2085–2089, 2008.
- SEIXAS FILHO, J. T. et al. Histopathological alterations in bullfrog juveniles fed commercial rations of different crude protein levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2306–2310, 2009.
- SEIXAS FILHO, J. T. et al. Production of flour made from bullfrog's meat and bone. **Food Science and Technology**, v. 2061, p. 1–6, 2020.
- SEIXAS FILHO, J. T.; PEREIRA, M. M.; MELLO, S. C. R. P. **Manual de ranicultura para o produtor**. HP Comunicação Editora, Rio de Janeiro.
- SEWELL, D.; GRIFFITHS, R. A. Can a single amphibian species be a good biodiversity indicator? **Diversity**, v. 1, n. 2, p. 102–117, 2009.
- SILVA, G. R. et al. Considerações sobre as principais doenças emergente em rãs touro americana (*Lithobates catesbeianus*) em sistemas de criação intensivo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Jandaia-GO**, v. 17, n. 34, p. 125, 2020.
- SILVA, P. B. et al. Criação de rã: estudo de viabilidade econômica para implantação de ranário na região de Mogi Mirim/SP-2009. **UNIVERSITAS**, v. 3, p. 97–119, 2013.
- SMITH, S. A.; STOSKOPF, M. K. The art of amphibian science. **ILAR Journal**, v. 48, n. 3, p. 179–182, 2007.
- SOUSA, R. G. C.; MALTAROLO, R. C. Distribuição geográfica e caracterização da produção de rã-touro *Lithobates catesbeianus* no estado de Rondônia (Brasil). **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 6, n. 1, p. 45–53, 2019.
- STEFANI, M. V. **Alimentação e nutrição. Ciclo de palestras sobre**

ranicultura do Instituto de Pesca. p. 49, 2001.

TEIXEIRA, R.; MELLO, S.; SANTOS, C; et al. **The world market for frog legs**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, GLOBEFISH: New York, 2001.

VALENCIA-AGUILAR, A.; CORTÉS-GÓMEZ, A. M.; RUIZ-AGUDELO, C. A. Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management**, v. 9, n. 3, p. 257–272, 2013.

VIEIRA, M. I. Rã-touro gigante: características e reprodução. **INFOTEC**. 4 ed., 1993.

VOYLES, J. et al. Electrolyte depletion and osmotic imbalance in amphibians with chytridiomycosis. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 77, n. 2, p. 113–118, 2007.

VOYLES, J. et al. Pathogenesis of chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. **Science**, v. 326, p. 582–585, 2009.

YADAV, A. S. et al. Isolation of iatrogenic *Aeromonas* from fish. **Indian Journal of Veterinary Research**, v. 5, n. 1, p. 45–48, 1996.