

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

ANA FLÁVIA MOREIRA

NÍVEIS DE GLICOSE PLASMÁTICA EM JUVENIS DE TILÁPIAS DO NILO  
ALIMENTADOS COM DIETA EXTRUSADA E SUPLEMENTADA COM XILANASE,  
 $\beta$ -GLUCANASE E  $\beta$ -MANANASE LÍQUIDA

Ponta Grossa

2023

ANA FLÁVIA MOREIRA

NÍVEIS DE GLICOSE PLASMÁTICA EM JUVENIS DE TILÁPIAS DO NILO  
ALIMENTADOS COM DIETA EXTRUSADA E SUPLEMENTADA COM XILANASE,  
 $\beta$ -GLUCANASE E  $\beta$ -MANANASE LÍQUIDA

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Orientação de Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área de Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya.

PONTA GROSSA

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por tantas bênçãos e oportunidades recebidas durante minha jornada acadêmica;

Gratidão a Santa Rita de Cássia das causas impossíveis a qual eu tenho muita fé e que sempre esteve presente em minha vida, guiando-me e ajudando a alcançar metas;

Aos meus pais, Maria Dilce Moreira e Renato Dos Santos Moreira, minhas bases que sempre têm conselho encorajador, apoio financeiro, sempre incentivando à nunca desistir e confiar em meu potencial para tornar-se uma profissional competente. Pessoas essenciais que contribuem para meu progresso acadêmico;

Ao meu sobrinho Guilherme Moreira Valadão pela parceria nesses anos todos de graduação, pelo apoio e amor;

À minha irmã e madrinha de batismo Silvana Dos Santos Moreira, mulher exemplo que me incentivou e ajudou inúmeras vezes, me proporcionando sempre as melhores condições apesar de inúmeras dificuldades;

Aos meus demais irmãos, agradeço por todas as ajudas, por serem meus alicerces;

Ao meu professor orientador Wilson Furuya, por me aceitar no grupo desde o início de minha graduação, pela paciência e dedicação em ajudar com trocas de experiências tendo competência e dominância nos assuntos tratados. Você foi mais que um orientador, foi meu professor amigo e conselheiro, te admiro muito, pois você me permitiu crescer e aprender diversos conteúdos;

Agradeço ao pessoal do grupo de estudos FishNutrition onde cultivei amizades desde então, formado por pessoas queridas as quais sempre recebi apoio, e a professora Valéria Furuya. Gratidão pela oportunidade de fazer parte do grupo;

À minha querida Thais Cruz, pessoa que desde minha chegada no grupo foi receptiva e me ajudou em tantos momentos, conversas, conselhos, chimarrão, mulher pela qual tenho grande admiração;

À todos os professores do setor de Zootecnia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, por todos os ensinamentos repassados e pelas contribuições profissionais e pessoais compartilhadas nesses anos de faculdade;

Agradeço também a todos os amigos (a) que conquistei durante essa etapa de suma importância em minha vida, Mylena Marochi, Eduarda Carneiro, Rúbia, Lucas Hass, Thais Leal, Emanuelle, Giovanna, Gabrielle Preisner, pessoas que acompanharam no decorrer de minha caminhada acadêmica tornando os dias mais alegres. Amizades que levarei comigo para o resto da vida;

Agradeço em especial a minha dupla de faculdade, Isabelle Stefanczak, amizade que me trouxe muitas trocas de experiências, conhecimentos, e principalmente parceria para todos os momentos;

À todos os colegas da Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG, seja os de dentro de sala, seja os de outras turmas;

Obrigada a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa;

Por fim, agradeço a Universidade Estadual de Ponta Grossa.

"Construí amigos, enfrentei derrotas, venci obstáculos, bati na porta da vida e disse-lhe: Não tenho medo de vivê-la."

Augusto Cury

## RESUMO

As enzimas podem ser divididas em dois grupos distintos, endógenas (amilase, protease, lipase), sintetizadas pelo próprio organismo e as exógenas, que não podem ser produzidas no organismo do animal (xilanase, glucanase, celulase, fitase). Dentre essas, as carboidrases possuem como principal função quebrar as complexas ligações das cadeias dos polissacarídeos não amiláceos (PNAs) da parede celular vegetal, liberando diversificadas substâncias, incluindo a glicose proveniente do metabolismo animal, uma fonte de energia. Com isso, o objetivo do presente estudo foi de avaliar os níveis de glicose plasmática em juvenis de tilápia do Nilo alimentados com dietas sem suplementação de enzimas e com adição de xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase. O experimento foi conduzido com 2 tratamentos e 2 repetições, onde foram selecionados 64 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio de 25 g, sendo 32 peixes por aquário, totalizando dois aquários de 90 litros em sistema de recirculação de água com aeração, aquecedor acoplado a termostato. Foi realizada coleta de sangue em 4 peixes por vez através da punção da veia caudal (0,1 ml por coleta), em intervalos distintos, após, foi aferida a glicose com auxílio de glicosímetro, em que a amostra sanguínea foi depositada na tira-teste e o monitor fez a leitura do nível de glicemia. A glicose sanguínea aferida no experimento obteve na dieta controle a estabilização da glicemia em 161 minutos, já na dieta com suplementação o pico de glicose foi em 145 minutos após a alimentação. Concluiu-se que a suplementação de xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase antecipou o pico de glicose em juvenis de tilápias do Nilo, demonstrando efeito sobre a degradação dos polissacarídeos não amiláceos (PNAs) e digestibilidade de nutrientes.

**Palavras-chave:** Aquicultura; Blend; Carboidrases; Glicose; Nutrição; Tilápia do Nilo.

## ABSTRACT

Enzymes can be divided into two distinct groups, endogenous (amylase, protease, lipase), synthesized by the organism itself, and exogenous, which cannot be produced in the animal's body (xylanase, glucanase, cellulase, phytase). Among these, carbohydrases have as their main function to break the complex bonds of the plant cell wall non-starch polysaccharide (NSP) chains, releasing diverse substances, including glucose from animal metabolism, a source of energy. Thus, the objective of the present study was to evaluate plasma glucose levels in juvenile Nile tilapia fed diets without enzyme supplementation and with the addition of xylanase,  $\beta$ -glucanase and  $\beta$ -mannanase. The experiment was conducted with 2 treatments and 2 repetitions, where 64 Nile tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*) with an average weight of 25 g were selected, 32 fish per tank, totalizing two 90-liter tanks in a recirculating water system with aeration, heater coupled with thermostat. Blood was collected from 4 fish at a time by puncturing the tail vein (0.1 ml per collection) at different intervals, after which the blood sample was deposited on a glucose meter and the monitor read the blood glucose level. The blood glucose measured in the experiment showed that in the control diet blood glucose stabilized in 161 minutes, while in the diet with supplementation the glucose peak was 145 minutes after feeding. It was concluded that the supplementation of xylanase,  $\beta$ -glucanase and  $\beta$ -mannanase anticipated the glucose peak in juvenile Nile tilapia, demonstrating an effect on the degradation of non-starch polysaccharides (NSP) and nutrient digestibility.

**Keywords:** Aquaculture; Blend; Carbohydrases; Glucose; Nutrition; Nile Tilapia.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1.</b> Medida do comprimento (cm) e do peso corporal (g) de exemplares de Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	17
<b>Figura 2.</b> Coleta de sangue.....	17
<b>Figura 3.</b> Glicosímetro portátil .....	18
<b>Figura 4.</b> Níveis de glicose sanguínea em função do tempo pós-prandial em juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas sem suplementação de enzimas.....	19
<b>Figura 5.</b> Níveis de glicose sanguínea em função do tempo pós-prandial em juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas suplementadas de mistura xilanase, $\beta$ -glucanase e $\beta$ -mananase .....	20

## LISTA DE TABELAS

	<b>pag.</b>
<b>Tabela 1.</b> Formulação e composição química das dietas experimentais.....	<b>15</b>
<b>Tabela 2.</b> Composição analisada da dieta basal.....	<b>16</b>
<b>Tabela 3.</b> Níveis de Glicose (mg/dL), em tilápias do Nilo em dietas com ou sem suplementação de enzimas .....	<b>18</b>

## SUMÁRIO

	pag.
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
2.1. Dietas experimentais.....	14
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>22</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A piscicultura é um dos ramos da produção animal que mais cresce mundialmente (PEIXE BR, 2023), sendo uma alternativa para a crescente demanda por alimentos saudáveis e de elevado valor nutricional. O Brasil se potencializa a cada ano na piscicultura de água doce devido à abundância de recursos hídricos e fatores climáticos que são positivos para a atividade, além do grande potencial de mercado, favorecendo assim pilares fundamentais a essa prática.

O peixe mais produzido no Brasil é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Tal espécie tem grande importância com 550.060 toneladas de peixes despescados em 2022 representando 63,93% do total nacional (PEIXE BR, 2023), com aumento na competitividade do peixe em relação às outras proteínas.

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é um peixe teleósteo pertencente à família *Cichlidae*, sendo originária do continente africano, mais precisamente da Bacia do Rio Nilo e devido a seu alto potencial para a aquicultura, tiveram sua distribuição expandida. Apresenta fácil reprodução, carne branca de excelente qualidade, ótimo valor de mercado, baixos custos de produção e obtenção de alevinos com boa conversão alimentar (KUBITZA, 2000; DELPOZO et al., 2017).

Destaca-se como peixe de potencial para aquicultura principalmente quanto a qualidade da carne com excelentes características organolépticas de filé, também, por adequar-se à indústria de filetagem, devido à ausência de espinhos musculares em “Y”, dessa forma, grande aceitação no mercado consumidor.

As dietas para peixes onívoros, como as tilápias, são formuladas com níveis elevados de ingredientes de origem vegetal, necessitando de estratégias para maximizar a digestão e absorção de nutrientes, como a utilização de enzimas exógenas. Essas não são sintetizadas pelo organismo (BRITO et al., 2006), sendo produzidas industrialmente através de fermentação de fungos, bactérias e leveduras. A utilização dessas pode resultar em melhora na digestão dos alimentos e aumento da absorção de nutrientes, bem como melhora o desempenho produtivo e redução no custo da ração (LIMA et al., 2007).

Enzimas em geral são proteínas globulares com ação em catalisadores biológicos, aumentando assim a velocidade das reações, sem elas mesmas serem

alteradas (CHAMPE & HARVERY, 1989). São utilizadas na nutrição animal como aditivos alimentares devido as atividades catalíticas, obtendo bons resultados nos índices de crescimento e desenvolvimento dos peixes (GOMES et al. 2019).

Podem ser adicionadas de forma unitária ou na forma de misturas denominadas “blends” (quando as enzimas são provenientes de espécies diferentes) ou complexos (quando todas as enzimas presentes têm uma mesma origem) (GOMES et al.,2016). Ao adicionar enzimas em forma de complexos ou blends há simultaneamente atuação das enzimas, onde cada uma tem ação em seu substrato específico, possibilitando maior disponibilidade de nutrientes para os peixes (OLIVEIRA et al., 2007).

A utilização de enzimas, em especial as carboidrases, vem se acentuando. O principal fator para utilização de carboidrases nas dietas dos peixes é a diminuição da viscosidade da digesta, causada pelos polissacarídeos não-amiláceos (PNA), além de diminuir o grau de polimerização dos alimentos e liberar oligômeros dos carboidratos, facilitando o aproveitamento dos nutrientes, que estão aprisionados nessas complexas estruturas (Vahjen et al. 2007).

Algumas carboidrases que podem ser adicionadas na dieta são a xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase. A xilanase faz a hidrólise do xilano em xilose e oligossacarídeos (Adeola e Cowieson, 2011). A função principal da xilanase em dietas para animais monogástricos é a de hidrolisar os PNAs. Estes, fazem parte da parede celular de diversos vegetais, são polissacarídeos estruturais, a composição e a concentração desses variam em função da espécie, cultivar e idade da planta (MEURER & HAYASHI, 2003). Diversos polissacarídeos são caracterizados como PNAs, alguns exemplos são a celulose, hemicelulose, arabinoxilanos,  $\beta$ glucanos, pectinas e ligninas (MEURER & HAYASHI, 2003; BRITO et al., 2008).

A presença de PNAs na nutrição resulta em efeitos de baixa conversão alimentar e dificuldade no ganho de peso, redução da digestibilidade dos nutrientes, alteração na velocidade de passagem dos alimentos pelo trato gastrintestinal, diminuição dos níveis séricos de glicose e colesterol (Bedford, 1995) comprometendo o desempenho animal.

Outra carboidrase é a  $\beta$ -glucanase que atua hidrolisando principalmente os  $\beta$ -glucanos em polímeros menores. É produzida a partir de microrganismos

geneticamente modificados, incluindo *Aspergillus spp.*, *Bacillus sp.* e *Trichoderma sp.* (Yin et al., 2000). Em rações para peixes é comum a adição da  $\beta$ -glucanase junto com outras enzimas, formando um composto enzimático, podendo resultar em maior absorção de nutrientes (TACHIBANA et al, 2010).

Também tem-se a  $\beta$ -mananase, esta, promove a hidrólise aleatória das ligações  $\beta$ -1,4-manano, da cadeia principal dos polímeros de manano (STALBRAND et al., 1993;. DE VRIES e VISSER, 2001). Ao agir, promove rápida redução na viscosidade de soluções de polissacarídeos, incrementando a acessibilidade dos polímeros a outras enzimas.

A suplementação de carboidrases pode aumentar a utilização dos nutrientes e da energia, visto que PNAs reduzem a capacidade de absorção dos nutrientes pela falta de acesso das enzimas endógenas aos substratos para digestão. As carboidrases podem ser uma alternativa para a nutrição de peixes porque quebra essas barreiras e melhora a utilização dos nutrientes (Adeola e Cowieson, 2011).

Sabe-se que o sangue é um dos principais fluidos de transporte em muitos grupos animais, e entre os diversos compostos que circulam no sangue, a glicose se apresenta como fonte de energia principal do organismo. Sendo carregada pela circulação, a glicose é levada para as células para ser usada como fonte energética (SANTOS, et al. 2017). A glicose do sangue pode originar-se de fontes dietéticas, mobilização do glicogênio originário da polimerização do excesso de glicose e da gliconeogênese a partir do lactato, aminoácidos e glicerol (DA SILVEIRA, 2009).

Em peixes, o método mais comum de mensuração da glicose é por meio do método laboratorial, que tem ação do reagente na glicose da amostra, gerando um subproduto. Esse subproduto, em que a quantidade é proporcional à glicose da amostra, é lido no espectrofotômetro, que através de uma fonte de luz consegue reconhecer a quantidade do subproduto. Entretanto, essa técnica tem altos custos, já que necessita de um espectrofotômetro e de kits laboratoriais, além do cuidado com a refrigeração e armazenamento do material biológico (DE OLIVEIRA, 2021).

Como alternativa de simplificar a medição da glicemia de amostras de sangue surgiu os Medidores Automáticos de glicose sanguínea (Self-monitoring of blood glucose, SMBG) ou comumente conhecidos como glicosímetro. Podem ser utilizados para a aferição da glicose sanguínea em diversos grupos animais (Coura et al.,

2020; Dos Santos Buzzi, 2013), incluindo peixes. Os medidores portáteis de glicose surgiram por volta da década de 70, usados para monitoramento da glicemia sanguínea em pacientes humanos diabéticos.

Embora tenha sido desenvolvido para humanos, estes equipamentos estão sendo utilizados para determinação de glicose em várias espécies de vertebrados (GOMES, Alessandra et al. 2017). É um aparelho com fácil acesso, manuseio e necessita de pouca quantidade de amostra, além disso, praticidade, facilidade de manuseio e agilidade na obtenção do resultado.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar os níveis de glicose plasmática em juvenis de tilápia do Nilo alimentados com dietas sem suplementação de enzimas e com adição de carboidrases xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram previamente submetidos e aprovados para execução pelo Comitê de Conduta Ética sobre Uso de Animais em Experimentação (Protocolo N° 22.000024303-53).

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Ponta Grossa-PR. Foram selecionados 64 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio de 25 g, com 32 peixes por caixa, sendo dois aquários de 90 litros, com aeração de forma a manter o oxigênio dissolvido entre 6,0 a 6,5 mg/L, aquecedor acoplado a termostato para manter a temperatura entre 27,8 a 28 °C e mantidos em sistema de recirculação de água. Os peixes foram alimentados por um período de 10 dias antes do início do experimento com ração comercial. Após, foram distribuídos em dois aquários experimentais. Em seguida, 4 peixes por vez foram capturados e anestesiados para coleta de sangue em intervalos de 0, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas e 16 horas, compreendendo um período total de 16 horas. Em relação as dietas, tem-se o grupo controle, sem enzima (15 g de óleo por 500 g de ração) e o grupo teste com enzimas xilanase,  $\beta$ -Glucanase e  $\beta$ -Mananase (15 g de óleo por 500 g de ração + 0,1 g + 0,335 g das respectivas enzimas).

### 2.1 DIETAS EXPERIMENTAIS

Para o preparo das rações, empregaram-se ingredientes cuja composição e características nutricionais encontram-se nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Para a alimentação dos peixes, foram utilizados dois aquários quadrados, com capacidade de 90 L. Esses possuíam sistema de recirculação contínua de água, com filtro físico-biológico e temperatura controlada por meio de aquecedor com um termostato.

Os juvenis foram alimentados por um período de 10 dias antes do início do experimento com ração comercial, seguindo as recomendações propostas pelo NRC (2011) para o atendimento das exigências nutricionais de juvenis de tilápia do Nilo, conforme a Tabela 1. Em experimento, o arraçoamento foi realizado em intervalos

de 0, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas e 16 horas, compreendendo um período total de 16 horas. A composição dos aminoácidos essenciais e não essenciais encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Formulação e composição química das dietas experimentais (g kg<sup>-1</sup> matéria seca).

Ingredientes	g kg <sup>-1</sup>
Arroz quebrado <sup>a</sup>	80
Grãos de soja <sup>b</sup>	440
Farinha <sup>c</sup>	150
Farelo de trigo	100
Milho <sup>b</sup>	165
Óleo de soja <sup>d</sup>	20
Amido de milho <sup>e</sup>	20
Metionina <sup>f</sup>	2
L-lisina <sup>f</sup>	3
Fosfato dicálcico <sup>g</sup>	10
Minerais e vitaminas <sup>h</sup>	8
Inerte (Silica) <sup>i</sup>	1
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>j</sup>	1

<sup>a</sup> Armazém São Vitor, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>b</sup> Bunge, Ponta Grossa, PR, Brasil.

<sup>c</sup> BRF, Toledo, PR, Brasil.

<sup>d</sup> Coamo, PR, Brasil.

<sup>e</sup> Yoki, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil.

<sup>f</sup> Ajinomoto Animal Nutrition Division, SP, Brasil.

<sup>g</sup> Sarfos, Goiás, Brasil.

<sup>h</sup> Pré-mistura (Composição por quilograma de ração (UI ou mg kg<sup>-1</sup> de dieta): vitamina A (acetato de retinol), 6,000 IU; vitamina D3, (coleciferol), 1,000 IU; vitamina E (DI-a-acetato de tocoferol), 60 mg; vitamina K3 (menadiona Na-bissulfato), 12 mg; vitamina B1(tiamina HCl), 24 mg; vitamina B2 (riboflavina), 24 mg; vitamina B6 (piridoxina HCl), 20 mg; vitamina B12 (cianocobalamina), 0.05 mg. Ácido fólico, 6 mg; D- pantotenato de cálcio, 60 mg; ácido ascórbico (polifosfato de ascórbilo), 350 mg; D-biotina, 0.24 mg; cloreto de colina, 800 mg; miacina, 120 mg; sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O.7H<sub>2</sub>O), 50 mg; sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), 3 mg; sulfato de manganês (MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O), 20 mg; zinco sulfato (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), 30 mg; iodeto de potássio (KI), 0.4 mg, sulfato de cobalto (CoSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O). 0.25 mg; selenito de sódio (NazSeO<sub>3</sub>). = 0.1 mg. BHT, 200 mg; propionato de cálcio. 1000mg.

<sup>i</sup> Merck Company. Alemanha.

<sup>j</sup> Sygma-Aldrich Brasil Ltda, 99.5°. São Paulo. SP. Brasil.

Tabela 2. Composição analisada da dieta basal (g kg<sup>-1</sup> base de matéria seca)

Itens	g kg <sup>-1</sup>
Matéria seca	932.1
Energia bruta (MJ/kg-")	18.98
Proteína bruta	311.2
Fibra bruta	38.24
Lipídio bruto	31.40
Cinzas	64.3
Aminoácidos	
Aminoácido essencial	
Arginina	1.910
Histidina	0.811
Isoleucina	1.149
Leucina	2.536
Lisina	1.796
Metionina	0.582
Fenilalanina	1.620
Treonina	1.409
Triptofano	0.366
Valina	1.687
Aminoácido não essencial	
Alanina	1.722
Ácido aspártico	2.829
Cisteína	0.511
Glutamina	4.756
Glicina	1.892
Prolina	0.000
Serina	1.807
Tirosina	0.944

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os animais do experimento apresentaram comprimento médio de 120 cm e peso corporal médio de 25 g (Figura 1).

**Figura 1.** Medida do comprimento (cm) e do peso corporal (g) de exemplares de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).



**Fonte:** A autora.

Foi realizada coleta de sangue de cada indivíduo. Toda a manipulação dos animais, como a coleta de sangue, foi realizada após anestesia com 100mg/L de eugenol. Em seguida, o sangue foi coletado por punção da veia caudal (0,1 ml por coleta), utilizando-se seringa de 1ml previamente heparinizada (Figura 2).

**Figura 2.** Coleta de sangue.



**Fonte:** A autora.

Após a coleta de sangue, foi aferida a glicose com auxílio de um glicosímetro dividido em duas partes: tira-teste e monitor. A tira-teste é onde a amostra sanguínea vai ser depositada e o monitor irá fazer a leitura e revelar o nível de glicemia. Foi utilizado o glicosímetro portátil denominado FreeStyle Freedom Lite (Figura 3).

(Figura 3). Glicosímetro portátil.



Fonte: A autora.

Valores de glicose plasmática sanguínea em função do tempo pós-prandial em juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas sem ou com suplementação de mistura de xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase (Tabela 3).

**Tabela 3.** Níveis de Glicose (mg/dL), em tilápias do Nilo em dietas com ou sem suplementação.

Tempo (min.)	Dieta	
	Controle	XBM <sup>1</sup>
0	28,0 ± 6,1	26,5 ± 4,1
30	24,0 ± 7,1	27,0 ± 7,8
60	37,0 ± 7,9	54,0 ± 5,3
120	63,0 ± 9,1	47,0 ± 6,1
240	46,0 ± 2,2	43,0 ± 2,4

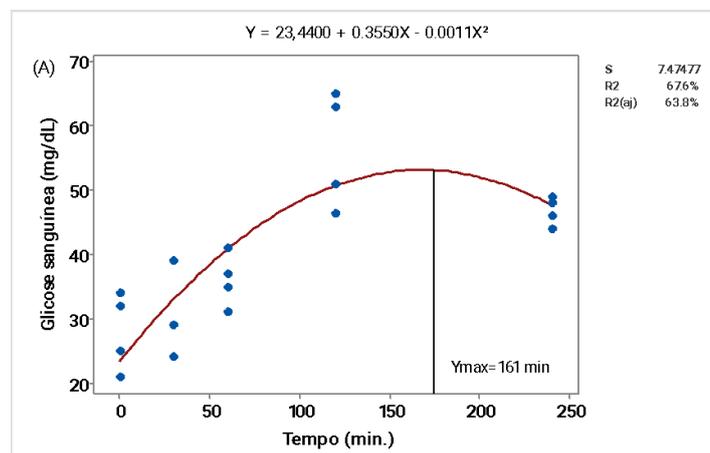
<sup>1</sup>, XBM = xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase.

O nível de glicose sanguínea depende, entre outras coisas, do tempo de alimentação e qualidade da dieta que o peixe ingere (DA SILVEIRA, et., al., 2009).

Nos resultados das dietas com suplementação, os diferentes resultados na glicose sanguínea aferida, assim como em diversos trabalhos com carboidrases sugerem, os efeitos da suplementação com enzimas exógenas dependem do nível de inclusão dos ingredientes de origem vegetal e/ou das diferentes composições dos complexos de enzimas exógenas utilizadas (Castillo e Gatlin III 2015).

As análises estatísticas foram realizadas através de regressão quadrática, demonstrando os níveis de glicose sanguínea em função do tempo pós-prandial em juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas sem suplementação de enzimas (Figura 4). Cada ponto representa média de quatro repetições. Através dos resultados obtidos, foram ajustados para regressão quadrática, com modelo (CON)  $Y = 23,4400 + 0,3550X - 0,0011X^2$ , precisão de 67,6% de ajuste ( $R^2$ ). A dosagem máxima medida em níveis de glicose foi em 161 minutos o que equivale a 2 horas e 41 minutos.

Figura 4 – Níveis de glicose sanguínea em função do tempo pós-prandial em juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas sem suplementação de enzimas.



Fonte: Da autora.

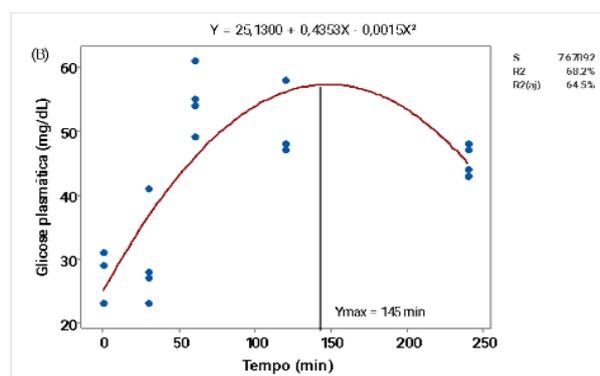
A glicemia pós-prandial é aquela medida após a ingestão do alimento. A estimação do comportamento glicêmico em função do tempo em dietas controle possibilitou identificar o momento de estabilização da glicemia (161 min), período em que a glicose teve menor oscilação.

Com base nos resultados demonstrados na figura 4, foi observado que no momento do fornecimento do alimento e até 50 minutos depois, os níveis de glicose são baixos (28 e 37mg/dL respectivamente), tais valores são semelhantes aos relatados por Deriggi, et al., (2006) em Tilápias do Nilo livres de estresse, assim, demonstra que os animais avaliados estavam relaxados durante o cultivo e o metabolismo da dieta ainda não havia iniciado.

De acordo com literaturas o metabolismo dos nutrientes pelos peixes inicia aproximadamente uma hora após a ingestão (Furuichi e Yone, 1981, Lin et al., 2000, Polakof et al., 2012 e Conde-Sieira et al., 2015). Justificando o aumento significativo de glicose no tempo 100 minutos (1 hora e 40 minutos) após a alimentação com pico máximo aos 161 minutos (2 horas e 41 minutos).

Na (Figura 5) é apresentado os níveis de glicose sanguínea em função do tempo pós-prandial em juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas suplementadas de mistura xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase, através de regressão quadrática, onde cada ponto representa média de quatro repetições.

Figura 5 – Níveis de glicose sanguínea em função do tempo pós-prandial em juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas suplementadas de mistura xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase (B).



Fonte: Da Autora.

Nos peixes que tiveram dietas com blend de enzimas, os picos de glicose aferidos foi entre 50 a 100 minutos e pico máximo em 145 minutos podem estar ligados aos dois grandes processos metabólicos: o anabolismo e o catabolismo (DE

ARAÚJO, 2020). Isto é, o aumento em torno dos 50 a 100 minutos após a alimentação possivelmente está relacionado ao início do processo de digestão, em que foi observado antecipação nos processos de digestão e absorção dos nutrientes. No processo digestivo (catabolismo), ocorreu a liberação da energia dos nutrientes na corrente sanguínea, justificando os valores de pico de glicose, assim como a redução aos 250 minutos (4horas) (anabolismo).

Dessa forma, a presença do blend enzimático pode contribuir para melhoria da digestão de componentes que normalmente não seriam digeridos, ou ainda reduzir os efeitos antinutricionais causados pelos PNA's. Dessa forma, a digestão se tornaria mais eficiente, disponibilizando maior quantidade de energia para os animais, além de reduzir o investimento energético do animal para a síntese enzimática endógena (FISCHER et al., 2002; ARAÚJO, 2005).

A divergência de resultados do presente trabalho com os resultados disponíveis na literatura pode ser atribuída a vários fatores entre eles as enzimas e respectivas concentrações presentes em cada complexo, aos ingredientes das dietas utilizadas como referência, a espécie e fase de desenvolvimento do peixe, a temperatura e pH, entre outros.

#### **4. CONCLUSÕES**

Deste modo, os parâmetros avaliados nesse trabalho sugerem que a suplementação das carboidrases xilanase,  $\beta$ -glucanase e  $\beta$ -mananase antecipou o pico de glicose em juvenis de tilápias do Nilo, demonstrando efeito sobre a degradação dos PNAs e digestibilidade de nutrientes.

## 5. REFERÊNCIAS

ADEOLA, O., Cowieson, A.J., (2011). Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *J. Anim. Sci.* 89, 3189–3218.

ARAÚJO, D. M. Avaliação do farelo de trigo e enzimas exógenas na alimentação de frangos e poedeiras. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

BAUERMEISTER, A. et al.  $\beta$ -1,3-Glucanases Fúngicas: produção e aplicações biotecnológicas. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 31, n. 2, p. 75-86, 2010.

BEDFORD, 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Animal Feed Science and Technology* 53, 145–155. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)02018-U](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)02018-U).

BRITO, C.O., Fernando, L., Albino, T., Rostagno, H.S., Gomes, C., Cristine, D., Carvalho, O., Corassa, A., 2006. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada: valores energéticos e digestibilidade de nutrientes em pintos de corte 1 Effects of feeding multienzymatic complex addition and different extruded soyb. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35, 1047–1055.

BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G.; LIMA, R.B.; MORAIS, S.N.; SILVA, J.H.V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – revisão. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.2, n.4, p.111-117, 2008.

CASTILLO, S.; GATLIN, D. M. Dietary supplementation of exogenous carbohydrase enzymes in fish nutrition: A review. *Aquaculture*, Texas, v. 435, n. 1, p. 286-292, 2015.

CHAMPE, P. C.; HARVERY, R. A. *Bioquímica ilustrada: Enzimas*. 2 ed. São Paulo: Artmed, 1989. 446 p.

CONDE-SIEIRA, M., Soengas, J. L., and Valente, L. M. (2015). Potential capacity of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to use carbohydrates: metabolic responses to hypo-and hyper-glycaemia. *Aquaculture*, 438, 59-67.

COURA, F. M., Lopes, M. C., Leme, F., & Val, A. (2020). interferência do hematócrito sobre o desempenho de dois glicosímetros veterinários em cães. *Ars Veterinaria*, 36(1), 47-51.

DE ARAÚJO, Filipe Chagas Teodózio. PODE-SE MELHORAR O BEM-ESTAR EM TILÁPIA DO NILO POR MEIO DE SELEÇÃO GENÉTICA?. 2020.

DE OLIVEIRA, Eike Nascimento. Uso do glicosímetro como alternativa para a análise sanguínea em peixes: um estudo com tambaqui, *Colossoma macropomum*. 2021. Acesso em 28 jun de 2023.

DA SILVEIRA, Ulisses Simon; LOGATO, Priscila Vieira Rosa; DA CONCEIÇÃO PONTES, Edvânia. Utilização e metabolismo dos carboidratos em peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 6, n. 1, p. 817-836, 2009.

DERIGGI, G. F., Inoue, L. A. K. A., and Moraes, G. (2006). Stress responses to handling in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus): assessment of eugenol as na alternative anesthetic. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 28(3), 269-274.

DEL-POZO, J; MISHRA, N.; KABUUSU, R.; CHEETHAM, S.; ELDAR, A.; BACHARACH, E.; LIPKIN, W. I.; FERGUSON, H. W. Syncytial Hepatitis of Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) is Associated With Orthomyxovirus-Like Virions in Hepatocytes. *Vetarinary Pathology*, v. 54, n. 1, p. 164-170. 2017.

DOS SANTOS BUZZI, M. (2013). Análise comparativa dos níveis de glicose pelo método glicosímetro portátil e pelo método enzimático para a dosagem da glicemia em vertebrados. In 9º Seminário de Iniciação Científica da UFT, 5.

FISCHER, G. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 402-410, 2002.

FURUICHI AND YONE (1981). Change of blood sugar and plasma insulin levels of fishes in glucose tolerance test. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 47(6), 761-764.

GARCIA, F. Suplementação alimentar com 'beta'-glucano e mananoligossacarídeo para tilápias do Nilo em tanques-rede. 2008. 100 f. Tese (Doutorado em aquicultura)

– Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GOMES, V. D. S., SILVA, J. H. V., CAVALCANTI, C. R., DA FONSECA, S. B., JORDÃO FILHO, J., SILVA NETO, M. R., DA SILVA, F. B. Utilização de enzimas exógenas na nutrição de peixes - revisão de literatura. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, v. 19, n. 4. 2016.

GOMES, Alessandra et al. VALIDAÇÃO DO GLICOSÍMETRO PORTÁTIL NA DOSAGEM DE GLICOSE SANGUÍNEA EM PEIXES: RESULTADOS PRELIMINARES. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 2, 2017.

LIMA, M. R. et al. ENZIMAS EXÓGENAS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES. Acta Veterinaria Brasilica, Areia, v. 1, n. 4, p. 99-110, 2007.

KUBITZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí SP edição do autor, p.19, 2000.

LIN, S. C., LIOU, C. H., AND SHIAU, S. Y. (2000). Renal threshold for urinary glucose excretion by tilapia in response to orally administered carbohydrates and injected glucose. Fish Physiology and Biochemistry, 23(2), 127-132.

MEURER, F.; HAYASHI, C. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de peixes. Revisão. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, v.6, p.127-138, 2003..

NATIONAL RESEARCH COUNCIL– NRC. 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C.: National Academy Press.

PEIXES BR. Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR 2023. Associação Brasileira da Piscicultura, 2023..

POLAKOF, S., Panserat, S., Soengas, J. L., and Moon, T. W. (2012). Glucose metabolism in fish: a review. Journal of Comparative Physiology B, 182(8), 1015-1045.

SANTOS, José Carlos Pereira dos et al. Uso de glicosímetro em animais–uma revisão da literatura. 2017.

STALBRAND, H.; SIIKA-AHO, M.; VIIKARI, L. Purification and characterization of two  $\beta$ -mannanases from *Trichoderma reesei*. *Journal of Biotechnology*, Amsterdam, v. 29, n. 3, p. 229-242, 1993.

TACHIBANA, L. et al. Xilanase e  $\beta$ -glucanase na digestibilidade aparente de nutrientes do triticales pela Tilápia-do-nilo. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 62, n. 2, p. 445-452, 2010.

WEIBEL, M. K., & Bright, H. J. (1971). The glucose oxidase mechanism: interpretation of the pH dependence. *Journal of Biological Chemistry*, 246(9), 2734-2744.

YIN, Y.L., McEvoy, J.D.G., Schulze, H., Hennig, U., Souffrant, W.B., McCracken, K.J., 2000. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. *Livestock Production Science* 62, 119–132. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00129-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00129-3)