Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

VARIAÇÃO DAS ATIVIDADES DE FOSFOMONOHIDROLASES E LPS-DESFOSFORILASE HEPÁTICAS EM GIRINOS DE RÃ-TOURO (*LITHOBATES CATESBEIANUS*) DURANTE A METAMORFOSE

VARIATION OF HEPATIC PHOSPHOMONOHYDROLASE AND LPS-DEPHOSPHORYLASE ACTIVITIES IN BULLFROG TADPOLES (LITHOBATES CATESBEIANUS) DURING METAMORPHOSIS

Caroline Carla Santana[I]
Gabriella Cavazzini Pavarina[II]
Rafael Rodrigues Colosio [III]
Adriano Marques Gonçalves[IV]
Luiz Flávio José dos Santos[V]

RESUMO

Este estudo investigou a variação das atividades de fosfatase ácida (FAc), fosfatase alcalina (FAl) e LPS-desfosforilase hepáticas em girinos de *Lithobates catesbeianus* durante os estádios de metamorfose. Ocorreu um aumento na atividade da FAc, atingindo o máximo de 111,29 U.mg^{-1} no estádio 46, correlacionando-se com a perda de massa corporal e hepática, o que indica seu papel crucial na apoptose e autofagia para reciclagem de nutrientes durante o jejum metamórfico. A atividade da FAl diminuiu gradualmente, refletindo a redução na detoxificação de metabólitos dietéticos. Contudo, a atividade de LPS-desfosforilase, função específica da FAl, apresentou uma tendência de aumento (de 3,94 para 5,15 U.mg^{-1}), sugerindo um mecanismo hepatoprotetor adaptativo. Este aumento está provavelmente associado à maior carga de LPS derivada da transição da microbiota intestinal para bactérias Gram-negativas durante a mudança para a dieta carnívora adulta, funcionando como uma defesa crucial em um período de supressão imunológica.

Palavras-chave: fosfatase alcalina; fosfatase ácida; detoxificação hepática.

ABSTRACT

This study investigated the variation in acid phosphatase (ACp), alkaline phosphatase (ALp), and hepatic LPS-dephosphorylase activities in Lithobates catesbeianus tadpoles during metamorphosis. There was an increase in ACp activity, reaching a maximum of 111.29 U.mg^{-1} at stage 46, correlating with the loss of body and liver mass, indicating its crucial role in apoptosis and autophagy for nutrient replenishment during metamorphic starvation. ACp activity gradually decreased, reflecting the reduced detoxification of dietary metabolites. However, LPS-dephosphorylase activity, a specific function of ACp, showed an increasing trend (from 3.94 to 5.15 U.mg^{-1}), indicating an adaptive hepatoprotective mechanism. This increase is likely associated with the increased LPS load derived from the transition of the gut

[I] Doutora, FCAV - Unesp – Jaboticabal, santanacc@yahoo.com.
[II] Mestra, FCAV - Unesp – Jaboticabal, gc.pavarina@unesp.br.
[III] Doutor, FCAV - Unesp – Jaboticabal, rafacolozio@gmail.com.mail.
[IV] Doutor, Universidade de Araraquara – UNIARA, adrianogoncalves.bio@gmail.com.
[V] Doutor, Centro Paula Souza - Fatec - Ribeirão Preto, luiz.santos02@cpsc.sp.gov.br .

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

microbiota to Gram-negative bacteria during a shift to an adult carnivorous diet, functioning as a crucial defense during a period of immune suppression.

Keywords: alkaline phosphatase; acid phosphatase; liver detoxification.

Data de submissão do artigo: 11/09/2025.
Data de aprovação do artigo para edição de 2026: 23/04/2026.
Data de publicação do artigo: 01/08/2026
DOI: https://doi.org/10.52138/citec.v18i01.484

1 INTRODUÇÃO

Os anfíbios anuros, grupo mais diversificado da classe, são organismos particularmente sensíveis a alterações ambientais devido ao seu ciclo de vida, que inclui uma fase larval aquática (girino) e uma fase adulta terrestre. Essa característica, somada às suas necessidades ecológicas específicas, os tornam excelentes bioindicadores da saúde ambiental (Pough; Janis; Heiser, 2008). Nas últimas décadas, a população global de anfíbios tem sofrido um declínio acentuado e preocupante, com diversas espécies enfrentando extinção ou ameaça (Stuart *et al.*, 2004). Esse fenômeno é atribuído a um conjunto de fatores antrópicos, incluindo destruição de habitats, introdução de espécies exóticas, poluição química de solos e corpos d'água e aumento da radiação ultravioleta-B (Duellman; Trueb, 1994).

A metamorfose representa fase crucial no desenvolvimento dos anfíbios, um período temporal relativamente curto durante o qual ocorre profunda modificação morfológica, fisiológica e bioquímica, controlada principalmente por hormônios tireoidianos (Pough; Janis; Heiser, 2008). Essas transformações preparam o organismo para a transição do ambiente aquático para o terrestre e incluem a reabsorção da cauda, remodelação do trato gastrointestinal, diversificação do aparato bucal, alterações no sistema imunológico – que tornam o animal mais susceptível, nessa fase, a doenças – e uma mudança fundamental no metabolismo hepático, nomeadamente a transição da excreção de amônia (amoniotelismo) para a excreção de ureia (ureotelismo) na maioria das espécies (Gonçalves *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2016; Colosio *et al.*, 2024; Santana *et al.*, 2025).

O fígado se destaca como órgão central nesse processo, para além das suas funções, no processamento, armazenamento e distribuição de nutrientes, síntese de proteínas plasmáticas e detoxificação (Guyton; Hall, 2002; Nelson; Cox, 2011), o fígado sofre profundas alterações bioquímicas durante a metamorfose. Essas incluem a indução das enzimas do ciclo da ureia, aumento na síntese de albumina e ceruloplasmina, e modificações ultra estruturais em organelas, como retículo endoplasmático e mitocôndrias (Tata, 1971, 1999; Dauça *et al.*, 1983). Dada a sua multifuncionalidade, disfunções hepáticas durante esse período crítico podem comprometer severamente o desenvolvimento e a obtenção de imagos (jovens) saudáveis.

Nesse contexto, as fosfomonohidrolases hepáticas, particularmente as fosfatases ácida (FAc) e alcalina (FAl), assumem um papel de destaque como biomarcadores funcionais. A fosfatase ácida, predominantemente localizada nos lisossomos (cerca de 70-80% da atividade total), é um marcador clássico da atividade dessas organelas e está associada a processos de renovação celular, apoptose e digestão intracelular (Junqueira; Carneiro, 2004; Santana *et al.*, 2025). Espera-se que sua atividade aumente durante o clímax metamórfico, refletindo uma maior renovação celular e reaproveitamento de nutrientes em um período onde a alimentação exógena cessa. Por outro lado, a fosfatase alcalina é uma enzima de membrana, homodimérica

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

e dependente de íons metálicos (Zn^{2+}, Mg^{2+}) para sua atividade (Pizauro, 1998; Gonçalves *et al.*, 2021). Tradicionalmente estudada como uma fosfomonohidrolase inespecífica, evidências recentes destacam seu papel crucial na detoxificação, particularmente na hidrólise e inativação do lipopolissacarídeo (LPS), potente endotoxina da membrana de bactérias Gram-negativas (Álvaro *et al.*, 2000; Pavarina *et al.*, 2025). A FAl remove grupos fosfato do LPS (atuando como uma LPS-desfosforilase), reduzindo significativamente sua toxicidade. Considerando que o fígado é o principal órgão responsável pela depuração de endotoxinas da circulação (Hori *et al.*, 1998), a atividade de FAl/LPS-desfosforilase pode ser um mecanismo hepatoprotetor.

Apesar da reconhecida importância do fígado e do estresse fisiológico inerente à metamorfose, há uma escassez de informações sobre a variação e o papel específico dessas fosfomonohidrolases em anfíbios durante esse período crítico. Portanto, o presente estudo teve o objetivo de analisar as atividades das fosfatases ácida e alcalina e da atividade de LPS-desfosforilase obtidas de fígado de girinos de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) durante a metamorfose.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Os experimentos foram realizados no setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) e no Laboratório de Enzimologia Aplicada (FCAV/UNESP), Câmpus de Jaboticabal-SP.

2.1 Animais experimentais e classificação por estádio

Todos os procedimentos com animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da FCAV (Protocolo nº 011552/13).

Girinos de *L. catesbeianus* foram mantidos em tanques (densidade: 1 girino/2 L de água) a 27°C e alimentados *ad libitum* três vezes ao dia com ração comercial para peixes (40% PB). Os girinos foram classificados semanalmente de acordo com os estádios da metamorfose (42 a 46) conforme a tabela de Gosner (1960) (figura 1), que se baseia em critérios morfológicos. A metamorfose propriamente dita (estádios 42–46) envolve o desenvolvimento dos membros anteriores, absorção da cauda e reestruturação da mandíbula. Adicionalmente, utilizou-se a classificação de Etkin (1968), que divide o desenvolvimento em fases baseadas em níveis hormonais: pré-metamorfose (est. 1–30), pró-metamorfose (est. 31–41) e clímax metamórfico (est. 42–45, subdividido em inicial, médio e tardio).

Figura 1 – Tabela de Gosner (1960), utilizada para classificar os girinos em estádios de desenvolvimento de 42 ao 46



Fonte: Gosner, 1960 (adaptação própria), 2025

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

2.2 Obtenção dos extratos enzimáticos

Para cada estádio metamórfico (42 a 46), trinta girinos foram anestesiados em gelo e sacrificados por guilhotina (Czesnik *et al.*, 2006), os fígados foram coletados, pesados, congelados em nitrogênio líquido e armazenados a -70°C. Para minimizar variações individuais 10 fígados foram agrupados em "pools", cada agrupamento foi considerado como amostra, gerando assim três amostras por estádio. O tecido foi homogeneizado em homogeneizador Turrax (OMNI, modelo GLH-2511) com tampão TRIS.HCl 5 mM (pH 7,5) contendo $MgCl_2$ 2 mM e $ZnCl_2$ 1 µM, na proporção de 1 g de tecido para10 mL de tampão. O homogeneizado foi centrifugado a 10.000xg por 10 min a 4°C. O sobrenadante foi filtrado em lã de vidro, aliquotado, congelado em nitrogênio líquido e armazenado a -70°C para análises posteriores.

2.3 Determinação das atividades enzimáticas

- Atividade *p*-nitrofenilfosfatásica (*p*-NFFásica): A atividade das fosfatases ácida e alcalina foi determinada por método espectrofotométrico, medindo a liberação de *p*-nitrofenol (*p*-NF) a 410 nm (ε = 17.600 M^{-1} cm^{-1} em pH 13) a partir do substrato *p*-nitrofenil fosfato (*p*-NFF) 5 mM. A reação foi realizada a 37°C em pH ótimo, previamente estabelecido para cada enzima, em volume final de 1 mL. A reação foi iniciada pela adição de 80 µL de extrato e interrompida com 1 mL de NaOH 1 M. As determinações foram feitas em triplicata, garantindo hidrólise <5% para assegurar velocidade inicial constante. Uma unidade de atividade ($U.mg^{-1}$) foi definida como a quantidade de enzima que libera 1 nmol de *p*-NP por minuto por mg de proteína.
- Atividade de LPS-desfosforilase: A atividade de desfosforilação do lipopolissacarídeo (LPS) pela fosfatase alcalina foi determinada pela quantificação do fosfato inorgânico (Pi) liberado. A reação foi conduzida a 37°C em tampão TRIS.HCl 50 mM (pH 7,4) contendo $MgCl_2$ 1 mM, $ZnCl_2$ 20 µM e LPS 2 mg/mL. A reação foi interrompida com TCA 50% (100 µL), seguida de centrifugação a 10.000xg por 2 min. O Pi liberado foi dosado pelo método do fosfomolibdato, conforme descrito por Pizauro *et al.* (1993), medindo a absorbância a 355 nm. Uma unidade de atividade ($U.mg^{-1}$) foi definida como a quantidade de enzima que libera 1 nmol de Pi por minuto por mg de proteína.

2.4 Dosagem de proteína

A concentração de proteína dos extratos foi determinada pelo método de Hartree (1972), utilizando soroalbumina bovina como padrão.

2.5 Análise estatística

Os dados de atividade enzimática de cada estádio foram expressos como média e submetidos à análise de variância (ANOVA one-way). Quando significativa ($p < 0,05$), as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

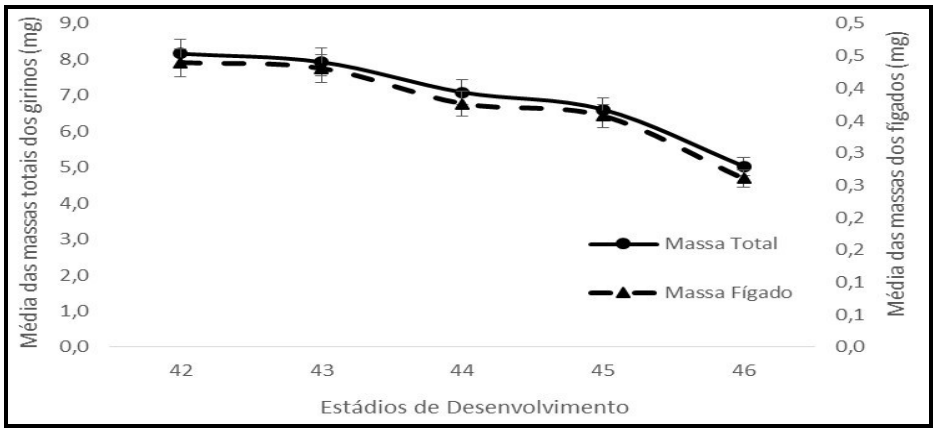
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo monitorou as variações das atividades enzimáticas hepáticas em girinos de *L. catesbeianus* ao longo dos estádios de metamorfose. Observou-se uma redução progressiva

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

tanto na massa corporal total quanto na massa do fígado (Gráfico 1), fenômeno associado a interrupção da alimentação exógena durante o clímax metamórfico. Nessa fase, a energia é redirecionada endogenamente para a remodelação de estruturas adultas (como membros e mandíbula) e a regressão de estruturas larvais (como a cauda) (McDiarmid; Altig, 1999; Santos *et al.*, 2016).

Gráfico 1 – Média das massas totais (linha cheia) e massas dos fígados (linha tracejada) dos girinos de rã-touro durante a metamorfose



Fonte: elaboração própria (2025)

A atividade da fosfatase ácida aumentou significativamente durante a metamorfose atingindo o máximo (111,29 U.mg^{-1}) no estádio 46 (Gráfico 2; Tabela 1). Esse aumento está intimamente correlacionado com a perda de massa corporal e hepática e coincide com a regressão da cauda (Gonçalves *et al.*, 2015). Tais achados sugerem um papel crucial da FAc nos processos de morte celular programada (apoptose) e autofagia, induzidos por hormônios tireoidianos, que são essenciais para a remodelação tecidual. A enzima facilita a reutilização de nutrientes através da hidrólise de macromoléculas fosfatadas em organelas e células que estão sendo degradadas, um mecanismo vital em um período de privação de alimento (Saad *et al.*, 2009).

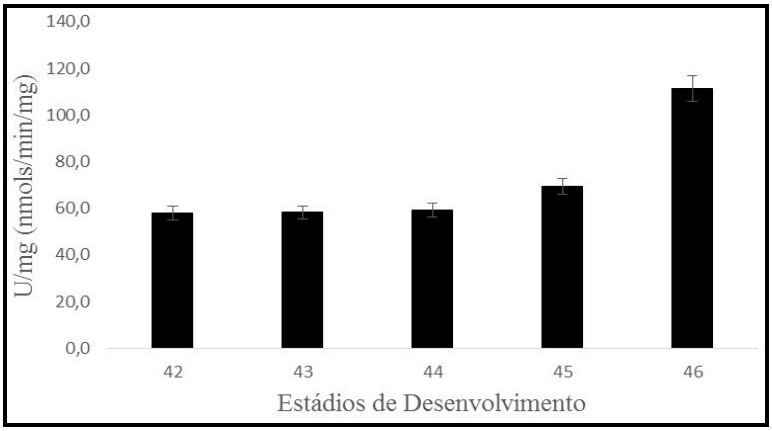
Tabela 1 - Médias das atividades (U.mg^{-1}) das fosfatases ácida e alcalina hepáticas de *L. catesbeianus* durante a metamorfose

Médias das atividades			
	Fosfatase ácida	Fosfatase alcalina	
Estádios de Desenvolvimento	*p*-nitrofenilfosfatásica	*p*-nitrofenilfosfatásica	LPS-desfosforilase
42	58,02^{AB}	86,49	3,94
43	58,24^{AB}	83,21	4,02
44	59,21^{AB}	67,79	4,12
45	69,39^{AB}	67,69	4,61
46	111,29^{A}	65,92	5,15
CV%	21,06	24,46	22,95

Fonte: elaboração própria (2025)
Nota: Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey (P<0,05). CV: Coeficiente de Variação

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

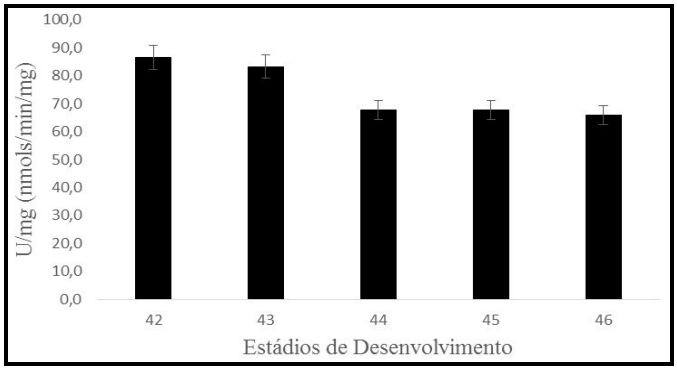
Gráfico 2 – Atividade *p*-nitrofenilfosfatásica da fosfatase ácida, presente em fígado de girinos de rã-touro durante a metamorfose



Fonte: elaboração própria (2025)

Em contraste, a atividade da fosfatase alcalina (FAl), diminuiu gradualmente dos estádios 42 (86,49 $U.mg^{-1}$) para 46 (65,92 $U.mg^{-1}$) (Gráfico 3; Tabela 1), embora sem diferença estatisticamente significativa. Essa tendência de declínio pode estar relacionada à redução na geração de metabólitos secundários derivados da dieta, uma vez que a alimentação cessa. No entanto, a manutenção de uma atividade basal sustenta sua função contínua no metabolismo de compostos fosforilados endógenos liberados durante a reorganização tecidual (De Duve, 1983; Nelson e Cox, 2011).

Gráfico 3 – Atividade *p*-nitrofenilfosfatásica da fosfatase alcalina, presente em fígado de girinos de rã-touro durante a metamorfose



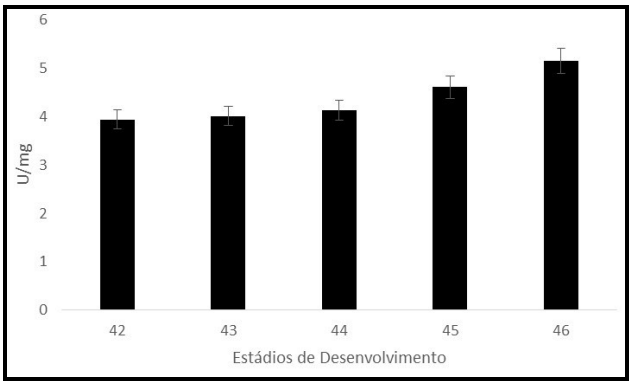
Fonte: elaboração própria (2025)

Um dos achados mais significativos desse estudo foi a tendência de aumento da atividade de LPS-desfosforilase da FAl (Gráfico 4; Tabela 1), que passou de 3,94 $U.mg^{-1}$ no estádio 42 para 5,15 $U.mg^{-1}$ no estádio 46. Essa ação da enzima catalisa a desfosforilação do lipopolissacarídeo (LPS), uma potente endotoxina de bactérias Gram-negativas, tornando-o menos tóxico (Santana *et al.*, 2025). Esse aumento coincide com mudanças documentadas na microbiota intestinal durante a metamorfose, onde há uma transição de uma comunidade dominada por bactérias Gram-positivas (associadas à dieta herbívora larval) para uma dominada por Gram-negativas (associadas à dieta carnívora adulta) (Kohl *et al.*, 2013). O concomitante aumento na carga potencial de LPS, somado à supressão temporária do sistema imunológico durante a metamorfose para evitar autoimunidade (Rollins-Smith, 1998), cria uma vulnerabilidade à inflamação sistêmica. Portanto, o aumento da atividade de LPS-desfosforilase representa um crucial mecanismo de defesa hepatoprotetor, detoxificando o

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

LPS e mitigando o risco de uma resposta inflamatória prejudicial durante essa fase crítica (Poelstra *et al.*, 1997; Tuin *et al.*, 2006).

Gráfico 4 – Atividade de LPS-desfosforilase da fosfatase alcalina hepática de girinos de rã-touro durante a metamorfose



Fonte: elaboração própria (2025)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fosfomonohidrolases hepáticas exibem padrões distintos e funcionalmente adaptativos durante a metamorfose da rã-touro. O aumento da atividade da fosfatase ácida está diretamente envolvido na reciclagem de nutrientes a partir da degradação de tecidos, sustentando o organismo durante o período de jejum. A fosfatase alcalina, por sua vez, demonstra um duplo papel: sua atividade hidrolítica geral diminui em resposta à menor demanda por detoxificação de metabólitos dietéticos, enquanto sua atividade específica de LPS-desfosforilase aumenta. Esse aumento é uma adaptação bioquímica essencial para neutralizar a maior carga de endotoxinas derivada da mudança na microbiota intestinal, funcionando como um mecanismo de proteção vital em um período de supressão imune e profunda reorganização fisiológica.

REFERÊNCIAS

ÁLVARO, D.; BENEDETTI, A.; MARUCCI, L.; MONACHE, M. D.; MONTERUBBIANESE, R.; COSIMO, E.; PEREGO, L.; MACARRI, G.; GLASER, S.; SAGE. G.; ALPINI, G. The function of alkaline phosphatase in the liver: regulation of intrahepatic biliary epithelium secretory activities in the rat. **Hepatology**, v. 32, n. 2, p. 174-184, 2000.

COLOSIO, R.R.; SANTOS, L. F. J.; GONÇALVES, A.M.; SANTANA, C.C.; PAVARINA, G.C.; PIZAURO, J.M.; Enzymatic activity of bone markers on *Lithobates catesbeianus* growth during the ossification process. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e251970, 2024.

CZESNIK, D.; KUDUZ, J.; SCHILD D.; MANZINI, I. ATP activates both receptor and sustentacular supporting cells in the olfactory epithelium of *Xenopus laevis* tadpoles. **European Journal of Neuroscience**, v. 23, p. 119-128, 2006.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

DAUÇA, M.; CALVERT, R.; MENARD, D.; HUGON, J. S.; HOURDRY, J. Developmental of peroxisomes in amphibians. III. Study on liver, kidney, and intestine during thyroxineinduced metamorphosis. **The Journal of Experimental Zoology**, v. 227, p. 413-422, 1983.

DE DUVE, C. Lysosomes revisited. **Europe Journal Biochemistry**, v. 137, p. 391-397, 1983.

DELLMANN, H. D.; BROWN, E. M. **Histologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982. 397 p.

DODD, M. H. I.; DODD, J. M. The biology of metamorphosis. In: LOFTS, B. (Ed.). **Physiology of the amphibian**. New York: Academic Press, 1976. v. 3, p. 467-599.

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. **Biology of amphibians**. New York: McGraw-Hill, 1994. 672 p.

GONÇALVES, A. M.; SANTOS, L. F. J.; SANTANA, C. C.; COLOSIO, R. R.; PIZAURO, J. M. Tail phosphatases activity: a study during growth and metamorphosis of *Lithobates catesbeianus*. **Copeia**, n. 2, 2015.

GONÇALVES, Adriano Marques; SANTANA, Caroline Carla; SANTOS, Luiz Flávio José dos; COLOSIO, Rafael Rodrigues; BALBUENA, Tiago Santana; e PIZAUREO, João Martins. Identification and characterization of acid and alkaline phosphatases and protein phosphatases in *L. catesbeianus* tail during metamorphosis. **Biologia**, v. 76, p. 3521-3531, 2021. DOI: 10.1007/s11756-021-00877-9.

GOSNER, K. L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. **Herpetologica**, v. 16, p. 183-190, 1960.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002. 972 p.

HARTREE, E. F. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. **Analytical Biochemistry**, v. 48, p. 422-427, 1972.

HORI, Y.; TAKEYAMA, Y.; UEDA, T.; NISHIKAWA, J.; YAMAMOTO, M.; SAITOH, Y. Impaired transport of lipopolysaccharide across the hepatocytes in rats with cerulein-induced experimental pancreatitis. **Pancreas**, v. 6, p. 148-153, 1998.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Órgãos associados ao trato digestivo. In: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO. **Histologia básica**. 10. ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2004. Cap. 16, p. 324-334, 2004.

KOHL, K. D.; CARY, T. L.; KARASOV, W. H.; DEARING, M. D. Restructuring of the amphibian gut microbiota through metamorphosis. **Environmental Microbiology Reports**, v. 5, n. 6, p. 899-903, 2013.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

McDIARMID, R. W.; ALTIG, R. **Tadpoles**: the biology of anuran larvae. Chicago: University of Chicago Press, 1999. 458 p.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 1273 p.

NEUMANN, H. Substrate selectivity in the action of alkaline and acid phosphatases. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 243, n. 18, p. 4671-4676, 1968.

NISHIKAWA, A; HAYASHI, H. Isoform transition of contractile proteins related to muscle remodeling with an axial gradient during metamorphosis in *Xenopus laevis*. **Developmental Biology**, v. 165, p. 86-94, 1994.

PAVARINA, Gabriella Cavazzini; FERNANDEZ ALARCON, Miguel Frederico; SANTANA, Caroline Carla; SANTOS, Luiz Flávio José dos; FURLAN, Renato Luis; PIZAURUO JUNIOR, Joao Martins. Avaliação da fosfatase alcalina intestinal de frangos de corte alimentados com probióticos e/ou óleos essenciais. *In:* FRONTEIRAS da tecnologia: explorando o futuro da ciência e da inovação. Ponta Grossa: Atena Edição de Livros, [s.d.]. cap.2. 2025. DOI: 10.22533/at.ed.782122512082.

PIZAURO, J. M. **Fosfatase alcalina de placas ósseas**: características cinéticas da enzima solubilizada com fosfolipase C de *B. thurigiensis.* 1993. 91 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1993.

PIZAURO, J. M.; DEMENIS, M. A.; CIANCAGLINI, P.; LEONE, F. A. Kinetic characterization of a membrane-specific ATPase from rat osseous plate and its possible significance on endochondral ossification. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1368, p. 108-114, 1998.

POELSTRA, K.; BAKKER, W. W.; KLOK, P. A.; KAMPS, J. A. A. M.; HARDONK, M. J.; MEIJER, D. K. F. Dephosphorylation of endotoxin by alkaline phosphatase in vivo. **American Journal of Pathology**, v. 151, n. 4. p. 1163-1169, 1997.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. Salamandras, anuros e cecílias. In: POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B.. **A vida dos vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. cap. 10, p. 220-263.

ROLLINS-SMITH, L. A. Metamorphosis and the amphibian immune system. **Immunology Reviews**, v. 166, p. 221-230, 1998.

SAAD, A. H.; AZIZ, A. A.; YEHIA, I.; EL-GHAREEB, A. W.; ISMAIL, H. Programmed cell death in the liver of different species of anuran amphibians during metamorphosis. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, n. 4, p. 4644-4655, 2009.

SANTANA, Caroline Carla; PAVARINA, Gabriella Cavazzini; COLOSIO, Rafael Rodrigues; NEIRA, Ligia Maria; GONÇALVES, Adriano Marques; SANTOS, Luiz Flávio José dos; PIZAURTO JUNIOR, Joao Martins. *Estudo de padronização das atividades de*

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

fosfatases e LPS-desfosforilase presentes em fígado de girinos de rã-touro (Lithobates catesbeianus). **Anais...** 2025. DOI: 10.46898/autopub.87c60bf2-e993-4e41-b475-814c3f6975a3. Publicado em 6 de setembro de 2025, às 20:16:51.

SANTOS, Luiz Flávio José dos; OLIVEIRA-BAHIA, Verônica Regina Lobato de; NAKAGHI, Laura Satiko Okada; STEFANI, Marta Verardino de Stefani; GONÇALVES, Adriano Marques; PIZAURO JUNIOR, João Martins. Ontogeny of the Digestive Enzymes of Tadpoles of *Lithobates catesbeianus*. ***Copeia***, v. 104, n. 4, p. 838–842, 2016.

STUART, S. N.; CHANSON, J. S.; COX, N. A.; YOUNG, B. E.; RODRIGUES, A. S. L.; FISCHMAN, D. L.; WALLER, R. W. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. **Science**, v. 306, p. 1783-1786, 2004.

TATA, J. R. Protein synthesis during amphibian metamorphosis. **Current Topics in Developmental Biology**, v. 6, n. 6, p. 79-110, 1971.

TATA, J. R. Amphibian metamorphosis as a model for studying the developmental actions of thyroid hormone. **Biochimie**, v. 81, p. 359-366, 1999.

TUIN, A.; VLAG, A. H.; LOENEN-WEEMAES, A. M. A.; MEIJER, D. K. F.; POELSTRA, K. On the role and fate of LPS-dephosphorylating activity in the rat liver. **American Journal of Physiology**: Gastrointestinal and Liver Physiology, v. 290, p. 377-385, 2006.

WILBUR, H. M. Competition, predation, and the structure of the *Ambystoma-Rana sylvatica* community. **Ecology**, v. 53, n. 1, p. 3-21, 1972.