



AVALIAÇÃO DA GLICEMIA DE TILÁPIAS SUBMETIDAS AO ESTRESSE DE HIPÓXIA E MANEJO DURANTE A BIOMETRIA

Raquel **Schmutzler**¹; Márcia Mayumi **Ishikawa**²; Julio Ferraz de **Queiroz**³; Alfredo José Barreto **Luiz**⁴; Vitor **Levanteza**⁵; Vera Lucia Scherholz de **Castro**⁶; Claudio Martin **Jonsson**⁷

Nº 25408

RESUMO – Em sistemas de produção aquícola, os peixes são frequentemente expostos a estressores relacionados ao manejo, os quais podem comprometer seu desempenho zootécnico e saúde. Dessa forma, a padronização de ferramentas práticas e acessíveis para o monitoramento sanitário é fundamental. Este estudo teve como objetivo avaliar a glicemia como biomarcador de estresse em peixes submetidos à hipóxia e ao manejo para biometria. Foram utilizados três peixes, mantidos individualmente em aquários com 300 litros de água em sistema de recirculação, aclimatados por dois dias. Após a aclimação, os animais foram anestesiados com benzocaína e submetidos à primeira coleta sanguínea, realizada por punção do vaso caudal. Em seguida, permaneceram fora da água por cerca de cinco minutos para o procedimento de biometria. Posteriormente, foram anestesiados novamente por três minutos e, então, submetidos à hipóxia por mais cinco minutos, quando foi realizada a segunda coleta de sangue. O protocolo foi repetido com os três indivíduos. As concentrações de glicose foram aferidas com tiras reagentes e glicosímetro Accu-Check Performa®, com cinco repetições por coleta. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias. Houve aumento significativo nos níveis de glicemia, superior a 50%, após a exposição ao estresse, indicando a sensibilidade do parâmetro como biomarcador fisiológico. Conclui-se que a glicemia é um indicador eficiente de estresse em peixes submetidos à hipóxia e ao manejo. Recomenda-se a utilização de pelo menos três indivíduos e duas replicatas para avaliações confiáveis.

Palavras-chaves: biomarcador de estresse, monitoramento fisiológico, resposta glicêmica, *Oreochromis niloticus*

1 Autora, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Medicina Veterinária, UniFaj, Jaguariúna-SP; kelschumtzler@gmail.com

2 Colaboradora, Pesquisadora na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; marcia.ishikawa@embrapa.br

3 Colaborador, Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; julio.queiroz@embrapa.br

4 Colaborador, Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; alfredo.luiz@embrapa.br

5 Colaborador, Bolsista Treinamento Técnico 3 Fapesp: Biólogo, Unicamp, Campinas-SP, vitoroliveiralevanteza@gmail.com

6 Colaboradora, Pesquisadora na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; vera-lucia.castro@embrapa.br

7 Orientador: Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; claudio.jonsson@embrapa.br



ABSTRACT – *In aquaculture production systems, fish are frequently exposed to stressors associated with handling, which can impair their zootechnical performance and health. Therefore, the standardization of practical and accessible tools for health monitoring is essential. This study aimed to evaluate blood glucose levels as a biomarker of stress in fish subjected to hypoxia and handling for biometric procedures. Three fish were used, each kept individually in 300-liter tanks equipped with a water recirculation system and acclimated for two days. After acclimation, the animals were anesthetized with benzocaine, and the first blood sample was collected via caudal vessel puncture. Each fish was then kept out of water for approximately five minutes for biometric handling. Subsequently, they were anesthetized again for three minutes and subjected to hypoxia for an additional five minutes, at which point the second blood sample was collected. The protocol was repeated for all three individuals. Glucose concentrations were measured using test strips and an Accu-Chek Performa® glucometer, with five repetitions per sampling. Data were analyzed using ANOVA and a mean comparison test. A significant increase in blood glucose levels—over 50%—was observed after stress exposure, indicating the parameter's sensitivity as a physiological biomarker. It is concluded that blood glucose is an effective indicator of stress in fish subjected to hypoxia and handling. For reliable assessments, the use of at least three individuals and two replicates is recommended.*

Keywords: Stress biomarker, physiological monitoring, glycemic response, *Oreochromis niloticus*

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura tem se consolidado como uma importante atividade econômica no Brasil, com destaque para o cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*), espécie que apresenta características favoráveis à criação intensiva. Em 2024, a produção nacional de peixes cultivados registrou um aumento de 9,21% em relação ao ano anterior, impulsionada principalmente pelo crescimento de 14,36% na produção de tilápias (Peixe BR, 2025). Esse desempenho é atribuído à rusticidade da espécie, sua resistência a doenças, capacidade de adaptação a diferentes faixas de temperatura e à viabilidade de cultivo em ambientes de água doce, salobra e até salgada (Orsi, 2024).

A tilápia tem se tornado uma das espécies mais relevantes da aquicultura mundial. Seu sucesso está relacionado não apenas à facilidade de manejo, mas também à sua fisiologia adaptável, que permite suportar uma ampla gama de condições ambientais (El-Sayed, 2019). Contudo, como organismos aquáticos, as tilápias são sensíveis a variações nos parâmetros da água, especialmente



aos níveis de oxigênio dissolvido, que são fundamentais para os processos metabólicos e o desenvolvimento adequado (Boyd, 2015).

A redução da disponibilidade de oxigênio — conhecida como hipóxia — é uma das principais causas de estresse em peixes cultivados. Essa condição pode desencadear uma série de respostas fisiológicas, como aumento nos níveis de cortisol, alterações metabólicas e elevação da glicose sanguínea, comprometendo o crescimento, podendo causar danos teciduais e, em casos severos, levar à mortalidade (Barton, 2002; IWAMA et al., 2004).

Nesse contexto, os biomarcadores se destacam como ferramentas valiosas para o monitoramento da saúde dos peixes, permitindo detectar precocemente alterações provocadas por estressores ambientais (Hose et al., 1996). Dentre os biomarcadores utilizados, a glicemia tem se mostrado um indicador confiável para a avaliação do estresse, especialmente em situações de hipóxia, refletindo alterações no metabolismo energético dos peixes (Wendelaar Bonga, 1997).

Este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da hipóxia e do manejo dos peixes durante a biometria sobre os níveis glicêmicos em tilápias, destacando a relevância desse biomarcador no monitoramento de estresse em ambientes de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

O estudo foi conduzido no Laboratório de Aquicultura e Ecotoxicologia (LAE) da Embrapa Meio Ambiente, localizado no município de Jaguariúna, estado de São Paulo.

2.2. Delineamento experimental

O experimento foi composto por dois tratamentos (controle e estresse), três repetições e cinco réplicas por coleta. Os peixes foram submetidos a duas condições experimentais: ausência de estresse (grupo controle) e estresse agudo induzido por hipóxia associada à manipulação para biometria e anestesia. Cada repetição correspondeu a um peixe mantido em aquário individual. De cada peixe foram extraídas amostras de sangue submetidas cinco vezes à medição de glicose.

2.3. Animais e condições experimentais

Foram utilizadas três tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), provenientes de uma piscicultura previamente cadastrada no CEUA da Embrapa Meio Ambiente. Os peixes estavam mantidos nos

tanques de quarentena do LAE até o início do experimento. A seleção dos indivíduos foi realizada com base em peso e comprimento, visando à homogeneidade do grupo experimental.

Cada peixe foi alocado em um aquário de 300 litros, equipado com sistema de recirculação e oxigenação contínua. Os animais foram aclimatados por dois dias, sendo alimentados duas vezes ao dia (às 8h e às 16h). Durante o período de aclimação, os parâmetros físico-químicos da água, incluindo amônia, foram avaliados duas vezes por aquário, no primeiro e no segundo dia.

No dia da coleta, os peixes foram alimentados às 8h e às 10h, com o objetivo de minimizar interferências nos níveis glicêmicos. As coletas de sangue foram iniciadas às 14h.

2.4. Procedimentos experimentais: indução de estresse e coletas sanguíneas

Os peixes foram mantidos individualmente nos aquários descritos anteriormente. Inicialmente, cada tilápia foi removida com auxílio de puçás e transferida para um balde contendo água do próprio sistema, com benzocaína a 100 mg/L.

Após 5 a 6 minutos de imersão, atingido o estágio de anestesia profunda, foi realizada a primeira coleta sanguínea por punção do vaso caudal, coletando-se aproximadamente 0,5 mL de sangue com seringa de 3 mL contendo EDTA 6% como anticoagulante (Figura 1).



Figura 1. Coleta de sangue da tilápia por meio da punção do vaso caudal. **Foto:** Raquel Scmutzler.

Em seguida, realizou-se a biometria dos peixes (peso e comprimento), durante a qual os animais permaneceram fora da água por cerca de 5 minutos, sendo expostos simultaneamente ao estresse de hipóxia e à manipulação. Posteriormente, foram reintroduzidos na solução anestésica por mais 3 minutos e, então, submetidos novamente ao estresse de hipóxia por cerca de 5 minutos. A segunda coleta sanguínea foi realizada imediatamente após esse período, seguindo o mesmo protocolo da coleta inicial.



2.5. Determinação da glicemia

A concentração de glicose no plasma sanguíneo foi determinada utilizando um glicosímetro portátil Accu-Chek® e tiras reagentes específicas. Após cada coleta, o sangue foi analisado em cinco réplicas, conforme as instruções do fabricante. Os dados obtidos foram registrados para posterior análise estatística.

2.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida de teste de comparação de médias quando o modelo apresentou significância estatística. Com o intuito de verificar o número necessário de réplicas para detecção do efeito do estresse sobre os níveis de glicemia, os dados foram submetidos à mesma análise cinco vezes, primeiro só com o valor da primeira coleta, depois com a média das duas primeiras e assim por diante até usar a média das cinco medidas disponíveis. Para as análises, foi utilizada a rotina PROC GLM do programa estatístico SAS (2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos e da amônia aferidos nos dois dias foram semelhantes nos três aquários e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da água nos aquários experimentais durante o período de aclimação.

Data	Nº do Aquário	pH	OD (mg.l ⁻¹)	Condutividade (mS.cm ⁻¹)	Temperatura (°C)	Amônia Total (ppm)
22/05/2025	1	7,62	7,53	0,082	26,00	0
22/05/2025	2	7,47	8,38	0,082	25,65	0
22/05/2025	3	7,46	7,97	0,082	24,28	0
23/05/2025	1	7,39	6,87	0,081	25,07	0
23/05/2025	2	7,44	6,76	0,081	25,07	0
23/05/2025	3	7,38	6,65	0,081	25,12	0

O peso médio dos indivíduos foi 69,89 g, o comprimento total médio foi 15,60 cm e o comprimento padrão médio foi 12,70 cm. Os dados da biometria estão apresentados na Tabela 2.



Tabela 2. Dados biométricos dos peixes utilizados no experimento: peso, comprimento total e comprimento padrão.

Nº do peixe	Peso (g)	Comprimento total (cm)	Comprimento padrão (cm)
1	68,04	15,6	12,8
2	69,59	15,8	12,6
3	72,04	15,4	12,7
Média	69,89	15,60	12,70

Os valores médios de glicemia de cinco réplicas para cada um dos tratamentos, representados por duas coletas, uma antes do estresse (A) e outra depois do estresse (D), obtidos de cada uma das três repetições, representadas por uma tilápia cada, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Médias dos níveis de glicemia (mg.dl⁻¹) antes e após a indução ao estresse, com cinco réplicas por coleta.

Número da Amostra	Glicemia* (mg.dl ⁻¹)					
	1A	1D	2A	2D	3A	3D
1	40	78	47	59	44	61
2	37	82	47	60	46	60
3	40	82	46	63	46	66
4	42	79	44	62	45	64
5	42	80	44	65	47	65
média	40,20	80,20	45,60	61,80	45,60	63,20
DP	2,05	1,79	1,52	2,39	1,14	2,59

* Ordem das coletas: 1A = Primeira do peixe 1; 1D = Segunda do peixe 1; 2A = Primeira do peixe 2; 2D= Segunda do peixe 2; 3A = Primeira do peixe 3; 3D = Segunda do peixe 3.

A análise de variância demonstrou que o modelo testado foi significativo a 5% para qualquer número de réplicas utilizado. Na Tabela 4 estão expostos os valores da estatística F, produzida na análise de variância do modelo, assim como a probabilidade de encontrarmos um valor maior que esse (Prob. > F) na ausência de efeito dos tratamentos. Ou seja, o estresse provocado nos peixes afetou significativamente os níveis de glicemia no sangue das tilápias. Para identificar o limite de detecção das diferenças mínimas significativas (DMS) entre tratamentos, foi aplicado o teste de Tukey a 5%, cujos valores também estão apresentadas na Tabela 4.



Tabela 4. Resultados da análise estatística (ANOVA e Teste de Tukey a 5%) para diferentes números de réplicas na avaliação da glicemia sob estresse.

Número de Réplicas	F	Prob. > F	DMS	Média sem estresse	Média com estresse	Diferença entre médias de tratamentos
Só a primeira	12,33	0,0246	17,7	43,7	66,0	22,3
Duas primeiras	10,50	0,0317	19,8	43,5	66,7	23,2
Três primeiras	12,58	0,0239	19,0	43,7	67,9	24,2
Quatro Primeiras	14,22	0,0196	17,9	43,7	68,0	24,3
Todas as cinco	15,84	0,0164	17,2	43,8	68,4	24,6

No presente caso, mesmo com apenas uma réplica da medida de glicemia foi possível identificar o modelo como significativamente válido para explicar a variação encontrada entre as médias observadas nos tratamentos ‘sem’ e ‘com’ estresse. Isso pode ser observado na Tabela 4 ao se verificar que o valor da diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5% foi sempre menor que a diferença observada entre as médias dos tratamentos.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o estresse induzido pela hipóxia e pelo manejo de biometria resultou em um aumento significativo nos níveis de glicemia, superior a 50%, evidenciando a eficácia desse parâmetro como biomarcador fisiológico. Para assegurar a confiabilidade dos dados, recomenda-se a utilização de, no mínimo, três indivíduos experimentais e a realização de duas replicatas, de modo a mitigar perdas eventuais de amostras. As informações do presente trabalho auxiliam na execução de futuros estudos com tilápias onde a medida da glicemia seja um parâmetro a ser considerado.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida. Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo 2023/14504-2 .



6. REFERÊNCIAS

BARTON, B. A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative and Comparative Biology**, v. 42, n. 3, p. 517-525, Jul. 2002. DOI: 10.1093/icb/42.3.517.

BOYD, C. E. **Water quality: an introduction**. Cham: Springer, 2015. 440p. BOYD

EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. 2. ed. London: Academic Press, 2019. 358 p.

HOSE, J. E. et al. **Toxicological biomarkers: their development and validation for risk assessment**. **Biomarkers**, v. 1, n. 1, p. 5-15, 1996.

IWAMA, G. K. et al. Are hsps suitable for indicating stressed states in fish? **Journal of Experimental Biology**, v. 207, part 1, p. 15-19, Jan. 2004. DOI: 10.1242/jeb.00707.

ORSI, M. L. **Entrevista concedida à Associação Brasileira da Piscicultura**. Londrina: UEL, 2024.

CRUZ, M. Laboratório conquista prêmio de sustentabilidade. Londrina: **Agência UEL de Notícias**, 23 jul. 2025. Disponível em: https://www.uel.br/com/agenciaueldenoticias/index.php?arq=ARQ_not&id=26589. Acesso em: 23 jul. 2025.

PEIXE BR. **Anuário da piscicultura 2025**. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2025. 67p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/#>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT® 9.4 **User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2020.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v. 77, n. 3, p. 591-625, jul. 1997.