

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PREBIÓTICO INULINA NA DIETA DE SURUBIM
(*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*)

Acadêmica: Pamela Thainara do Nascimento Veiga

Zootecnista

Aquidauana-MS
Julho/2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PREBIÓTICO INULINA NA DIETA DE SURUBIM
(*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*)

Acadêmica: Pamela Thainara do Nascimento Veiga
Orientadora: Dra. Cristiane Fátima Meldau de Campos Amaral
Co-orientadora: Dra. Adriana Fernandes de Barros

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana-MS
Julho/2016

V529p Veiga, Pamela Thainara do Nascimento

Prebiótico inulina na dieta de surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) / Pamela Thainara do Nascimento Veiga. Aquidauana, MS: UEMS, 2016.

73p, 30cm

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2016.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Fátima Meldau de Campos. Amaral

1.Prebiótico inulina 2.Sistema inune 3. Avaliação econômica I. Título. CDD 23.ed. 639.3



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO-PANTANAL



PAMELA THAINARA DO NASCIMENTO VEIGA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 01/07/2016.

Dra. Cristiane de Fátima Meldau Campos Amaral
Orientador

Dra. Laura Satiko Okada Nakaghi

Dr. Jayme Aparecido Povh

“ O fardo é proporcional às forças, como a recompensa será proporcional à
resignação e à coragem”
(Allan Kardec)

Dedico primeiramente este trabalho a DEUS, pela força, fé e sabedoria.

Aos meus pais, pelo imenso amor a mim dedicado, e por sempre me apoiarem, e me estenderem os braços para me acalantar, por todo apoio dedicado.

A minha irmã Priscilla e aos meus sobrinhos Yuri e Danilo, por estarem sempre ao meu lado me incentivando, apoiando.

Em memória dedico a minha amada avó Elida, que de onde quiser que esteja esta me abençoando e guiando meus passos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela fé, sabedoria a mim transmitidos.

Ao Programa de Pós graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul pela concessão da bolsa de estudos.

A minha família, por seu meu suporte, minha base, e por sempre estarem ao meu lado, apoiando, me fazendo rir em diversos momentos.

A minha mãe Edir Marlene, por todo apoio a mim dedicado. Mulher guerreira de estimável força, com amor lhe dedico esta conquista.

A minha irmã Priscilla por todo apoio que me deu todos estes anos, por acreditar em mim, por me incentivar em todos os momentos.

Aos meus sobrinhos Yuri e Danilo, pelo incentivo, força, momentos de descontração.

Ao meu pai por todo suporte a mim dedicado.

A minha orientadora professora Dr^a. Cristiane Meldau, pelos anos de parceria, desde a graduação. Obrigado pelos conhecimentos transmitidos, e por ter

permitido deixar minha autonomia neste mestrado, desenvolvi muito neste dois anos.

A minha co-orientadora professora Dr^a. Adriana Fernandes de Barros, obrigado pelo suporte e conhecimento a mim transmitido.

A querida Cleujosi, por acreditar em mim, e muitas vezes ser meu ombro amigo, incentivando e me acolhendo de braços abertos.

Ao Robson Andrade, pela pessoa excelente que é, aprendi muito com você, não somente como pessoa, mais pesquisador, querido mestre e futuro Doutor.

A Letícia por ter me apresentado a piscicultura, e a Milena, não esqueço até hoje do dia em que passamos linha nos tanques. Bem como ao André Luiz, vocês são excelentes profissionais.

A todos os colegas de laboratório que colaboraram e muito com esta pesquisa Evelyn, Josiele, Leonardo, Wesley, Michelly, Fulvia, Rubia, João Vitor, e minha querida colega do PIBIC, que com certeza foi meu suporte, principalmente no dia da coleta, muito obrigado Nayara.

Tatiane obrigado pela parceria, pelo apoio que me dedicou, foi uma grata surpresa lhe encontrar neste mestrado.

Ao amigo Alan Arguello pelo apoio nas ultimas etapas deste experimento, muito obrigado.

As queridos funcionários da UEMS, Juarez e Douglas, obrigado por todo apoio e pelo conhecimento transmitidos durante todos estes anos.

SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	x
Abstract	xi
Capítulo 1- Considerações gerais	1
1.Introdução.....	2
2. Revisão de literatura.....	3
2.1 Surubim (<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> x <i>Leiarius marmoratus</i>)....	3
2.2 Estresse em peixes.....	5
2.3 Sistema imune.....	8
2.4 Inulina.....	11
3. Objetivos.....	16
3.1 Objetivo Geral.....	16
3.2 Objetivos específicos	17
4. Referências bibliográficas	17
Capítulo 2- Sistema imune inato de surubins (<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> x <i>Leiarius marmoratus</i>) alimentados com inulina	
Resumo	25
Abstract.....	26
Introdução.....	26
Material e métodos.....	28
Resultados e discussão	31
Conclusão	34
Agradecimento	35

Referências bibliográficas.....	35
Capítulo 3- Análises zootécnica e econômica da criação de surubins (<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> x <i>Leiarius marmoratus</i>) suplementados com inulina	
Resumo	43
Introdução.....	44
Material e métodos.....	45
Resultados.....	50
Discussão.....	55
Conclusão.....	58
Agradecimentos	58
Literatura citada.....	59
Capítulo 4- comunicação científica	64
Referências	71
Capítulo 5- Considerações finais.....	73

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da inclusão do prebiótico 0%, 0,25%, 0,50% e 0,75%) inulina na dieta de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*), sendo distribuídos 208 animais ($37,91 \pm 5,58\text{g}$) em 16 caixas d'água (13 animais/ caixa) com sistema individual de aeração e drenagem. A primeira etapa teve como objetivo avaliar o efeito da inulina, sobre o estresse e sistema imune inato dos surubins. Após 31 dias de suplementação coletou-se amostra sanguíneas dos animais, em oito peixes/tratamento/tempo de amostragem. Os animais foram submetidos ao manejo de estresse por dois minutos, sendo novamente realizadas colheitas sanguíneas 30 minutos depois de aplicado o agente estressor. Posteriormente, foi realizado o desafio bacteriano com *Aeromonas Hydrophila*, sendo coletadas amostras sanguíneas nos tempos de 3, 6 e 24 horas após o desafio. A inclusão de 0,25 e 0,75% de inulina reduzir a concentração de cortisol nos peixes, e no nível de 0,50% de inulina proporcionou melhora no sistema imune inato dos peixes, por meio do aumento da lisozima sérica. A segunda etapa o objetivo consistiu em avaliar o efeito da inclusão de inulina na dieta dos surubins por meio das variáveis de desempenho e os indicadores econômicos. Os indicadores econômicos foram realizados por meio de simulações nas pisciculturas de pequeno, médio e grande porte, em que foram incluídos a dieta 0,25% do prebiótico. A inclusão de inulina a dieta dos surubins proporcionou a melhora da conversão alimentar (3,5%), que refletiu diretamente nos custos produtos e nos índices econômicos, resultando no aumento da receita bruta (9%) e na lucratividade nas diferentes escalas produtivas. A terceira etapa consistiu em avaliar o efeito na morfometria intestinal dos surubins após 31 dias de suplementação com inulina (0,25%; 0,50% e 0,75%) e o grupo isento de prebiótico. Os resultados demonstraram que a inclusão de inulina proporciona melhora nas vilosidades intestinais dos surubins. A suplementação com inulina proporciona melhora no sistema imune dos surubins ao nível de 0,50%, e comercialmente com a inclusão de 0,25% pelo aumento produtividade, e os indicadores econômicos, como a receita e o lucro.

Palavras-chave: estresse de peixe, sistema imune inato, indicadores econômicos.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the inclusion of the prebiotic 0%, 0,25%, 0,50% and 0,75%) inulin in the diet of surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*), being distributed 208 animals ($37, 91 \pm 5.58g$) in 16 water boxes (13 animals / box) with individual aeration and drainage system. The first step was to evaluate the effect of inulin, on the stress and innate immune system of surubins. After 31 days of supplementation blood samples were collected from the animals, in eight fish / treatment / sampling time. The animals were submitted to stress management for two minutes, and blood samples were collected again 30 minutes after the stressor was applied. Subsequently, the bacterial challenge with *Aeromonas Hydrophila* was performed, and blood samples were collected at times of 3, 6 and 24 hours after the challenge. The inclusion of 0.25 and 0.75% of inulin reduced the concentration of cortisol in fish, and at the level of 0.50% of inulin provided improvement in the innate immune system of the fish, through the increase of serum lysozyme. The second step was to evaluate the effect of inclusion of inulin on the diet of surubins by means of performance variables and economic indicators. The economic indicators were carried out through simulations in the small, medium and large fish farms, in which the diet 0.25% of the prebiotic was included. The inclusion of inulin in the surubins diet led to an improvement in feed conversion (3.5%), which directly reflected product costs and economic indices, resulting in an increase in gross revenue (9%) and profitability at different production scales. The third step consisted in evaluating the effect on intestinal morphometry of the surubins after supplementation for 31 with inulin (0.25%, 0.50% and 0.75%) and the group free of prebiotic. The results demonstrated that the inclusion of inulin provides improvement in the intestinal villi of the surubins. Inulin supplementation improves the surubins immune system at the 0.50% level, and commercially with the inclusion of 0.25% by increasing productivity, and economic indicators such as income and profit.

Key words: fish stress, innate immune system, economic indicators.

CAPITULO 1 – Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura no Brasil vem crescendo em números expressivos, devido a busca por alimentos mais saudáveis, favorecendo assim a produção de espécies com potencial zootécnico. Porém, com a intensificação nestes sistemas de criação como: altas densidades de estocagem, fornecimento de altas quantidades de ração, despescas, dentre outros procedimentos de rotineiros de manejo, favorecendo o aparecimento de doenças e/ ou infecções (BILLER- TAKAHASHI., 2014).

Como estratégias para minimizar as perdas por doenças bacterianas durante o ciclo de produção, faz-se o uso de antibióticos tanto para combater esses agentes infecciosos como para promover o crescimento. Estes compostos quando utilizados em doses subterapêuticas, ou mesmo de forma continua podem resultar na resistência de determinadas bactérias patogênicas, ocasionando riscos a saúde animal e humana (VERSCHUERE et al. 2000; MENTEN, 2001). No entanto, o uso de antibióticos tem sido restrito pelos órgãos de fiscalização e vigilância sanitária mundial, devido à resistência das bactérias, toxicidade e danos ambientais (BELEM-COSTA &CYRINO, 2006; YOUSEFIAN & AMIRI, 2009;).

Imunoestimulantes são utilizados como alternativa a substituição aos antibióticos. Diversos estudos demonstram que os imunoestimulantes agem por meio do aumento da resistência frente a doenças, estimulando os mecanismos de defesa não específicos, através do equilíbrio da microbiota nativa intestinal, resultando em melhora nas taxas de crescimento e na digestão e absorção de nutrientes (MAHIOUS et al., 2006; CEREZUELA et al., 2013; CEREZUELA et al., 2012).

Os imunoestimulantes ao serem adicionados a dieta de maneira profilática, podem beneficiar a aquicultura, principalmente nas fases iniciais do cultivo, quando os peixes estão mais susceptíveis a doenças (PORTZ, 2006), melhorando a atividade do sistema imune, através da interação direta entre as células do sistema (FALCON, 2007). Dentre os compostos com características imunoestimulantes destacam- se os fatores nutricionais, como vitaminas,

substâncias derivadas de bactérias, polissacarídeos, extratos de plantas e animais, além de substâncias químicas sintéticas, e os prebióticos (CHAGAS et al., 2009).

De acordo com Silva & Nornberg (2003), os prebióticos são ingredientes alimentares não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro por estimular seletivamente o crescimento e/ou atividade de bactérias benéficas para o animal. Estes compostos podem atuar benéficamente sobre a modulação da microbiota nativa, sobre o sistema imune e sobre a mucosa intestinal, melhorando os processos de digestão e absorção dos nutrientes.

Entre os prebióticos comumente usados na nutrição animal e na aquicultura estão os frutoligossacarídeos, glucoligossacarídeos e os mananoligossacarídeos (BUDIÑO et al., 2004; CERZUELA et al., 2012). Os frutanos compreendem aos frutooligossacarídeos (FOS), oligofructose (OF) e inulina. Os frutanos são oligossacarídeos não digestíveis, que promovem o crescimento de bactérias benéficas, como as bifidobactérias e lactobacilos, enquanto que seletivamente detêm o crescimento de micro-organismos patogênicos (CERZUELA et al., 2012).

Estudos tem demonstrado as evidências da inulina em diversos fatores, possuindo efeitos positivos na regulação intestinal, e no combate a infecção e inflamação intestinal (LEENEN & DIELEMAN, 2007), atividade imunomoduladora (SEIFERT & WATZ, 2007) e absorção mineral (SCHREZENMEIR, 2002), e também nos seus efeitos externos ao intestino que afetam o metabolismo dos carboidratos e lipídeos (DELZENNE et al., 2002). A origem destes efeitos está baseada na sua fermentação pela microbiota endógena do intestino. O substrato ao ser ingerido na dieta, não sofre a ação de enzimas digestivas, chegando intacto ao trato gastrointestinal (TGI), diante disto serve como alimento as bactérias benéficas, dentre elas bifidobactérias e lactobacillus, propiciando assim seu maior crescimento e desenvolvimento (BOSSCHER et al., 2009).

Em humanos, a inulina melhora o sistema imunológico se ligando a receptores específicos de lecitina como os leucócitos, aumentando a proliferação de macrófagos (SAAD., 2006). Em ratos, a inulina provocou um aumento da porcentagem de células Natural Killer (NK) e/ou da resposta cinética de macrófagos, além de influenciar na absorção de cálcio (ROBERFROID., 2002). Sendo sua utilização de suma relevância, devido à melhora da resposta imune dos animais, sendo um fator preponderante aos sistemas de criação (CERZUELA et al., 2012).

O aumento da resposta imune, resistência frente à desafios e a melhoria nas condições de saúde dos peixes é o quadro desejável em piscicultura, portanto pesquisas nessa área enfocam não somente a produção, bem como a melhora da condição animal e a resposta desta frente as intempéries do dia a dia. Diante disto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo em avaliar o desempenho, histomorfometria intestinal e o sistema imune inato dos surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) suplementados com prebiótico inulina, e a viabilidade econômica quanto ao seu uso no sistema produtivo.

2 Revisão de literatura

2.1 Surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*)

O surubim (Figura 1) é um híbrido proveniente do cruzamento intergenérico da fêmea de *Pseudoplatystoma* spp (Figura 2), com o macho macho de jundia (*Leiarius marmoratus*) (Figura 3), espécie carnívora e onívora cuja produção se encontra em expansão (Farias et al., 2011).



Figura 1: surubim híbrido.
Fonte: www.ppgz.ufba.br



Figura 2: cachara. Fonte:
www.ppgz.ufba.br



Figura 3: jundia. Fonte:
www.ppgz.ufba.br

Pseudoplatystoma spp e *Leiarius marmoratus* pertence ambos a ordem Siluriforme, família Pimelodidae, possuem como característica principal a ausência de escamas, corpo revestido por pele espessa (couro). Apresenta corpo arredondado e alongado, cabeça achatada, três pares de barbilhões sensíveis junto à região bucal, e o primeiro raio das nadadeiras peitoral e dorsal raiada constituída de um acúleo forte e pungente, e presença de nadadeira adiposa (BRITSKI et al., 1988).

Segundo Paulino (2013) a classificação sistemática das espécies, decorre conforme esquematizado (Figura 4):

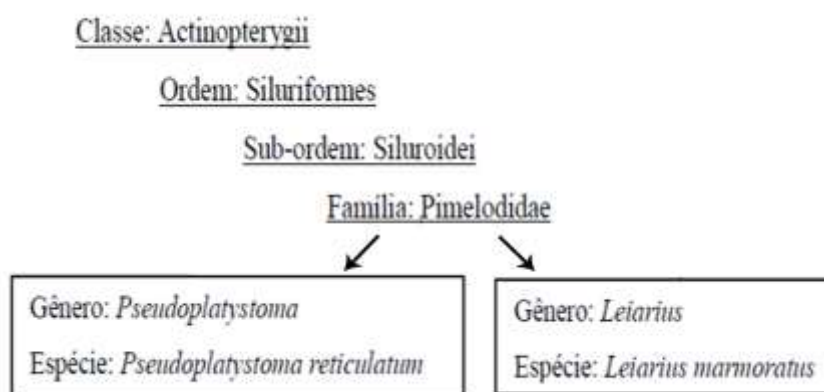


Figura 4: Classificação taxonômica das espécies utilizadas para hibridização

A hibridização a partir de cruzamentos intergenéricos da ordem Siluriforme, como espécies do gênero *Pseudoplatystoma* spp e o *Leiarius marmoratus*, aconteceu em decorrência de sua melhor facilidade produtiva, com redução de canibalismo em fase jovem e maior facilidade em receber alimento inerte, menor exigência proteica, em comparação ao animal puro, como a cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) e pintado (*Pseudoplatystoma corrucaans*) (ALVES et al., 2014).

Pseudoplatystoma reticulatum conhecido popularmente como cachara, habita bacias sul-americanas da Amazônia e do Paraná (BUIRAGO-SUÁREZ e BURR, 2007), sua coloração baseia-se de cinza escura na região dorsal, clareando em direção ao ventre, com faixas pretas alongadas transversais e irregulares (BAUMGARTNER et al., 2012). O cachara é um peixe predador, alimentando-se de animal inteiro no período noturno, sendo este pouco ativo no período diurno (FAUSTINO et al., 2007; ABREU et al., 2009). Consiste de espécie migradora com período reprodutivo referente à época chuvosa, cujas características reprodutivas são desova total, fecundidade externa, ausência de cuidado parental e dimorfismo sexual na época reprodutiva (GODINHO, 2007).

Leiarius marmoratus (GILL, 1870) é encontrado nas bacias hidrográficas amazônicas, Essequibo e Onorico, conhecido popularmente por peixe onça, ou jundiá da Amazônia. É uma espécie migradora cujo período reprodutivo ocorre nas estações chuvosas (CAROLSFELD et al., 2003). É considerada de porte mediano,

podendo atingir comprimento total de 100 cm e peso aproximado de 12 kg, e se encontra em ambientes demersais, cuja temperatura média da água varia entre 24 a 26° C, e o pH 5,8 a 7,2 (RAMÍREZ- GIL Y AJIACO-MARTÍNEZ, 1997). Caracteriza-se por possuir maior número de raios ramificados na nadadeira dorsal (nove ou dez), consistindo de manchas escuras sobre um fundo marrom amarelado, tendo o barbilhão maxilar extenso, podendo alcançar sua cauda, denominada furcada (CAÚPER, 2006).

Em decorrência da dificuldade em se produzir o animal puro, como a cachara e o pintado, devido ao seu alto custo produtivo, principalmente na fase inicial de criação, e crescente a Produção de híbridos pertencentes ao gênero *Pseudoplatystoma* spp. com o *Leiarius marmoratus* devido sua facilidade de manejo na fase jovem (ALVES et al., 2014).

A obtenção de espécies oriundas do cruzamento de espécie carnívora e onívora, poderá resultar em um animal semelhante morfologicamente ao seu progenitor (Mateo et al., 2008), podendo resultar em um produto cujo animal pode ser mais voraz, com maior taxa de crescimento, diminuição da exigência nutricional, resistência a doenças, menor agressividade na fase jovem e aptidão ao manejo produtivo (BARTLEY et al., 2001; ALVES et al., 2014). Diante de sua importância econômica e produtiva desta espécie, estudos que visam a melhora no sistema imune dos animais são de suma relevância, principalmente na fase inicial de produção.

2.2 Estresse em peixes

O estresse consiste em um mecanismo biológico protetor, aos quais permitem que os peixes se ajustem e convivam com as mudanças a que são submetidos e que ultrapassam seu limite de tolerância, ocorrendo tanto no ambiente natural, como no sistema de criação (Urbinati et al., 2014).

De acordo com Wendelaar Bonga (1997), o estresse pode ser definido como uma condição em que desequilíbrio orgânico é perturbado, pela ação externa ou interna dos agentes estressores. Durante o estresse, ocorre mudanças fisiológicas primárias, secundárias e terciárias, que podem indicar o grau de alteração ocasionada pelo estressor, sendo estas controladas por meio do sistema neuro-endócrino, através do sistema simpático -cromafin e o eixo hipotálamo hipófise inter-renal (Diniz & Honorato, 2012).

O animal estressado desencadeia uma cascata de respostas denominada Síndrome de Adaptação Geral (SAG). A SAG envolve três respostas frente ao agente estressor, no qual o primeiro estágio se caracteriza como uma reação de alarme (1), com uma rápida resposta fisiológica, seguida de um estágio de resistência (2), no qual ocorre adaptação ao estresse ocorrido, recuperando a homeostase, e a exaustão (3), quando acontece a perda da adaptação em decorrência da intensificação do agente estressor (SELYE.,1950; LIMA et al., 2006).

A resposta ao estresse frente ao agente resulta em uma cadeia de respostas, sendo a primária correspondente as alterações hormonais com o aumento de catecolaminas e corticosteróides. Por sua vez com o intuito em se adaptar, visando o equilíbrio homeostático na resposta secundária, observa-se as adaptações fisiológicas e bioquímicas, que compreendem alteração na glicemia, ácido láctico e glicogênio hepático, além de efeitos hematológicos como alteração no hematócrito e diminuição no número de linfócitos, e alterações hidrominerais (cloreto, sódio e potássio). Em contraposto a exaustão do organismo na resposta terciária podemos destacar o comprometimento do desempenho, sistema imune, e o aumento a susceptibilidade a doenças, conforme esquema apresentado na Figura 5 (WENDELAAR BONGA.1997; LIMA et al., 2006; Oba et al., 2009; SILVEIRA et al., 2009).

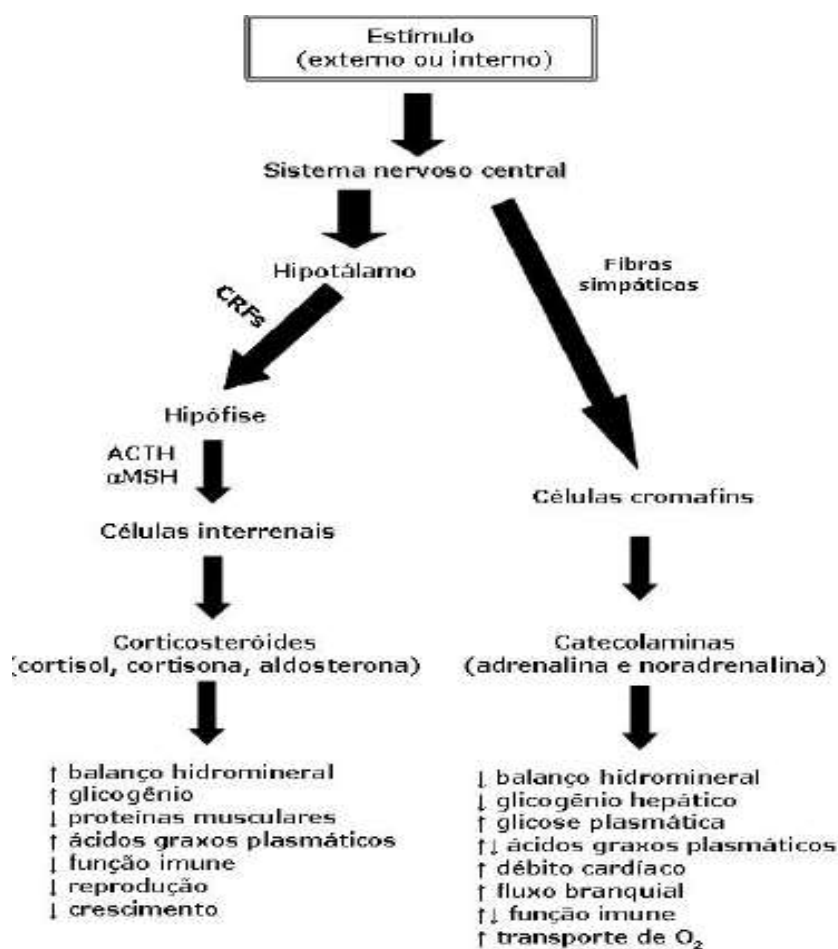


Figura 5. Esquema dos efeitos primários e secundários do estresse em peixes. Fonte: (Oba et al, 2009 adaptado de Wendelaar Bonga., 2007).

De acordo com Iwama (1993), a resposta do estresse compreende uma série de alterações fisiológicas podendo ser diferenciada em aguda e crônica. A primeira geralmente ocorre em procedimentos de manejo, como captura e transporte. O segundo tipo de resposta, a crônica, que acontece em condições que mantêm os peixes por longos períodos em situações estressantes, má qualidade da água (pH incorreto, baixo nível de oxigênio dissolvido na água, amônia, nitrito e a variação de temperatura), superpopulação podendo levar à redução no desempenho produtivo (crescimento e reprodução) e da resposta imune.

As respostas fisiológicas de estresse são estimuladas em sistema de cascata, o qual desencadeia respostas em defesa do organismo. Dessa forma, agentes estressores fazem com que o sistema nervoso central estimule a liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) pelas células cromafins estimulando o hipotálamo a secretar o fator liberador de corticotrofina (CRH), que por sua vez faz

com que a hipófise venha a liberar o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) que, ao atingir o tecido inter-renal, promove a liberação do cortisol (BARTON, 2002).

Em condições agudas de estresse, a homeostase poderá ser recuperada sem consequências graves para o peixe, porém em condições crônicas, poderá haver comprometimento dos estoques energéticos, com redução da capacidade adaptativas e instalação de exaustão fisiológica, comprometendo assim o crescimento, reprodução e as funções imunes desses animais (Urbinati et al., 2014).

2.3 Sistema imune

O sistema imune dos peixes é um conjunto de componentes celulares e humorais cuja função é a proteção do organismo contra substâncias estranhas, tais como microorganismos, toxinas e células malignas (SECOMBES e WANG., 2012). O sistema imune é dividido pelo sistema imune inato (não específico) e o adquirido (específico), ambos divididos em defesa mediada por célula e humoral, que atuam em conjunto para reconhecer e destruir patógenos (Figura 6) (ROITT et al., 1998; BILLER- TAKAHASHI., 2014).

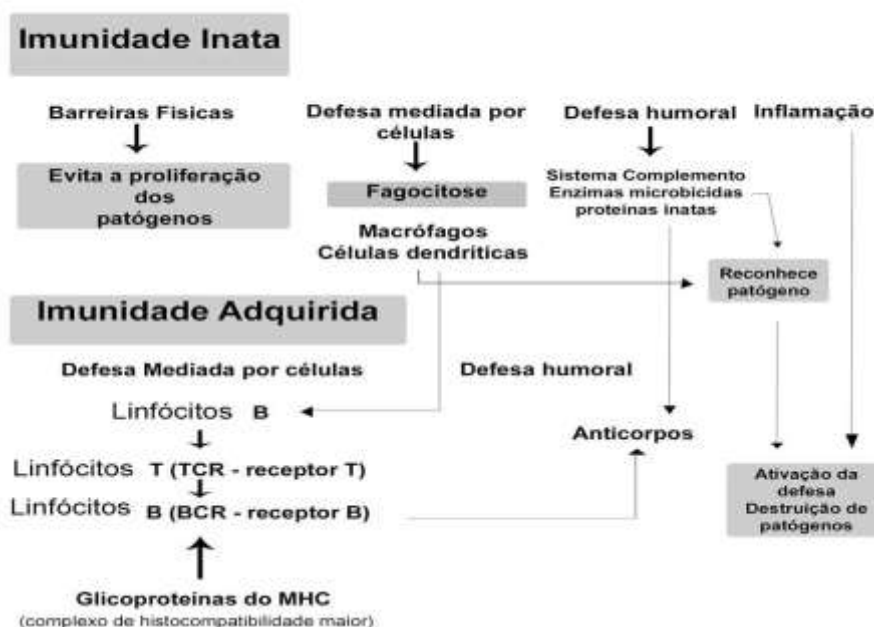


Figura 6. Sistema imune de peixes (adaptado de: Biller- Takahashi.,2014).

Entre os componentes do sistema imune inato estão as barreiras físicas (pele e muco), os componentes celulares (granulócitos, monócitos, macrófagos,

células *killer*) e os componentes humorais (lisozima, proteínas do sistema complemento, peptídeos antimicrobianos, entre outros) (BILLER- TAKAHASHI., 2014). Os mediadores resultantes dos complexos celulares e humorais promovem a vasodilatação e aumento da permeabilidade dos capilares sanguíneos, favorecendo a chegada dessas células de defesa (VERLHAC e GABAUDAN, 1997).

Os antígenos invasores são capturados e reconhecidos pelas células apresentadoras de antígenos (macrófagos, células dendríticas e linfócitos B) (SOUTO et al., 2015). Essas células processam os microorganismos invasores em nível molecular, dando origem a uma resposta imediata de proliferação da resposta imune e, imediatamente, desencadeiam uma resposta de memória (ABBAS & LICHMAN, 2004).

As células maduras contendo antígeno fornecem tanto o antígeno e sinais estimuladores para o linfócito específico, desenvolvendo imunidade protetora específica (BONAPARTE et al., 2014). Posteriormente ocorre geração de anticorpos e receptores de linfócitos T (TCRs) dentro do hospedeiro, ativando linfócitos específicos em tecidos linfóides secundários como a ativação da produção de citocininas pelo linfócito T, ativando células como linfócito B, macrófagos, linfócitos citotóxicos e outras células responsáveis pela destruição do invasor (GOLDSBY et al., 2002).

A hematopoiese dos peixes diferem dos mamíferos, pois os peixes não apresentam órgãos classificados como mielóide, sendo os órgãos linfóides formados na fase larval, compostos pelos rins, timo, baço e os tecidos linfóides associados a mucosa (BILLER- TAKAHASHI.,2014).

A produção das células sanguíneas e de defesa ocorre pelo rim, sendo este dividido em porção anterior e posterior, ao qual a primeira porção é responsável pela produção e maturação dos linfócitos B, monócitos, macrófagos e granulócitos, e o timo que produz e matura os linfócitos T (URBINATI et al., 2014).

Segundo Biller- Takahashi (2014), o baço é responsável de fagocitar as células velhas ou defeituosas, sendo estes responsáveis pela memória imune e estimulação antigênica. Ainda segundo este mesmo autor, os tecidos linfóides, associados a mucosa, como o trato gastrointestinal, brânquias e pele são responsáveis pela produção dos componentes inatos de defesa, como a lisozima, proteína do sistema complemento e as imunoglobulinas. O timo possui por sua vez,

a função de secretar e produzir a lipoproteína denominada timonisa, responsável esta pela produção de linfócitos em todos os centros linfáticos (FISHELSON, 2006).

Entre as células do sistema de defesa dos peixes, os leucócitos são as células, que compõem o sistema de defesa inespecífico do organismo, e utilizam o sangue como veículo para o monitoramento de possíveis infecções ou danos teciduais. Os monócitos, linfócitos, basófilos, eosinófilos e neutrófilos são os principais leucócitos circulantes encontrados nos peixes (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004).

De acordo com Tavares- Dias & Moraes (2004), monócitos e linfócitos são denominados como leucócitos agranulócitos devido à ausência de grânulos visíveis em seu citoplasma. Enquanto que os basófilos, eosinófilos e neutrófilos por apresentarem esta granulação são denominados de granulócitos.

Os monócitos são os maiores leucócitos circulantes nos peixes. Esses leucócitos são os principais fagócitos dos peixes, e possuem a habilidade em migrar pelos vasos sanguíneos, o que se denomina de diapedese, até o processo infeccioso (RANZANI- PAIVA et al., 2013). Por sua vez, os linfócitos são os menores e os mais abundantes leucócitos encontrados no sangue dos peixes, estas células são denominadas de memória imunológica, tendo a capacidade de memorizar a estrutura do patógeno, em caso de reinfecção (ROITT et al.,1998).

Os basófilos são células dificilmente observadas no sangue das maiorias das espécies, sendo comumente encontrada em bagres pertencentes ao gênero *Pseudoplatystoma*. Sua função não está totalmente identificada, embora exista evidência de sua participação nos processos de fagocitose (RANZANI- PAIVA et al., 2013). Segundo ainda este autor, os eosinófilos apresentam ampla variação em seu tamanho, podendo ser grandes leucócitos, mas geralmente os pequenos são predominantes nas diferentes espécies de peixes, cuja função ainda é incerta, embora existam evidências de sua participação em processo de defesa contra parasitos. No entanto, não se observa aumento do número dos mesmos, em peixes parasitados, sendo verificada a migração destes aos tecidos infectados/ infeccionados.

De acordo com Tavares- Dias & Moraes (2004), os neutrófilos são os leucócitos de maior capacidade migratória, visto que são os primeiros a deixar a circulação e migrar para o foco inflamatório. Os grânulos de glicogênio presentes nestas células fornecem energia para o processo fagocítico. Os trombócitos são

consideradas como células orgânicas de defesa, possuem a função de fagocitar patógenos, reduzindo a possibilidade de reinfecção (SECOMBES, 1996; TAVARES-DIAS e MORAES, 2004).

Os neutrófilos, eosinófilos, monócitos e macrófagos modulam o sistema imune inato pela fagocitose e consequente, o extermínio do patógeno (VERLHAC; GABAUDAN, 1997). Este processo é denominado de fagocitose, uma forma de endocitose, nas quais partículas grandes, como microorganismos, células inteiras e fragmentos, são englobadas e processadas em vesículas chamadas de fagossomos, ao qual este processo se inicia pela ligação entre o agente e a membrana do fagócito, sendo de suma importância para defesa do organismo frente às invasões (BILLER- TAKAHASHI., 2014).

Durante a fagocitose, ocorre aumento do consumo do oxigênio molecular (“burst” oxidativo), que decorre da redução do oxigênio em ânion superóxido que, por meio da ação da enzima superóxido dismutase (SOD) forma peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Este H_2O_2 sofre ação da enzima mieloperoxidase (MPO) liberada pelos leucócitos granulócitos, se transformando em hipoclorito e levando à produção de cloraminas. Todas estas espécies reativas de oxigênio (EROs) contribuem ativamente para sua destruição, pois são substâncias oxidantes, que atuam sobre membranas de microrganismos (VERLHAC et al., 1998)

Outro componente do sistema imune é a lisozima, importante agente bacteriolítico encontrado em várias espécies de peixes marinhos e de água doce. Esta enzima bactericida apresenta atividade lítica contra as bactérias positivas e negativas, parasitas e vírus, estando presente em muco, tecidos linfóides, plasma e outros fluidos corporais onde existem leucócitos, em especial monócitos e neutrófilos (VERLHAC e GABAUDAN, 1997; URBINATI et al., 2014).

O sistema inato dos peixes tem gerado interesse crescente nos últimos anos sendo considerado um fator chave na defesa primária e na organização da imunidade adquirida. Na produção comercial é crescente o interesse em melhorar a resistência a doenças, podendo ser alcançado através da suplementação com imunoestimulantes, como a inulina.

2.4 Inulina

Os prebióticos são ingredientes alimentares não digestíveis que afetam benéficamente o hospedeiro por estimular seletivamente o crescimento e/ou

atividade de um ou mais bactérias benéficas, conferindo benefício a saúde e bem estar (GIBSON e ROBERFROID, 1995; SILVA e NÖRNBERG 2003; IBRAHEM et al., 2010; AKRAMI et al., 2013). Estes compostos podem atuar por meio do estímulo da microbiota nativa, sobre o sistema imune, a mucosa intestinal, melhorando os processos de digestão e absorção dos nutrientes. (SILVA e NÖRNBERG 2003).

De acordo com Gibson (2004), para um ingrediente alimentar vir a ser considerado prebiótico deverá preencher os seguintes critérios:

- Não ser hidrolisado nem absorvido na parte superior do trato gastrointestinal (TGI);
- Ser seletivamente fermentável por bactérias comensais benéficas ao TGI, como exemplo as bifidobactérias e lactobacilos, que são estimuladas a crescer e se desenvolver tornando metabolicamente ativas;
- Ser capaz de alterar a microbiota intestinal, propiciando a elas um ambiente saudável, por exemplo maior número de bactérias benéficas e redução das putrefativas. Portanto, a fermentação prebiótica deve ser direcionada ao crescimento e/ou desenvolvimento de bactérias benéficas, promovendo a saúde.

Uma das formas de atuação dos prebióticos é por meio do estímulo à síntese microbiana de ácidos láctico e acético, os quais promovem a diminuição do pH no sistema digestório, esta redução de pH, inativa o crescimento das bactérias patogênicas, em função de sua sensibilidade ao meio, proliferando assim o crescimento das bactérias ditas benéficas, como as bifidobacterias e lactobacilos (BUDINO, 2004). Entre os prebióticos comumente usados na aquicultura estão a inulina, transgalactooligosaccharide (TOS) e o frutoligossacarídeo (FOS) (GIBSON et al. 2004, ROBERFROID, 2007).

A inulina é um frutooligosacarídeo (FOS) que ocorre naturalmente, derivada de diversas fontes vegetais e pertence a uma classe de hidratos de carbono conhecida como frutanos. Sua composição resulta de uma cadeia principal de unidades de frutose, unidas por ligações beta-(2,1)- frutofuranosídicas, com uma unidade de glicose terminal (Figura 7) (OLIVEIRA et al., 2004)

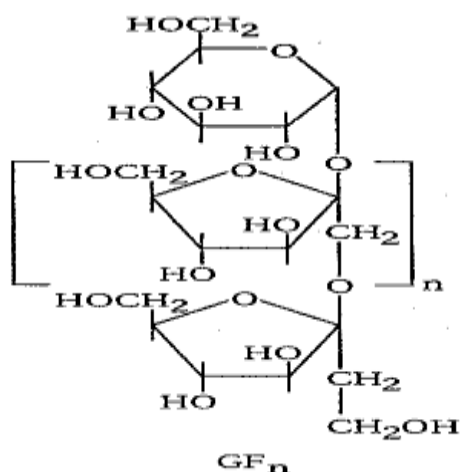


Figura 7: Estrutura molecular da inulina, adaptado de ROBERFROID, 1993

Parte constituinte de diversas fontes de vegetais em diferentes concentrações, como (alho, cebola e aspargo), as concentrações de inulina e oligossacarídeos estão entre 0,3 a 6% do seu peso fresco, estendendo-se a 10%. No entanto, as maiores concentrações (cerca de 20%) referem-se a alcachofra de Jerusalém, chicória, dália e yacon (Quadro 1) (HANLY e MOSCATO, 2002).

Plantas	Parte constituente	Inulina (%)	Oligofrutose (%)
Cebola	Bulbo	2-6	2-6
Alcachofra	Tubérculo	16-20	10-15
Jerusalém			
Chicória	Raiz	15-20	5-10
Alho- Poró	Bulbo	3-10	2-5
Alho	Bulbo	9-16	3-6
Alcachofra	Folhas centrais	3-10	<1
Banana	Fruta	0,3-0,7	0,3-0,7
Centeio	Cereal	0,5-1	0,5-1
Cevada	Cereal	0,5-1,5	0,5-1,5
Dente de leão	Folhas	12-15	NA
Yacon	Raiz	3-19	3-19
Barba de bode	Folhas	4-11	4-11
Trigo	Cereal	1-4	1-4

Quadro 1: Porcentagem do peso fresco de Inulina e oligofrutose em plantas utilizadas na alimentação humana. Fonte: Adaptado de Haully e Moscatto (2002)

Em seres humanos e animais os frutanos não são hidrolisados por meio da ação das enzimas digestivas do (TGI), necessitando, portanto de um precursor, como as bifidobactérias e lactobacillus, que são capazes de realizar sua fermentação, concomitantemente elevando sua concentração (POOL-ZOBEL et al, 2002;ROBERFROID, 2002;). Os frutanos (FOS) e a inulina possuem uma vasta aplicabilidade em decorrência de suas características favoráveis como ausência de cor e odor, estabilidade em pH neutro e em temperaturas superiores a 140° C (HIDAKA; HIRAYAMA, 2001).

Foram estudados melhora no desempenho e crescimento, microbiota intestinal, imunologia e outros, em peixes suplementados com inulina, porém estas respostas são inconclusivas. Estudos com ratos e humanos com o uso de oligofrutose e/ou inulina aumentaram a biodisponibilidade de cálcio, fósforo e magnésio (SCHOLZ-AHRENS E SCHREZENMEIR, 2007).

Seifert e Watzl (2007) demonstram que as suplementações com inulina e oligofrutose são sensíveis especialmente as células imunológicas associadas com placas de Peyer, sendo que os mecanismos de estímulo incluem efeitos indiretos,

tais como mudança na composição da microbiota intestinal, modulação dos processos imunológicos no tecido linfóide associado ao intestino, aumento da produção de imunoglobulinas e outros metabólicos bacterianos.

De acordo com Mahious et al. (2006) a suplementação com imunoestimulantes (inulina e oligofrutose) melhora os parâmetros de desempenho dos animais, obtendo resultado positivo na taxa de crescimento e ganho de peso de *Psetta máxima* decorridos 82 dias de suplementação com o uso de imunoestimulantes, em comparação ao grupo controle

O efeito da suplementação sobre o sistema imune pode ser relatada através dos trabalhos, como Akrami et al. (2013) que ao avaliaram o uso de prebiótico frutoligosacarídeo (FOS) em *Acipenser stellatus* (30.16 ± 0.14 g) obtiveram melhora no sistema imunitário dos peixes. Ibrahem et al. (2010) verificaram diferença significativa em *Oreochromis niloticus* (11.00 ± 0.2 g) alimentadas com inulina (5 g.kg^{-1}) e vitamina C (500 mg.kg^{-1}), em relação ao grupo controle, para o hematócrito, nitroblue tetrazolium (NBT) e atividade de lisozima, sendo estes valores maiores nos grupos suplementados com estes imunoestimulantes.

Cerezuela et al. (2012), verificaram o aumento da atividade fagocítica em *Sparus aurata* L (50 g), alimentados com prebiótico (inulina 10 g/kg) e o probiótico (*Bacillus subtilis* 10^7 ufc/g), separadamente. Ao serem utilizados em conjunto como simbiótico esta resposta não foi verificada, contudo, verificou-se um aumento da atividade do complemento do soro e do nível de IgM, respectivamente.

Mouriño et al. (2012), ao suplementarem as dietas de *Pseudoplatystoma* spp com 0,5% de inulina (prebiótico), *Weissella cibaria* (probiótico) e com 0,5% de inulina + *W. cibaria* (simbiótico) por quinze dias, verificaram maiores concentrações de bactérias ácidos lácticas e menores concentrações de *Vibrio* spp., e *Pseudomonas* spp., nos intestinos de peixes alimentados com simbiótico, além disto foi observado maiores concentrações de imunoglobulina total nos peixes alimentados com probiótico e simbiótico.

Em contrapartida alguns estudos não verificaram melhora na morfologia e microbiota dos peixes suplementados com prebiótico, bem como no sistema imune destes animais. Refstie et al. (2006) realizaram um estudo para investigar o efeito da inulina na dieta (7,5%), com e sem adição de oxitetraciclina (0,3%), em *Salmo salar* L por 3 semanas. Ao final do estudo não foi verificado efeito na concentração de ácidos graxos, glicose colesterol, e na análise morfológica do intestino, havendo

aumento nas concentrações de enzimas intestinais (amilase, leucina-aminopeptidase).

Bakke-McKellep et al. (2007) não verificaram melhora do uso de inulina (7,5%) na morfologia intestinal de *Salmo salar* L. Em contrapartida, o uso de inulina 150 g.kg⁻¹ ocasionaram danos aos enterócitos *Salvelinus alpinus* (218 g), causando redução no número de bactérias benéficas ao TGI (Olsen et al., 2001).

Ahmdifar et al. (2011), não verificaram a influência da suplementação com 0%, 1%, 2% 3% de inulina em 8 semanas de *Huso huso*. Cerezuela et al. (2008), não obtiveram melhora nos parâmetros imunes, ao alimentar *Sparus aurata* (175 g), com inulina (5 a 10 g.kg⁻¹). Igualmente a este estudo Burr et al. (2010) ao alimentar *Morone chrysops* x *Morone saxatilis* não verificaram a influência da suplementação com quatro prebióticos a 0,5% (Gro-biotic, inulina, MOS e GOS), sobre o crescimento e a colonização de bactérias patogênicas no intestino.

Há certa divergência quanto ao efeito da inulina sobre as variáveis imunológicas, hematológicas, desempenho e na morfometria intestinal dos peixes. Esta variação pode decorrer devido as particularidades inerentes às espécies estudadas, duração dos períodos de alimentação, fase em que os peixes se encontram no início do período experimental, e as concentrações utilizadas no estudo.

A regulação da resposta imunológica é o efeito benéfico mais comumente relatado em peixes quando suplementados com imunoestimulantes. Sendo assim, em sistemas de criação de peixes a melhor maneira para se otimizar as taxas de sobrevivência e crescimento, bem como melhora em seu sistema imunológico, é aquela que combina uma mistura ótima de nutrientes e bom manejo, aliados a utilização de novas tecnologias, como os prebióticos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a suplementação com inulina na dieta dos surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*), por meio do desempenho zootécnico, histomorfometria intestinal e variáveis hematológicas, fisiológicas e imunológicas após exercício de manejo e desafio bacteriano com

Aeromonas hydrophyla, e sua aplicabilidade em sistema produtivo por meio da avaliação econômica em escala produtiva de pisciculturas de pequeno, médio e grande porte.

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar o efeito da suplementação com inulina sobre as variáveis hematológicas da série eritrocitária sobre exercício de estresse e desafio bacteriano;
- ✓ Verificar o efeito da suplementação com inulina sobre o sistema imune não específico sobre exercício de estresse e desafio bacteriano dos surubins;
- ✓ Testar a resistência dos surubins suplementados com inulina inicialmente aos estresse, e após 30 minutos do exercício de estresse por perseguição, captura e exposição ao ar, e inoculação com bactéria *Aeromonas hydrophila* nos tempos de 3, 6 e 24 após inoculação, por meio dos indicadores hematológicos, fisiológicos e imunológicos;
- ✓ Avaliar o efeito da suplementação com inulina sobre o desempenho zootécnico e histomorfometria intestinal dos surubins;
- ✓ Avaliar a viabilidade econômica do uso de inulina como suplemento na dieta para produção dos surubins.

4. Referências bibliográficas

- ABBAS, A.K.; LICHMAN. **Basic Immunology**. Functions and disorders of the immune system. 3ªed., Elsevier, Philadelphia, PA, USA, 2004.
- ABREU, Marcia Matos de et al. Genetic variability of two populations of *Pseudoplatystoma reticulatum* from the Upper Paraguay River Basin. **Genetics and Molecular Biology**. [online]. v..32, n.4, p. 868-873, 2009.
- AHMADIFAR E, AKRAMI R, GHELICHI A, MOHAMMADI ZAREJABAD A. Effects of different dietary prebiotic inulin levels on blood serum enzymes, hematologic, and biochemical parameters of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles. **Comparative Clinical Pathology**. p. 447-451, 2010.
- AKRAMI, R.; IRI, Y.; ROSTAMI, H.K.; MANSOUR, M.R.. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. **Fish & Shellfish Immunology**. p.1-5, 2013.

ALVES, A.L.; VARELA, E.S.; MORO, G.V.; KIRSCHNIK, L.N.G. **Riscos Genéticos da Produção de Híbridos de Peixes Nativos**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 60 p. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura). 2014.

BAKKE-MCKELLEP, A.M., PENN, M.H., SALAS, P.M., REFSTIE, S., SPERSTAD, S., LANDSVERK, T., RINGO, E. & KROGDAHL, A. Effects of dietary soybean meal, inulin and oxytetracycline on gastrointestinal histological characteristics, distal intestine cell proliferation and intestinal microbiota in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Britiski Jorhaul Nutrition*, n.97, p.699–713, 2007.

BARTLEY, D.M.; RANA, K.; IMMINK, A. J. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 10, p. 325–337, 2001.

BARTON, B.A.; MORGAN, J.D.; VIJAYAN, M.M. Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish. In: Adams (ed.). Biological indicator of aquatic ecosystem stress, Bestherda, Maryland, **American Fisheries Society**, p.289-320,2002.

BAUMGARTNER, G., et al. **Peixes do baixo rio Iguaçu [online]**. Maringá: Eduem, 2012. 203 p. ISBN 978-85-7628-586-1. Available from SciELO Books. Disponível em: <http://static.scielo.org/scielobooks/sn23w/pdf/baumgartner-9788576285861.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2015.

BELÉM-COSTA, A; CYRINO, J. E. P. Antibiotic resistance of *Aeromonas hydrophila* isolated from *Piaractus esopotamicus* (Holmberg, 1887) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **Scientia Agricola**.(Piracicaba, Braz.), v.63, n.3, p.281-284, 2006.

BILLER-TAKAHASHI, J.D. **Imunoestimulantes e imudade de organismos aquáticos**. In: MADI, R.R.; CAMPOS, C.M.; LIZAMA, M.L.A.; TAKEMOTO, R.M. Patologia e sanidade em ambiente aquáticos. 1.ed. Maringá: Massoni, p.295-328, 2014.

BONAPARTE, T.B. ; VARGAS JUNIOR, J.G.; SOARES, R.T.R.N.; BARATA, A.L.1; MESQUITA, C.B.; BIZARRIA, D.G.1; SILVA, B.M.F.; CARVALHO, R.B.; NASCIMENTO, H.S.; OLIVEIRA, L.R.S. **Imunonutrientes na alimentação animal**. Tópicos especiais em Ciência Animal III / Bruno Borges Deminici, Carla Braga Martins, organizadores. – Alegre, ES : CAUFES, 366p, 2014.

BOSSCHER, D.; BREYNAERT, A.; PIETERS, L.; HERMANS, N. Food-based strategies to modulate the composition of the intestinal microbiota and their associated health effects. **Jornaul Physiology Pharmacology**. v.60, n.6, p. 5–11, 2009.

BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes na região de Três Marias**. 3.ed. Brasília: Codevasf, 115 p. 1988.

BUDIÑO, F. E. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; JÚNIOR, J. M. P.; SANTANA, A. E., TUCCI, F. M.; FRAGA, A. L.; SCANDOLERA, A. J.; HUAYNATE, R. A. R. Influência da adição de probiótico e/ou prebiótico em dietas de leitões desmamados sobre as atividades das enzimas digestivas e parâmetros sanguíneos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, 2004.

Buitrago-Suarez UA, Burr BM. Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma* Bleeker (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. *Zootaxa* 1512:1–38, 2007.

BURR, G., HUME, M., RICKE, S., NISBET, D. & GATLIN, D.M. III In vitro and in vivo evaluation of the prebiotics GroBiotic _-A, inulin, mannanoligosaccharide, and galactooligosaccharide on the digestive microbiota and performance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* & *Morone saxatilis*). **Microbicobial Ecology**. v.59, p.187–198, 2010.

CAROLSFELD, J et al., **Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development: The World Bank, 384p. 2003.

CÁUPER, G. C. B. **Biodiversidade Amazônica – Flora Amazônica**. Centro cultural dos povos da Amazônia – CCPA. Manaus, AM. v. 2, 2006.

CEREZUELA, R, CUESTA, A, MESEGUER, J, ESTEBAN, MA. Effects of dietary inulin and heat-inactivated *Bacillus subtilis* on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune parameters. **Fish & Shellfish Immunology**. p. 1032-1040, 2012.

CEREZUELA, R., CLUESTA, A., MESEGUER, J. & ESTEBAN, M.A. Effects of inulin on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune parameters. **Fish & Shellfish Immunology**, v.24, p.663-668, 2008.

CEREZUELA, R.; MESEGUER, J.; ESTEBAN, M.A. Effects of dietary inulin, *Bacillus subtilis* and microalgae on intestinal gene expression in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) **Fish & Shellfish Immunology**. p.843-848, 2013.

CHAGAS, E.C.; PILARSKI, F.; SAKABE,R.; MASSAGO,H.; FABREGAT, T.E.H.P. **Suplementos na dieta para manutenção da saúde dos peixes**. In: TAVARES-DIAS, M. Manejo e sanidade de peixes em cultivo. Embrapa- Amapá, 132-225p. ISSN 1684–5315 2009 Academic Journals. 2009.

DELZRNRR, N.M. et al. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals : review of biochemical events and future prospects. **British Journal of Nutrition**, v.87, n. SupplementS2, p. S255-S259, 2002.

DINIZ, N. M.; HONORATO, C. A. Algumas alternativas para diminuir os efeitos do estresse em peixes de cultivo - revisão. **Arq. Ciênc. Vet. Zool.** UNIPAR, Umuarama, v. 15, n. 2, p. 149-154, jul./dez. 2012.

FALCON, D. R. **Beta Glucano e Vitamina C no Desempenho Produtivo e Parâmetros Fisiopatológicos em Juvenis de tilápia-do-Nilo: Nível de Suplementação e Tempo de Administração**. 2007. 158 f. Tese (Doutorado em Aqüicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. UNESP, 2007.

FARIAS, P.M.C. et al. Produção do híbrido “cachadia” em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.63, p.1208-1214, 2011.

FAUSTINO, F. et al., Fertilização e desenvolvimento embrinário, morfometria e análise estereomicroscopia dos ovos dos híbridos de surubins (pintado, *Pseudoplatystoma corruicans* x cachara *Pseudoplatystoma faciatum*). **Acta Scientarium Biological Sciences**, v.29, n.1, p.49-55, 2007.

FISHELSON, L.Cytomorphological alterations of the thymus, spleen, head-kidney, and liver in cardinal fish (apogonidae, Teleostei) as bioindicators of stress. *Journal of Morphology*, v. 267 (1), p. 57 – 69, 2006.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota. Introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.125, n.6, p.1401–1412,1995.

GIBSON, G.R., PROBERT, H.M., LOO, J.V., RASTALL, R.A., ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Reviews**.v.17, p.259–275, 2004.

GODINHO, H.P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aqüicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.31, p.351-360, 2007.

GOLDSBY, R.A.; KINDT, T.J.; OSBORNE, B.A. Cells and organs of the immune system. In: **J. Kuby, editor. Immunology**, 5ed, W>H> Freeman and Company Publisher, New York, NY, USA, p. 27-60, 2000.

HAULY, M.C.O.; MOSCATTO, J.A. Inulina e Oligofrutoses: uma revisao sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológica**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

HIDAKA, H.; HIRAYAMA, M. Useful characteristics and commercial applications of fructo- oligosaccharides. **Biochemical Society Transactions**, v. 19, n. 3, p. 561-565, 2001.

IBRAHEM MD, FATHI M, MESALHY S, ABD EL-ATY AM. Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth, hematology, innate immunity, and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish Shellfish Immunology**, v.29, p.241-246, 2010.

IWAMA, G.K. Intensive fish production: Course Manual UBC Access Guided Independent Study. **The University of British Columbia**, Vancouver, p.130, 1993.

LEENEN, C.H.M.; DIELEMAN, L.A. Inulin and Oligofructose in Chronic Inflammatory Bowel Disease. **The Journal of Nutrition**, v. 137, n.11, p.2572S-2575S, 2007.

LIMA, L.C.; RIBEIRO, L.P.; LEITE, R.C.; MELO, D.C. Estresse em peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, n.3/4, p.113-117, 2006.

MAHIOUS, A. et AL. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima*; (Linnaeus, C. 1758). **Aquaculture International**, v.14, n.3, p.219-229, 2006.

MATEO, F.J.; DELGADO, N.; LOPEZ, H. Caracterización morfológica del híbrido Yaque Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Leiarius marmoratus*) y sus progenitores (Siluriformes : Pimelodidae). Rev. Fac. Cs. Vets – UCV. p. 49-60, 2008.

MENTEN, J.F.M. Aditivos alternativos na nutrição de aves: probióticos e prebióticos. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. 38: 151-157. 2001.

MOURINO, J.L.P.; VIEIRA, F.N.; JATOBÁ, A.B.; SILVA, B.C.; JESUS, G.F.A.; SEIFFERT, W.Q.; MARTINS, M.L. Effect of dietary supplementation of inulina and W. cibaria on hemato- immunological of hybrid surubim (*Pseudoplatystoma* sp). **Aquaculture nutrition**. p. 73-80, 2012.

OBA, T. E.; MARIANO, S. W.; ROMAGUEIRA, L. **Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável**. Macapá: Embrapa, 2009.

OLIVEIRA, R.A.; PARK, K.J.; CHICORATO, M.; NOGUEIRA, R.I. Otimização de extração de inulina de raízes de chicória. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.2, p.131-140, 2004.

OLSEN, R.E., MYKLEBUST, R., KRYVI, H., MAYHEW, T.M. & RINGO, E. Damaging effect of dietary inulin to intestinal enterocytes in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). **Aquaculture Research**, 32, 931–934. 2001.

PAULINO, R. R. **Inclusão de lipídios e carboidratos em dietas de cachadia (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*)**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Produção e nutrição de não ruminantes) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2013.

POOL-ZOBEL, B., VAN LOO, J., ROWLAND, I., ROBERFROID, M.B. Experimental evidences on the potential of prebiotic fructans to reduce the risk of coloncancer. **British Journal of Nutrition**. 87 (S2), p.S273–S281, 2002.

PORTZ, L. **Recentes Avanços na Imuno-Nutrição de Peixes**. In: SILVA-SOUZA, A.T. Sanidade de Organismos Aquáticos. Maringá:ABRAPOA.p. 229-236, 2006.

RAMÍREZ-GIL H, AJIACO-MARTÍNEZ R. Aspectos preliminares de la biología pesquera del Yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) (Pisces: Siluriformes: Pimelodidae) en la parte alta del río Meta (Orinoquia Colombiana). **Boletín científico INPA 1997**; 5:75- 87.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; PADUA, S.B.; TAVARES-DIAS,M.; EGAMI,M.I.; **Métodos para análise hematológica em peixes**.Maringá: EDUEM, 2013.

REFSTIE, S., BAKKE-MCKELLEP, A.-M., PENN, M.H., SUNDBY, A., SHEARER, K.D., KROGDAHL, Å. Capacity for digestive hydrolysis and amino acid absorption in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with soybean meal or inulin with or without addition of antibiotics. **Aquaculture**. 261, p.392–406,2006.

ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin, and oligosaccharides: a review comparin their physiological effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cambridge, v.33, p.103-108, 1993.

ROBERFROID, M.B. Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition** V.87, p.S139–S143, 2002.

ROBERFROID, M.Prebiotics: the concept revised.**Jornaul Nutrition**.n.137, p.830S–837S,2007.

ROITT, I.; BROSTOFF, J.; MALE, D. **Immunology**. 5. ed. London: Mosby, 1998.

SAAD, S.M.I. Probióticos e Prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, p.1-16, 2006.

SCHOLZ-AHRENS, K. E.; SCHREZENMEIR, J. Inulin and oligofructose and mineral metabolism: the evidence from animal trials. **The Journal of Nutrition**, v.137, p.2513S–2523S, 2007.

SCHREZENMEIR et al. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaching a definition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, n.2, p. 361-364, 2001.

SECOMBES, C. J. The Nonspecific Immune System: Celular Defenses. In: IWAMA, G., NAKANISHI, T. **The Fish Immune System**. London: Academic Press, p. 63-105, 1996.

SECOMBES, C.J., WANG, T. **The innate and adaptive immune system of fish**. 2012.

SEIFERT, S.; WATZL, B. Inulin and Oligofructose: Review of Experimental Data on Immune Modulation. **The Journal of Nutrition**, v. 137, p. 2563S-2567S, 2007.

SELYE, H. Stress and the general adaptation syndrome. **British Medical Journal**, v.1, p.1383-1392, 1950.

SILVA, L.P.; NÖRNBERG, J.L. **Prebióticos na nutrição de não ruminantes**. Santa Maria. V.33,n.5. 2003.

SILVEIRA, U, S.; LOGATO, P.V.R.; PONTES, E.C. Fatores estressantes em peixes. **Revista eletrônica nutritime**, v.6, n.4, p.1001-1017. 2009.

SOUTO, C.N.; OLIVEIRA, M.D.; CUNHA, J.M.S.; PADUA, D.M.C.; OLIVEIRA, S.L. REVISTA ELETRÔNICA NUTRITIME – ISSN 1983-9006 www.nutritime.com.br Artigo 302 Volume 12 - Número 02– p. 4030– 4044- Março/Abril 2015. ASPECTOS NUTRITIVOS RELACIONADOS A SAÚDE DE PEIXES.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. **Hematologia de Peixes Teleósteos**. Ribeirão Preto: Marcos Tavares-Dias, 144p, 2004.

URBINATI, E.C.; ZANUZZO, F.S.; BILLER-TAKAHASHI, J.D. Estresse e sistema imune em peixes. In: Bernardo Baldisserotto, José Eurico Possebon Cyrino, Elisabeth Criscuolo Urbinati. (Org.). **Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicais de Água Doce**. 1ed.Jaboticabal: Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão (Funep), v.1, p.87-105, 2014.

VERLHAC, V., GABAUDAN, J. **The effect of vitamin C on fish health**. Brochure nº 51002. Roche Vitamins, 4070 Basle, Switzerland, 1997.

VERLHAC, V.; OBACH, J.; GABAUDAN, J.; SCHUEP, W.; HOLE, R. Immunomodulation by dietary vitamin C and glucan in rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). **Fish & Shellfish Immunology**, v.8, p.409-424, 1998.

VERSCHUERE, L.; ROMBAUT, G.; SORGELOOS, P.; VERSTRAETE, W. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. **Microbiology and Molecular Bioliology Reviews**, p.655-671, 2000.

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

YOUSEFIAN, M.; & AMIRI, M. S. The review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp Mehdi. Kouzestan, I.R. Iran. **African Journal of Biotechnology** v.8, n.25 p.7313-7318, 2009.

CAPÍTULO 2- O artigo foi elaborado de acordo com as normas da revista PAB

Sistema imune inato de surubins suplementados com inulina

Pamela Thainara do Nascimento Veiga⁽¹⁾, Tatiane Auxiliadora Ribeiro Rodrigues⁽¹⁾ e

Cristiane Fátima Meldau de Campos Amaral⁽¹⁾

⁽¹⁾ Pós-Graduação em Zootecnia, Unidade Universitária de Aquidauana, Rod. Aquidauana-UEMS, km 12 - C.P. 25, CEP 79200-000 Aquidauana, MS, Brasil. E-mail: pamela.thaynara@hotmail.com, taty_rodrigues12@hotmail.com, cmeldau@uems.br.

Resumo - Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito da inulina sobre o estresse e a imunidade inata de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*). Foram distribuídos 208 peixes ($37,91 \pm 5,58$ g), em DIC em esquema fatorial 4X5, correspondente aos níveis de inulina (0,25%, 0,50%, 0,75%) e o grupo isento com quatro repetições cada e o tempo de coleta (inicial, 30 minutos após o estresse, 3, 6 e 24 h após desafio bacteriano com *Aeromonas hydrophila*. Foram coletadas amostras sanguíneas dos surubins após suplementação (31 dias) em 8 peixes/ tratamento/ tempo de coleta. Os animais foram submetidos ao estresse de manejo em dois minutos, sendo coletado sangue 30 minutos após estresse. Posteriormente os animais foram desafiados e coletado amostras em 3, 6 e 24 horas. A suplementação com inulina não melhorou as respostas hematológicas, fisiológicas (glicose), imunológicas (atividade respiratória dos leucócitos) dos surubins. Houve manutenção do hormônio do cortisol em peixes suplementados 0,25% e 0,75% e aumento da lisozima sérica no período inicial com o inclusão de 0,50%. Portanto, concluímos que a suplementação com 0,50% a dieta dos surubins proporciona o estímulo do sistema imune inato dos surubins, por meio do aumento da enzima lisozima sérica.

Termos para indexação: *Pseudoplatystoma* sp., estresse, prebiótico, resistência.

innate immune system surubins supplemented with inulin

Abstract - This study aimed to evaluate the effect of inulin on stress and innate immunity surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*). 208 fish were distributed (37.91 ± 5.58 g) in DIC in factorial 4X5, corresponding to inulin levels (0.25%, 0.50%, 0.75%) and the free group with four replications each and the collection time (starting 30 minutes after stress, 3, 6 and 24 h after bacterial challenge with *Aeromonas hydrophila*. blood samples of surubins after supplementation were collected (31 days) in 8 fish / treatment / collection time. The animals were subjected to handling stress at two minutes, and blood collected 30 minutes after stress. Posteriorly animals were challenged and collected samples 3, 6 and 24 hours. supplementation inulin not improved hematological, physiological responses (glucose), immunological (respiratory activity of leukocytes) of surubins. There was maintained cortisol hormone in fishes supplemented 0.25% and 0.75% lysozyme in serum and increased in the initial period with the inclusion of 0.50%. Therefore, we conclude that supplementation with 0.50% of the diet surubins provides the stimulation of the innate immune system surubins, by increasing the serum enzyme lysozyme.

Index terms: *Pseudoplatystoma* sp, stress, prebiotic, resistance.

Introdução

Surubins são peixes apreciados comercialmente devido às características peculiares de sua carne, como ausência de espinhos intramusculares, carne branca de sabor suave, baixo teor de gordura e bom rendimento de carcaça (Almeida Filho et al., 2012). Sua produção alavanca com cerca de 8.824,3 toneladas, segundo dados do Boletim do Ministério de Pesca e Aquicultura 2011 sem distinção com espécies, como *Pseudoplatystoma reticulatum*,

Pseudoplatystoma corruscans, e os híbridos oriundos das duas espécies mencionados, e ainda cruzamento de *Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*, ou regiões produtoras.

Dentre os entraves apontados para o aumento da produção aquícola destaca-se os problemas sanitários, o qual pode-se citar as doenças ou infecções sendo de grande relevância, podendo causar consideráveis perdas econômicas (Figueiredo & Leal., 2008). Como estratégia em reduzir essas perdas se faz o uso massivo e indiscriminado dos antibióticos, levando a resistência das bactérias, podendo estas ser prejudiciais ao animal (Belem-Costa & Cyrino, 2006; Yousefian & Amiri, 2009).

Com o intuito de evitar o uso indiscriminado dos antibióticos, métodos profiláticos tem sido utilizados, como a vacinação e a utilização de imunoestimulantes, como o prebióticos (Mourino et al., 2012). Os prebióticos são ingredientes alimentares não digeríveis, que afetam benéficamente o hospedeiro proporcionando o crescimento de bactérias benéficas ao trato gastrointestinal, resultando em uma mucosa mais íntegra, melhorando sua saúde (Ringo et al., 2010). Entre os prebióticos comumente usados na aquicultura podemos relatar os glucoligossacarídeos, mananoligossacarídeos e os frutoligossacarídeos, como a inulina (Cerezuela et al., 2012).

Estudos tem demonstrado que a suplementação com inulina melhora o sistema imune (Ahmdifar et al., 2011; Cerezuela et al., 2012; Mourino et al., 2015; Tiengtam et al., 2015). Diante disto, este trabalho teve por objetivo avaliar se a suplementação com prebiótico inulina proporciona melhora no sistema imune inato dos surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) frente a rotinas do sistema produtivo, como manejo de captura e o possível aparecimento de doenças e/ ou infecções.

Material e métodos

Este experimento foi realizado junto ao setor de piscicultura da Universidade Estadual de Mato Grosso do sul, na Unidade Universitária de Aquidauana– MS entre março e abril de 2015. Surubins (n=208), com peso inicial médio e comprimento respectivamente de $37,91 \pm 5,58$ g e $18,51 \pm 0,69$ cm, foram distribuídos aleatoriamente em 16 (13 animais/caixa), para adaptação a dieta e condição experimental. Os animais foram alimentados diariamente duas vezes ao dia com as dietas experimentais até a saciedade aparente, sendo adotado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x5, correspondente aos níveis de prebiótico e os tempos de amostragens.

A dieta experimental consistiu da ração comercial farelada cujos teores correspondentes no rótulo apresentaram os seguintes valores: (umidade máxima de 12%, energia digestível $3.500 \text{ Kcal kg}^{-1}$, vitamina C 350 mg kg^{-1} , extrato etéreo 8%, e porcentagens mínima de proteína bruta 40%, cálcio 3,5% e fósforo 1,5%), acrescidos ou não os respectivos níveis de inulina (0,25%, 0,50% e 0,75%) (INUFLOA®), conforme o tratamento. Para o preparo desta, os diferentes níveis de inulina, foram acrescentados e homogeneizados a ração comercial, adicionado a água, e os peletes refeitos com auxílio de moedor de carne, e posteriormente secos em estufa de ventilação forçada a 65° C por 14 horas, sendo armazenados sobre refrigeração a 5° C até sua utilização, procedendo do mesma etapa de preparo o grupo isento de prebiótico.

Diariamente (7 e 18 h) antes da oferta do alimento, foram realizados o monitoramento das características de qualidade da água do cultivo como oxigênio (oxímetro modelo HI 9146 HANNA) e temperatura e pH com peagametro portátil (modelo HI 98218 HANNA), cujos valores médios foram $25,90 \pm 0,91^\circ \text{ C}$ temperatura; $5,21 \pm 0,59 \text{ mg L}^{-1}$, oxigênio dissolvido; e $7,18 \pm 0,32$, pH.

Ao final do período de suplementação procedeu-se a colheita sanguínea por punção do vaso caudal dos peixes anestesiados com solução de eugenol a 50 mg L^{-1} , em seringas isentas de anticoagulantes, banhadas com anticoagulante e antiglicolítico (EDTA 3%, Heparina e Glistab). Inicialmente realizou a colheita sanguínea caracterizando o momento zero (amostragem inicial). Em seguida, os peixes foram submetidos a estresse por perseguição/captura e exposição ao ar durante um minuto cada (1+1), e o sangue foi novamente coletado 30 minutos após estresse, e posterior ao desafio bacteriano, conforme projeto aprovado pelo CEUA-UEMS sob protocolo nº014-2013.

O desafio bacteriano consistiu na inoculação intraperitoneal da bactéria *Aeromonas hydrophila* ($0,8 \times 10^6$ UFC) nos animais após exercício de estresse por perseguição/ captura e exposição aérea (30 minutos após o estresse), sendo novamente coletadas amostras sanguíneas nos tempos de 3, 6 e 24 h após inoculação, sendo os animais monitorados por 15 dias quanto aos seus sinais clínicos após o desafio bacteriano. De posse das amostras coletadas foram determinados indicadores hematológicos, fisiológicos e imunológicos, sendo coletadas amostras de 2 peixes por repetição, totalizando ($n=8$ por tratamento/ por tempo de coleta).

Com as amostras sanguíneas banhadas em EDTA 3% determinou-se o percentual de hematócrito pelo método de microhematócrito de Goldenfarb et al., (1971), hemoglobina pelo método de cianometahemoglobina de Collier (1944) e a contagem do número de eritrócitos em câmara de Neubauer. De posse dos valores de hematócrito, hemoglobina e número de eritrócitos foram calculados o volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) de Wintrobe (1934). Foram confeccionadas extensões sanguíneas em duplicatas, secas ao ar e coradas com May Grünwald-Giemsa-Wright (Tavares-Dias & Moraes, 2004) para contagem diferencial de leucócitos, e contagem total de trombócitos e leucócitos.

A glicose plasmática foi realizada pelo método do ponto final utilizando-se kit comercial de determinação colorimétrica, a partir do sangue aliquotado em microtubo de polietileno contendo antiglicolítico (Glistab). O cortisol plasmático foi realizado através do plasma heparinizado, armazenado (-70° C), pelo Kit DBC.

A análise da atividade respiratória dos leucócitos “burst” respiratório foi realizada por meio das espécies reativas de oxigênio (EROs) utilizando o corante nitroblue tetrazolium (NBT). 100 µL de sangue heparinizado foi adicionado a 100 µL de *nitroblue tetrazolium* (NBT), homogeneizados e incubados a 25° C por 30 min. Posterior ao período incubatório, 50 µL da mistura foi diluída em 1000 µL de N, N-dimetil formamida (DMF) e centrifugada a 3000 G durante 5 minutos, realizados a leitura sobrenadante a densidade óptica por espectrofotometria em comprimento de onda de 540 nm.

A lisozima sérica foi realizada com soro dos peixes, sendo estes obtidos por meio de amostras isentas de anticoagulantes, deixadas a temperatura ambiente por cerca de 2 horas para coagulação. Para obtenção do soro, as amostras foram centrifugados a 3000 g por 5 minutos e estocadas em freezer -70°C até o momento da análise, sendo esta realizada por meio de ensaio turbidimétrico, segundo Ellis (1990) e adaptada por Abreu et al. (2009). A sobrevivência foi calculada com base na seguinte fórmula $(100 \times \text{número de animais final}) / \text{número de animais inicial}$.

Para os dados fisiológicos, imunológicos e hematológicos adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5 (níveis do prebiótico inulina x tempos de amostragem). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos às médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados e discussão

Observou – se efeito da interação ($P < 0,001$) sobre o cortisol plasmático dos surubins suplementados com 0,50% e o grupo controle, ocorrendo o aumento deste hormônio circulante 3 horas após ação conjunta dos agentes estressores = estresse de manejo + desafio bacteriano (0,50% de inulina), e 30 minutos após estresse de manejo (controle) (Tabela 1). A suplementação com inulina nos surubins reduzir o impacto dos agentes estressantes nos níveis de 0,25% e 0,75% proporcionando a manutenção sanguínea deste hormônio circulante.

Segundo Takahashi et al. (2006) as diferentes respostas de exaustão e a recuperação do cortisol circulante pode depender quanto a espécie, tamanho e idade dos animais. *Brycon amazonicus* e *Colossoma macropomum* requerem grande tempo de recuperação do cortisol circulante, aproximadamente cerca de 24 horas e 96 horas, resultados semelhantes a estes cujo níveis de cortisol plasmático se manteve elevado após 24 horas ao início dos manejos estressantes de captura e o desafio.

Para as variáveis hematológicas da série vermelha não foi observado efeito ($P > 0,05$) nos diferentes níveis suplementados com inulina nos surubins. Semelhante a este resultado, a suplementação com prebiótico inulina não proporcionou melhora nas variáveis hematológicas de espécies como *Oreochromis niloticus*, *Huso huso* e *Pseudoplatystoma* spp. (Ibrahim et al., 2010; Ahmdifar et al., 2011; Mourino et al., 2012). Entretanto resultados satisfatórios foram reportados por Tiengtam et al. (2015) e Mourino et al. (2015), havendo estímulo na produção de eritrócitos nos grupos suplementados em comparação ao grupo controle. Essas diferentes respostas encontradas podem ser em decorrência das concentrações utilizadas, tempo de suplementação, e a espécie no que refere-se à morfologia intestinal, fermentação e a microbiota intestinal (Hoseinifar et al., 2010; Ringo et al., 2010).

O efeito ($P < 0,001$) nas variáveis sanguíneas da série vermelha ocorreu com relação ao período de coleta, havendo inicialmente um aumento no número de eritrócitos após a ação do manejo de estresse (30 minutos), e na concentração de hemoglobina (3h após ação conjunta de estressores), retornando a valores próximos aos iniciais 24 horas após ação desses estressores, e redução do hematócrito (3h) e volume corpuscular (30 minutos após manejo de estresse) dos surubins (Tabela 2).

Atividades rotineiras no sistema de criação aos quais os animais são expostos como estresse por transporte, superpopulação e as diferenças do sistema de cultivo, como queda de temperatura, baixo oxigênio dissolvido na água podem alterar o estado fisiológico dos animais. O aumento da hemoglobina (3 horas após desafio), e o número de eritrócitos (30 minutos após estresse de manejo), sugere maior necessidade de transporte de oxigênio, na tentativa de suprir a demanda energética e a busca pelo equilíbrio osmótico (Tavares- Dias & Moraes., 2004). Por sua vez, a redução do hematócrito e do volume corpuscular indica hemodiluição das células, devido aos distúrbios osmorregulatórios (Morgan & Iwama, 1997).

Houve aumento ($P < 0,001$) da glicose sanguínea dos surubins após exercício de estresse de manejo (Figura 1). Esse aumento indica a mobilização de glicose na necessidade em suprir a demanda energética, por meio da ação das catecolaminas na quebra do glicogênio hepático (Morgan & Iwama, 1997; Mommsen et al., 1999).

De acordo com Tort. (2011), ainda como parte de resposta aguda do estresse e devido à liberação das catecolaminas, pode ocorrer à mobilização dos eritrócitos e leucócitos pelo sistema nervoso autônomo, como acontecido nos surubins após ação dos agentes estressantes de manejo e a bacteriose, aumentando a circulação leucócitos totais e linfócitos (6h), e os trombócitos (6 e 24h) (Tabela 3). No entanto, a suplementação com diferentes níveis de inulina não influenciou respostas sobre as variáveis sanguíneas leucocitárias e trombocitárias dos surubins. Estes resultados são semelhantes ao encontrado na espécie como *Oncorhynchus*

mykiss, suplementadas com pre e probiótico não verificando efeito sobre os leucócitos sanguíneos (Hoseinifar et al., 2015).

Em episódios curtos de estresse o sistema imunitário pode não ser afetado, tendo respostas cardiovasculares rapidamente retornados ao equilíbrio. Alguns mecanismos imunes essenciais, tais como fagocitose, permanecem ativos, e outros mecanismos imunitários podem não ser significativamente afetadas durante períodos de tempo curtos (Tort, 2011).

No presente estudo, foi possível verificar aumento ($P < 0,001$) da atividade respiratória dos leucócitos após o estresse de nanejo (Figura 2). No entanto, não foi possível verificar a melhora desta variável com a inclusão a dieta dos peixes do prebiótico inulina, resultado este semelhante ao reportado por Cerezuela et al. (2008), que ao suplementar *Sparus aurata* L., não observou efeito sobre a atividade respiratória dos leucócitos. Entretanto alguns estudos obtiveram resultados satisfatórios, como Cerezuela et al. (2012) em *Sparus aurata* L., e Gupta et al. (2008) em *L. rohita*, sendo também neste mesmo estudo mencionado anteriormente verificado aumento nos teores de atividade oxidativa, hemoglobina, contagem total de leucócitos, atividade oxidativa, atividade lisozima sérica e maior porcentagem relativa à sobrevivência frente ao desafio com *A. hydrophila*.

O estresse agudo pode se tornar adaptativo porque o peixe reage para o desafio, podendo o resultado bem sucedido resultar numa experiência de aprendizagem útil para novos episódios, como demonstrado no tempo de coleta de 6 horas, com aumento dos leucócitos sanguíneos (trombócitos, linfócitos e leucócitos totais), bem como a ativação da atividade respiratória dos leucócitos após o estresse, no qual a fase aguda do estresse favorece a mobilização de células de defesa e a distribuição dos diferentes tipos celulares, de acordo com a necessidade (Barcelos et al., 2000).

Observou-se efeito de interação ($P < 0,001$) entre lisozima sérica, em que peixes suplementados com 0,50% do prebiótico inulina obtiveram aumento desta enzima, sendo posteriormente verificado redução nesta concentração após o estresse por captura/perseguição e exposição aérea, retornando ao valor próximo ao inicial após ação conjunta dos estressores (24 h) (Tabela 4). Semelhante ao resultado encontrado na presente pesquisa houve aumento da lisozima sérica após suplementação com fontes prebióticas, em *Sciaenops ocellatus*, *Pseudoplatystoma* spp. e *Rutilus Rutilus*, citados respectivamente por Buentello et al. (2010), Mourino et al. (2015) e Soleimani et al. (2012).

A resposta do peixe para *A. hydrophila* depende de vários fatores, tais como a virulência da estirpe, concentração, temperatura, idade dos peixes, portanto é possível que a dose de *A. hydrophila* utilizado no presente estudo tenha sido ideal ou suficiente a fim de debilitar estes animais. Em condições estressantes como no presente estudo, como no manejo de perseguição e captura, bactérias reconhecidamente patogênicas como *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio*, *Cytophaga*, *Renibacterium* e *Mycobacterium* têm seu desenvolvimento acelerado, fato contraditório este encontrado na presente pesquisa (Barcelos et al., 2000).

Conclusão

1. Nas situações comumente ocorridas na atividade aquícola, como adensamento e variações ambientais, concentrações de 0,25 e 0,75% proporcionam maior estabilidade do hormônio cortisol, que em níveis elevados pode acarretar diretamente no desempenho e sistema imune dos animais.
2. Para a melhora do sistema imune de surubins, indica-se a suplementação de 0,50% de inulina, ao qual proporciona aumento de lisozima serica, e na qual pode se observar que apesar do aumento do hormônio circulante cortisol, não ocorre a interferência no sistema imune.

Agradecimentos

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul/ FUNDECT- MS, pela concessão da bolsa de estudo ao autor, a equipe do laboratório de sanidade de peixe da UEMS- Aquidauana pelo apoio no decorrer deste trabalho e o financiamento do trabalho pelo Projeto Casadinho- Procad Proc.n ° 552395/2011-0 CNPq.

Referências

- ABREU, J.S.; MARZOCCHI-MACHADO, C.M.; URBACZEK, A.C.; FONSECA, L.M.; URBINATI, E.C. Leukocytes respiratory burst and lysozyme level in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, p.31-47, 2009.
- AHMADIFAR E, AKRAMI R, GHELICHI A, MOHAMMADI ZAREJABAD A. Effects of different dietary prebiotic inulin levels on blood serum enzymes, hematologic, and biochemical parameters of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles. **Comparative Clinical Pathology**. p. 447-451, 2010.
- ALMEIDA FILHO, R.L.; HONORATO, C.A.; ALMEIDA, L.C.; USHIZIMA, T.T.; SANTA MARIA, F.M. **Nutrição de surubim (*Pseudoplatystoma ssp.*) - Desafio para Aquicultura**. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 9, p.1995-2010. 2012.
- BARCELLOS, L.J.G.; SOUZA, S.M.G. de; WOEHL, V.M. Estresse em peixes: fisiologia da resposta ao estresse, causas e consequências (revisão). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.26, p.99-111, 2000.
- BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Reviews of Fish Diseases**, v.10, p.3-26, 1991.

BELÉM-COSTA, A; CYRINO, J. E. P. Antibiotic resistance of *Aeromonas hydrophila* isolated from *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **Scientia Agricola**.(Piracicaba, Braz.), v.63, p.281-284, 2006.

BUENTELLO, J.A.; NEILL, W.H.; GATLIN, D.M. Effects of dietary prebiotics on the growth, feed efficiency and non-specific immunity of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus* fed soybean-based diets. **Aquaculture Research**, v.41, p.411-418, 2010.

CEREZUELA, R, CUESTA, A, MESEGUER, J, ESTEBAN, MA. Effects of dietary inulin and heat-inactivated *Bacillus subtilis* on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune parameters. **Fish & Shellfish Immunology**. v.32, p.1032-1040,2012.

CEREZUELA, R., CLUESTA, A., MESEGUER, J. & ESTEBAN, M.A. Effects of inulin on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune parameters. **Fish & Shellfish Immunology**. v.24, p.663-668, 2008.

COLLIER, H.B. The standardizations of blood haemoglobin determinations.**Canadian Medical Association Journal**, v.50, p.550-552, 1944.

ELLIS, A.E. Lysozyme assays. In: STOLEN, J.S, FLETCHER, T.C, ANDERSON, D.P, ROBERSON B.S. , editors. **Techniques in Fish Immunology**. Fair Haven, NJ: SOS Publications, p. 101-104, 1990.

FIGUEIREDO., H.C.P.; LEAL, C.A.G. Tecnologias aplicadas em sanidade de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.08-14, 2008.

GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIOUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determinations. **American Journal of Clinical Pathology**, v.56, p.35-39, 1971.

GRUPTA, S.K., PAL, A.K., SAHU, N.P., DALVI, R., KUMAR, V., MUKHERJEE, S.C. Microbial levan in the diet of *Labeo rohita* Hamilton juveniles: effect on non-specific

immunity and histopathological changes after challenge with *Aeromonas hydrophila*. **Journal of fish diseases**. v.31, p.649–657, 2008.

HOSEINIFAR, S.H., ZARE, P. & MERRIFIELD, D.L. 2010. The effects of inulin on growth factors and survival of the Indian white shrimp larvae and postlarvae (*Fenneropenaeus indicus*). **Aquaculture Research**, 41, p.348–352.

IBRAHEM MD, FATHI M, MESALHY S, ABD EL-ATY AM. Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth, hematology, innate immunity, and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish Shellfish Immunol**. v.29, p. 241-246, 2010.

MOMMSEN, T.P.; VIJAYAN, M.M & MOON, T.W. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of actions and metabolic regulation. **Reviews in Fish Biology**. v.9, p.211-268, 1999.

MORGAN, J.D.; IWAMA, G.K. **Measurements of stressed states in the field**. In: IWANA, G.K. et al. (Ed.). Fish stress and health in aquaculture. New York: Cambridge University Press, cap. 10, p. 247 -270, 1997.

MOURINO, J.L.P; VIEIRA,F.N.; JATOBÁ,A.B.; SILVA,B.C.; JESUS, G.F.A.; SEIFFERT,W.Q.; MARTINS,M.L. Effect of dietary supplementation of inulina and W. cibaria on hemato- immunological of hybrid surubim (*Pseudoplatystoma* sp). **Aquaculture nutrition**.v.18, p. 73-80,2012.

MOURINO, J.L.P; VIEIRA,F.N.; JATOBÁ,A.B.; SILVA,B.C.; PEREIRA, G.V.; JESUS, G.F.A.; USHIZIMA, T.T.; Symbiotic supplementation on the hemato-immunological parameters and survival of the hybrid surubim after challenge with *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture nutrition**. Online: 2015.

RINGO, E.; OLSEN, R.E.; GIFSTAD, T.O.; DALMO, R.A.; AMLUND, H.; HEMRE, G.-I.; BAKKE, A.M. Prebiotics in aquaculture: a review. **Aquaculture Nutrition**, v.16, p.117-136 , 2010.

SOLEIMANI, N.; HOSEINIFAR, S.H.; MERRIFIELD, D.L.; BARATI, M.; ABADI, Z.H. Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. **Fish & Shellfish Immunology**. n.32, p.316-321, 2012.

TAKAHASHI, L. S.; ABREU, J. S.; BILLER, J. D.; URBINATI, E. C. Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 28, p. 469-475, 2006.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. **Hematology of teleosts fish**. 1. ed.: Villimpress, Ribeirão Preto. (In Portuguese), 2004. 144 p

TIENGTAM, N.; KHEMPAKA,S.; PAENGKOUM,P.; BOONANUNTANASARN,S. Effects of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthustuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Niletilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animal Feed Science and Technology**, v.207 p.120–129, 2015.

TORT, L. **Stress and immune modulation in fish**. Developmental and Comparative Immunology 35, p.1366-1375, 2011.

WINTROBE, M. M. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. **Folia Haematologica**, v. 51, p. 32-49, 1934.

YOUSEFIAN, M.; & AMIRI, M. S. The review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp Mehdi. Kouzestan, I.R. Iran. **African Journal of Biotechnology**, v.8, p.7313-7318, 2009.

Tabela 1. Cortisol plasmático (ug/dL) de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) alimentados com prebiótico inulina em diferentes tempos de coleta

	Níveis de inulina			
	0%	0,25%	0,50%	0,75%
Tempo de coleta				
Inicial	3,53± 0,16 ^{aC}	3,81± 0,16 ^{aB}	3,44± 0,17 ^{aB}	3,79± 0,16 ^{aB}
PE	4,21 ± 0,16 ^{aB}	4,11 ± 0,17 ^{aB}	3,98 ± 0,16 ^{aB}	4,08 ± 0,16 ^{aB}
3 h (PE +AH)	4,57 ± 0,16 ^{bB}	4,22 ± 0,16 ^{bB}	5,44 ± 0,16 ^{aA}	4,41 ± 0,16 ^{bB}
6h (PE +AH)	5,65 ± 0,16 ^{aA}	5,84± 0,16 ^{aA}	5,95 ± 0,16 ^{aA}	5,65 ± 0,16 ^{aA}
24h (PE AH)	5,71 ± 0,16 ^{aA}	5,69 ± 0,16 ^{aA}	5,97 ± 0,16 ^{aA}	5,89 ± 0,16 ^{aA}

Médias seguidas com letras minúsculas na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05) entre os tratamentos; Médias seguidas com letras maiúsculas na mesma coluna indicam efeito de interação (P<0,001) entre os tratamentos e os tempos de coleta. PE (30 minutos após estresse por perseguição/ captura e exposição aérea), AH (estresse + desafio bacteriano com a inoculação de bactéria *Aeromonas hydrophila*).

Tabela 2. Eritrograma (média ± erro-padrão) de surubins alimentados com prebiótico inulina

Tempo de coleta	Hematócrito (%)	Hemoglobina (g dL-1)	RBC (x106µL-1)	VCM (fL)	CHCM (gdL-1)
Inicial	40,18±1,56 ^a	4,59±0,51 ^a	1,60±0,17 ^b	271,88±14,32 ^a	11,94±1,62 ^b
PE	36,50±1,56 ^a	5,11±0,51 ^a	2,72±0,17 ^a	165,08±14,32 ^b	14,81±1,62 ^b
3 h (PE +AH)	26,00±1,56 ^b	5,31±0,52 ^a	3,15±0,17 ^a	96,19±14,32 ^c	20,71±1,64 ^a
6h (PE +AH)	27,46±1,56 ^b	5,08±0,53 ^a	3,56±0,17 ^a	87,45±14,32 ^c	19,16±1,68 ^a
24h (PE AH)	29,09±1,56 ^b	3,46±0,51 ^b	2,23±0,17 ^b	139,72±14,32 ^b	12,04±1,62 ^b

Médias com letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). PE (30 minutos após estresse por perseguição/ captura e exposição aérea), AH (estresse + desafio bacteriano com a inoculação de bactéria *Aeromonas hydrophila*).

Tabela 3. Trombograma (μL^{-1}) e leucograma em diferentes tempos de coleta (μL^{-1}) (média $\pm$ erro-padrão) de surubins suplementados com prebiótico inulina

Tempo de coleta	LI ($\times 10^3$)	LT ($\times 10^3$)	Tromb ($\times 10^3$)	Lf ($\times 10^3$)	Nt ($\times 10^3$)
Inicial	1,16 $\pm$ 0,20 ^a	23,97 $\pm$ 3,59 ^b	27,13 $\pm$ 5,10 ^b	19,36 $\pm$ 3,17 ^b	3,42 $\pm$ 0,57
PE	1,35 $\pm$ 0,20 ^a	33,29 $\pm$ 3,59 ^b	22,85 $\pm$ 5,10 ^b	27,60 $\pm$ 3,17 ^b	4,14 $\pm$ 0,57
3 h (PE +AH)	0,35 $\pm$ 0,35 ^b	23,07 $\pm$ 4,35 ^b	20,77 $\pm$ 6,17 ^b	20,30 $\pm$ 3,84 ^b	2,28 $\pm$ 0,69
6h (PE +AH)	0,23 $\pm$ 0,46 ^b	54,12 $\pm$ 5,15 ^a	52,05 $\pm$ 7,49 ^a	50,62 $\pm$ 4,55 ^a	3,35 $\pm$ 0,81
24h (PE AH)	1,86 $\pm$ 0,19 ^a	25,65 $\pm$ 3,59 ^b	58,69 $\pm$ 5,01 ^a	19,40 $\pm$ 3,11 ^b	4,29 $\pm$ 0,56

Significativo pela análise de variância ($P < 0,05$). Médias com letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) LI = Leucócito imaturo; LT= Leucócitos totais; Tromb= trombócitos; Lf = Linfócito; Nt = Neutrófilo. PE (30 minutos após estresse por perseguição/ captura e exposição aérea), AH (estresse + desafio bacteriano com a inoculação de bactéria *Aeromonas hydrophila*).

Tabela 4. Lisozima sérica ($\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$) de surubins suplementados com diferentes níveis de inulina após manejo de estresse e desafio bacteriano

Tempo de coleta	Níveis			
	0%	0,25%	0,50%	0,75%
Inicial	7,93 $\pm$ 1,36 ^{bB}	5,46 $\pm$ 1,36 ^{bC}	10,33 $\pm$ 1,15 ^{aA}	5,84 $\pm$ 1,24 ^{bB}
PE	8,26 $\pm$ 1,75 ^{aB}	10,02 $\pm$ 1,15 ^{aB}	5,74 $\pm$ 1,75 ^{bB}	9,42 $\pm$ 1,75 ^{aA}
3 H (PE +AH)	4,81 $\pm$ 1,24 ^{aC}	5,53 $\pm$ 1,24 ^{aC}	6,23 $\pm$ 1,24 ^{aB}	6,32 $\pm$ 1,52 ^{aB}
6 H (PE +AH)	8,27 $\pm$ 1,15 ^{aB}	9,90 $\pm$ 1,24 ^{aB}	7,42 $\pm$ 1,07 ^{aB}	8,83 $\pm$ 1,24 ^{aA}
24 H (PE +AH)	13,19 $\pm$ 1,15 ^{aA}	14,41 $\pm$ 1,07 ^{aA}	11,17 $\pm$ 1,15 ^{aA}	11,18 $\pm$ 1,15 ^{aA}

15

Médias seguidas com letras minúsculas na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) entre os tratamentos; Médias seguidas com letras maiúsculas na mesma coluna indicam efeito de interação ($P < 0,001$) entre os tratamentos e os tempos de coleta. PE (30 minutos após estresse por perseguição/ captura e exposição aérea), AH (estresse + desafio bacteriano com a inoculação de bactéria *Aeromonas hydrophila*).

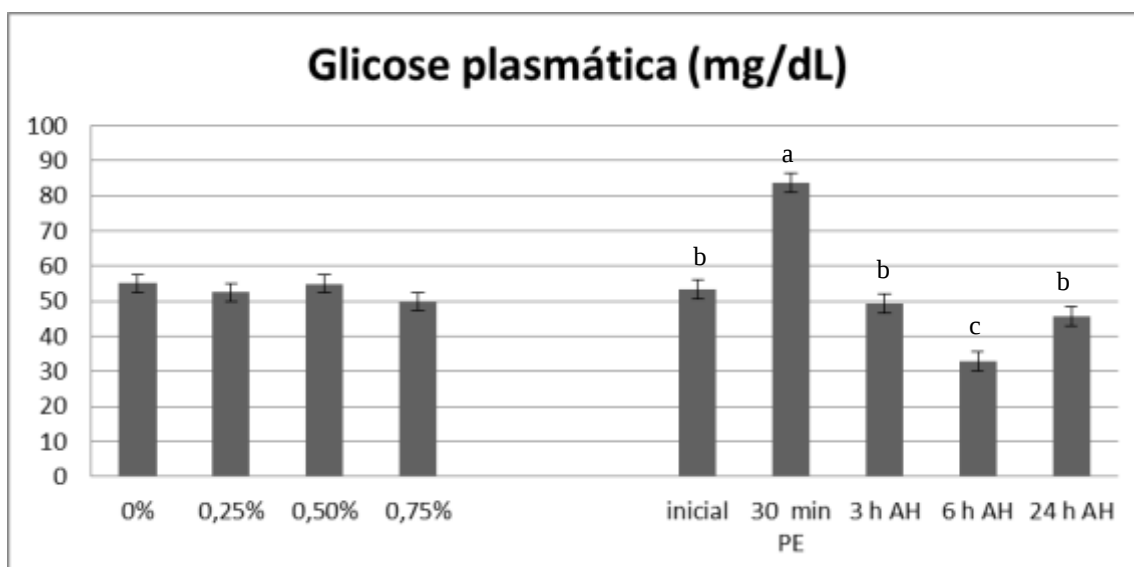


Figura 1. Glicose plasmática de surubins suplementados com inulina. Médias com letras distintas diferem ($P < 0,001$). PE (após estresse de perseguição/ captura e exposição aérea; AH (após desafio bacteriano com *Aeromonas hydrophila*)

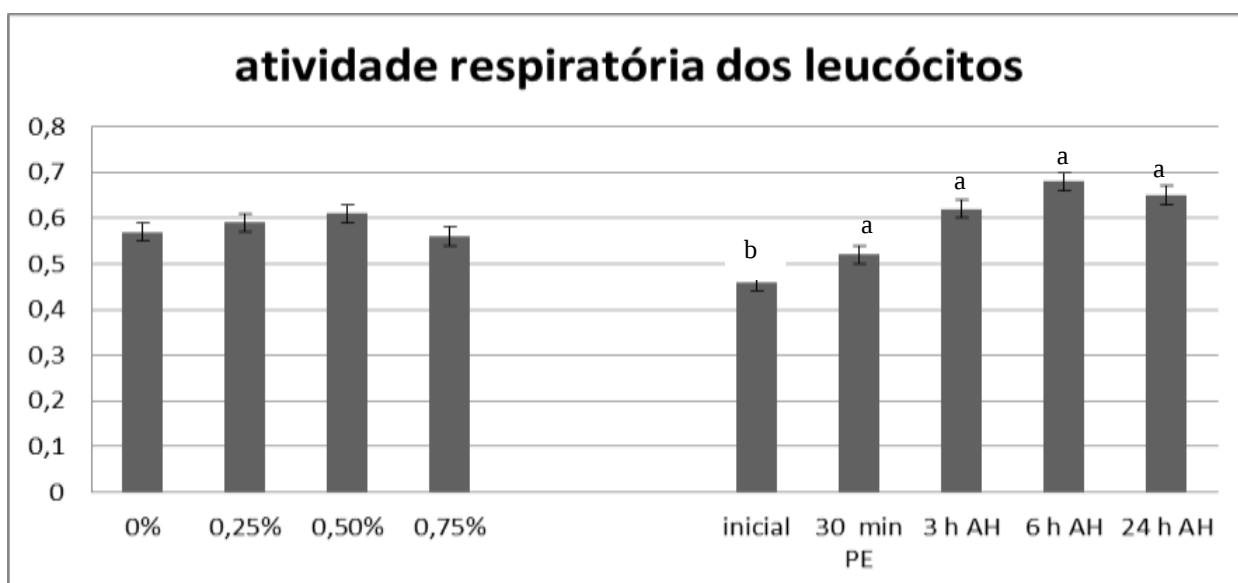


Figura 2. Atividade respiratória de leucócitos em surubins suplementados com inulina. Médias distintas diferem ($P < 0,001$). PE (após estresse por perseguição/ captura e exposição aérea); AH (após desafio bacteriano com *Aeromonas hydrophila*)

CAPÍTULO 3-JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY

Análises zootécnica e econômica da criação de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum*
x *Leiarius marmoratus*) suplementados com inulina

Pamela Thainara do Nascimento Veiga⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Unidade Universitária de Aquidauana, Rod. Aquidauana-UEMS, km 12 - C.P. 25, CEP 79200-000 Aquidauana, MS, Brasil. E-mail: pamela.thaynara@hotmail.com

Resumo

Influência da inulina foi avaliada sobre indicadores de desempenho e econômicos de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*). Um total de 208 peixes com peso médio e comprimento, respectivamente, $37,91 \pm 5,58$ g e $18,51 \pm 0,69$ cm, foram distribuídos aleatoriamente em 16 caixas d'água ($0,16$ peixes L^{-1}) em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições cada. Os tratamentos consistiram de alimentação de peixes com ração sem inclusão de prebiótico e com níveis de 0,25%, 0,50% e 0,75% de inulina. A inclusão de dieta prebiótica no nível de 0,25% melhorou o ganho de peso dos surubins em 9,5% e conversão alimentar aparente em 3,51%, apesar do aumento do preço do kg da ração comercial em 2,05%, sendo realizados com inclusão ou não do produto afim de avaliar economicamente seu uso. O resultado revelou que a inclusão deste prebiótico em nível de 0,25% na ração comercial se faz interessante, por se obter melhora na conversão alimentar (3,51%), refletindo diretamente no custo de produção, e nos indicadores econômicos, reduzindo o custo total médio para R\$ 5,58 kg⁻¹ nas diversas escalas produtivas, e a aumento da receita bruta (9%) e a lucratividade respectivamente em 37,28%, 31,03% e 54,33%.

Palavra-chave: piscicultura, custo de produção, prebiótico

Os surubins pertencentes ao gênero *Pseudoplatystoma* são apreciados no mercado devido suas particularidades de sua carne como ausência de espinhos no filé, textura firme e cor clara (Crepaldi et al., 2006). Em decorrência de sua crescente produção e suas peculiaridades do sistema produtivo como o canibalismo no que se refere principalmente a fase inicial de criação, novas espécies tem surgido como o surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*), produzidos principalmente por aceitarem mais facilmente ração inerte, diminuïrem o canibalismo na fase inicial, reduzirem a exigência proteica e devido ao seu rápido crescimento (Campos, 2010, Porto- Foresti et al., 2013; Valadao et al., 2016).

A crescente demanda e a busca constante de maiores produções de peixes, resultam em sistemas de criação cada vez mais intensivos, podendo esses serem fatores prejudiciais à saúde dos animais, favorecendo o aparecimento de doenças e infecções, causando consideráveis perdas econômicas (GÓMEZ et al., 2007, KIRON, 2012). Como intuito em mitigar essas perdas, e não somente com finalidade terapêutica utiliza-se os antibióticos. Porém, seu uso massivo e indiscriminado resulta em resistência de bactérias, podendo essas serem patogênicas aos animais (BELEM COSTA & CYRINO, 2006; YOUSEFIAN & AMIRI, 2009).

Como alternativa ao uso dos antibióticos, tem sido relatado atenção na indústria aquícola o uso de imunoestimulantes como probióticos e prebióticos (Gatesoupe, 2008). Os prebióticos, como a inulina são ingredientes alimentares que adicionados servem como substratos as bactérias benéficas como as *bifidobacterias* e *lactobacillus*, propiciando seu crescimento e desenvolvimento no trato gastrointestinal (Gibson & Roberfroid, 1995; Ringo 2010). Diversos estudos têm demonstrado a eficiência do uso dos prebióticos aos peixes, por meio da melhor utilização do alimento, modulação da

microbiota intestinal, aumento da resposta imune e redução de patógenos (Verschuere et al., 2000; Ringo et al., 2010; Song et al., 2014).

Segundo Tachibana & Castagnolli (2003) a utilização de aditivos a ração reduz a mortalidade, melhora o desempenho zootécnico, consequentemente reduzindo o custo do quilo de peixe produzido. A indústria nacional tem utilizado a levedura desidratada nas rações de peixes, devido a sua disponibilidade no mercado, por ser produzida pelas usinas de processamento de cana-de-açúcar. No entanto, outros aditivos têm sido estudados, a fim de elucidar seu efeito no organismo animal, bem como a sua influência produtiva, como neste estudo com a suplementação dos surubins com prebiótico inulina.

Diante disto, a análise econômica de qualquer atividade se faz uma ferramenta fundamental para decidir de forma segura se o uso das fontes de nutrientes disponíveis no mercado, bem como aditivos ou fontes alternativas aos quais visam garantir e melhorar a produtividade e também a lucratividade (Faria Filho et al., 2008). Sendo assim considerando a importância comercial do surubim (*P. reticulatum* x *L. marmoratus*) foi avaliada a influência da suplementação do prebiótico inulina no desempenho zootécnico e nos indicadores econômicos da sua produção.

Materiais e métodos

Dieta experimental

As dietas experimentais foram preparadas sem a inclusão do prebiótico (0%), e com níveis de 0,25%; 0,50% e 0,75% do prebiótico inulina (INUFLOA®), adicionadas a ração comercial (SUPRA®). Para preparo da dieta experimental a ração foi triturada, acrescida de água e dos diferentes níveis de prebiótico, homogeneizada, peletizadas, secada em estufa de ventilação forçada a 65° C em 14 horas, armazenadas a

5° C até sua utilização, procedendo essa mesma etapa no preparo da dieta isenta do prebiótico.

A ração comercial utilizada neste experimento tinha a seguinte composição: umidade máxima de 12%, energia digestível 3.500 Kcal kg⁻¹, vitamina C 350 mg kg⁻¹, extrato etéreo 8%, e porcentagens mínima de proteína bruta 40%, cálcio 3,5% e fósforo 1,5%.

Manejo dos animais e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os peixes (n=208) foram acondicionados na densidade de 0,16 peixe L⁻¹ por unidade experimental (caixas d'água 80 L), com peso e comprimento inicial, respectivamente, de 37,91 ± 5,58 g e 18,51 ± 0,69 cm.

Após o período de 15 dias de aclimação às condições ambientais e dietas experimentais, teve início o experimento. Duas vezes ao dia, as 7 e 18 h, as dietas foram ofertadas até a saciedade aparente e foram mensurados os parâmetros de qualidade de água e mantidos entre temperatura (° C) 25,90± 0,91, oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) 5,21 ± 0,59; e pH 7,18 ± 0,32.

Desempenho zootécnico

Para avaliação do desempenho zootécnico foram realizadas biometrias (n=208) no início e final do período experimental após jejum de 24 horas, os animais foram anestesiados em solução de eugenol a 50 mg L⁻¹. Os índices zootécnicos avaliados foram: ganho de peso (g) = (peso final - peso inicial); ganho de peso diário = (peso final – peso inicial/ período de alimentação); conversão alimentar aparente = (consumo total

de ração/ganho de peso); e taxa de crescimento específico (%)= $[\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial} / \text{período (dias)}] \times 100$.

-

Análise econômica

Para elaboração dos indicadores econômicos foram utilizados três cenários de sistemas de criação de peixes, representados por três pisciculturas comerciais de pequeno, médio e grande porte, respectivamente, com 1,67 ha, 16 ha e 150 ha de lâmina d'água utilizando sistemas de tanques escavados para criação de surubins.

Para esses cenários, foram realizados e obtidos diretamente do setor produtivo o levantamento de custo de implantação e indicadores zootécnicos, cuja pesquisa de valores (R\$) de mercado foram praticados no mês de janeiro de 2016, referente aos valores de investimentos necessários para benfeitorias, máquinas e equipamentos e despesas operacionais (Tabela 1).

Tabela 1. Capital investido com equipamentos e benfeitorias nas pisciculturas de pequeno (P₁), médio (P₂) e grande porte (P₃). Janeiro 2016, US\$ 1 = 3,49

Itens	Un.	Pisciculturas		
		P ₁	P ₂	P ₃
Máquinas e equipamentos	R\$	33.929,67	94.759,80	312.208,75
Benfeitorias e aquisição da terra	R\$	218.181,08	1.138,895,92	9.238,649,40
Valor total do investimento	R\$	252.110,75	1.233,655,72	9.550,858,15
Área de lâmina d'água	Ha	1,67	16	150
Investimento médio	R\$ ha ⁻¹	150.964,52	77.103,48	63.672,39

Para determinação do Custo Total de Produção (CTP) foi utilizada metodologia descrita por Martin et al. (1998), na qual são considerados desembolsos ocorridos no processo produtivo, mão de obra familiar e depreciações dos itens de capital fixo. Além

desses, acrescenta-se de acordo com Scorvo Filho et al. (2004) os custos de oportunidades do capital variável e fixo empregados diretamente no sistema de produção e remuneração do empresário, em que o CTP corresponde ao somatório do Custo Fixo (CF) e Custo Variável (CV).

Foram considerados custos variáveis os gastos oscilantes junto a produção, em decorrência do volume produzido e para os custos fixos os gastos considerados foram aqueles independentes do volume. Na determinação do CTP foram calculados:

- Para mão de obra contratada utilizada nas etapas do processo produtivo, foi considerado salário dependendo do tamanho da área da piscicultura e do exercício da atividade, acrescido de 42,9% de encargos sociais, tais como Instituto Nacional de Seguridade Social, fundo de garantia, décimo terceiro e férias. Para mão de obra eventual, o valor estimado e a quantidade foram de acordo com valor pago na região e sua necessidade para piscicultura;

- Taxa de 5% sobre o valor das despesas efetivas, para despesas eventuais, com objetivo de cobrir inexatidões, falhas de informações e situações imprevisíveis;

- Reparos e manutenção dos equipamentos foram determinados a uma taxa de 5% a.a. sobre o valor de aquisição do bem e para as instalações e tanques escavados, esta taxa foi de 2% a.a. do valor das construções, com base em Martin et al. (1998);

- Juros sobre o capital circulante considerando-se o valor médio do montante de desembolso realizado por ciclo de produção e a taxa de juros adotada foi a de Crédito de Custeio Rural do Banco do Brasil de 6,9% a.a.;

- Depreciação (D) dos itens de investimento foi determinada pelo método linear, com valor de sucata igual a zero;

- Remuneração do empresário foi de acordo com que o mesmo receberia exercendo outra atividade e/ou de acordo com sua função na piscicultura, não sendo computado para piscicultura de pequeno porte;

- Remuneração dos itens do capital fixo, adotando procedimento de aplicação financeira de baixo risco, no caso, o rendimento da caderneta de poupança, 7,95% a.a. sobre o valor do capital fixo médio investido;

- Valor da mão de obra familiar de acordo com atividade desenvolvida na piscicultura, podendo ser braçal, técnica e/ou administrativa.

Para análise de rentabilidade foram utilizados os seguintes indicadores econômicos:

- Custo Total Médio (CTMe): referem-se aos custos por unidade de produção, expressos pela relação entre os custos (variável, fixo e total) e a quantidade produzida (Q), ou seja, $CTMe = \frac{\text{Custos}}{Q}$, expresso em R\$ kg⁻¹;

- Receita Bruta (RB): receita obtida pela venda da produção, ou seja, $RB = q \cdot p$, onde q é a quantidade comercializada e p o preço de venda;

- Lucro (L): é o valor obtido pela venda dos peixes menos o custo total realizado para a criação, ou seja, $L = (RB - CTP)$;

- Índice de Lucratividade (IL): explica qual o percentual da receita obtida com a venda do produto constitui o lucro, ou seja, $IL = \frac{RB - CTP}{RB} \times 100$, expresso em porcentagem.

Após obtenção desses dados foi realizado análise de sensibilidade que consiste em um método que determina os fatores mais influentes em um sistema (Hamby, 1994) e o efeito que a variação de um dado de entrada pode ocasionar nos resultados. Quando uma pequena variação num parâmetro altera a rentabilidade de

um projeto, diz-se que o projeto é sensível a este parâmetro (Casarotto e Koppitke, 2000).

Para análise de sensibilidade foram utilizado os melhores resultados de indicadores zootécnicos obtidos com suplementação de prebiótico inulina, para verificar a influência nos indicadores econômicos.

Resultados

De posse dos resultados zootécnicos foi possível verificar melhores resultados no desempenho dos juvenis suplementados com ração contendo 0,25% de inulina, quando comparados ao grupo isento do prebiótico, cujos valores obtidos respectivamente foram ganho de peso médio (GPM) 9,47% superior e conversão alimentar aparente (CAA) 3,51% melhor, custo menor em 1,53% quilograma de peso vivo, apesar do preço da ração aumentar 2,05% (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios ($\pm$ erro- padrão) dos índices zootécnicos de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) sem e com suplementação com prebiótico inulina em período de 31 dias.

Indicadores zootécnicos	Tratamentos			
	0%	0,25%	0,50%	0,75%
PI (g)	38,25 $\pm$ 5,99	38,21 $\pm$ 5,38	37,90 $\pm$ 6,18	37,27 $\pm$ 4,81
PF (g)	74,19 $\pm$ 16,78	76,98 $\pm$ 15,69	70,52 $\pm$ 16,69	70,71 $\pm$ 16,40
GP (g)	35,94 $\pm$ 6,62	38,77 $\pm$ 7,23	32,61 $\pm$ 8,63	33,44 $\pm$ 4,90
GPD (g)	1,15 $\pm$ 0,21	1,25 $\pm$ 0,23	1,05 $\pm$ 0,27	1,07 $\pm$ 0,15
CR (g)	38,19 $\pm$ 4,57	40,02 $\pm$ 3,61	37,73 $\pm$ 3,77	36,92 $\pm$ 2,40
CAA	1,07 $\pm$ 0,06	1,04 $\pm$ 0,11	1,21 $\pm$ 0,27	1,11 $\pm$ 0,10
TCE (%)	2,12 $\pm$ 0,19	2,24 $\pm$ 0,27	1,98 $\pm$ 0,41	2,06 $\pm$ 0,22

PI: peso inicial; PF: peso final; GP: ganho em peso; GPD: ganho em peso diário; CAA: conversão alimentar aparente; CR: consumo de ração; TCE: taxa de crescimento específico. Não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$).

Na tabela 3 estão descritos itens inerentes ao custo total de produção anual de surubins em pisciculturas de pequeno, médio e grande porte. Em escala produtiva nessas pisciculturas é possível verificar que a ração é o item que demonstra maior representatividade respectivamente em 71,3%, 72,5% e 75,6%, seguido da aquisição dos juvenis 14,6%, 13,1% e 11,5%. A redução dos custos produtivos (CTP) em maiores escalas se deva em decorrência da melhor otimização de recursos e insumos e poder de aquisição de bens e serviços (insumos), como através da aquisição do produto em atacado, reduzindo assim o preço cobrado por quilograma (Tabela 3).

Itens	Piscicultura					
	kg ha ⁻¹					
	P ₁ 9.000		P ₂ 7.949		P ₃ 7.000	
	(R\$ ha ⁻¹)	%	(R\$ ha ⁻¹)	%	(R\$ ha ⁻¹)	%
Mão de obra ¹	718,56	1,5	2.160,54	5,6	984,97	2,9
Combustível e insumos	296,41	0,6	260,50	0,7	662,67	2,0
Despesas administrativas	1.149,70	2,4	210,00	0,5	67,20	0,2
Juvenis	6.896,38	14,6	5.091,00	13,1	3.888,08	11,5
Ração extrusada	33.661,07	71,3	28.159,76	72,5	25.533,64	75,6
Despesas eventuais	2.136,11	4,5	1.794,09	4,6	1.556,83	4,6
Manutenção equipamentos	1.002,76	2,1	296,12	0,8	104,07	0,3
Reparos em benfeitorias	1.336,01	2,8	883,62	2,3	958,72	2,8
Desembolso	47.197,00	100	38.855,64	100	33.756,18	100
Remuneração capital circulante	1.876,08		1.544,51		1.341,81	
Mão de obra familiar	4.225,15		1.260,00		480,00	
Custo Variável	53.298,23	86,5	41.660,15	88,0	35.577,99	87,7
Depreciação	5.402,22		2.448,33		2.018,48	
Remuneração empresário	0,00		630,00		800,00	
Remuneração capital fixo	2,933,45		2.602,24		2.148,94	
Custo Fixo	8.335,67	13,5	5.680,58	12,0	4.967,42	12,3
CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO	61.633,90	100	47.340,73	100	40.545,41	100
1 Contratada e eventual						

A tabela 4 apresenta os valores referentes ao resultados de produtividade, custo fixos e variáveis médios, e o custo total médio, além dos valores da receita bruta, lucro e índice de lucratividade em diversas escalas produtivas (pequeno, médio e grande porte), com a inclusão ou não do prebiótico a dieta dos surubins. De acordo com resultados obtidos é possível verificar aumento em torno médio de 9% na receita bruta com a suplementação dos peixes nas diversas escalas produtivas, tendo o lucro aumentado respectivamente em 37,38%; 31,03% e 54,33%. No entanto apesar do aumento do lucro e do CTP, conforme a expansão da área de lâmina d'água, o índice de lucratividade se reduziu com o aumento da área, podendo este fato correlacionar ao melhor poder de venda em pisciculturas menores, ocorrendo a pesquisa de mercado sobre o melhor preço pago na região.

Tabela 4. Indicadores zootécnicos e econômicos, sem e com suplementação de 0,25% de inulina na ração, estimados para ciclo de criação de 12 meses surubins em pisciculturas com 1,67 ha (P₁), 16 ha (P₂) e 150 ha de lâmina d'água (P₃). Janeiro 2016, US\$ 1 = 3,46.

Itens	Un.	P ₁		P ₂		P ₃	
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
		Inulina	inulina	Inulina	Inulina	inulina	Inulina
Preço médio de venda	R\$ kg ⁻¹	8,00		7,00		6,30	
Produtividade	kg ano ⁻¹	15.030	16.454	127.185	139.315	1.050.000	1.149.498
Custo Variável Médio	R\$ kg ⁻¹	5,92	4,93	5,10	4,93	5,08	4,94
Custo Fixo Médio	R\$ kg ⁻¹	0,93	0,65	0,71	0,65	0,71	0,65
Custo Total Médio	R\$ kg ⁻¹	6,85	5,58	5,81	5,58	5,79	5,58
Receita Bruta	R\$ ano ⁻¹	120.240,00	131.633,98	890.298,08	975.203,32	6.615.000,00	7.241.839,46
Lucro	R\$ ano ⁻¹	17.311,39	23.764,98	150.754,33	197.529,31	533.188,62	822.843,74
Índice de							
Lucratividade	%	14,40	18,05	16,93	20,26	8,06	11,36

Discussão

A suplementação com prebiótico em rações para surubins melhorou os índices zootécnicos, propiciando ganho médio produtivo 9,5% maior, e conversão alimentar de 3,5% melhor (tabela 2). De acordo com Sabaini et al (2015) na biomassa de estocagem (BE) de 42 kg m⁻³ de pintados da Amazônia em tanque –rede constatou- se efeito direto da CAA sobre a lucratividade, notando – se portanto que a melhora de 3,3% (70g) na CAA aumentou o lucro consequentemente em 128%. Os prebióticos, como a inulina propiciam o crescimento e desenvolvimento de bactérias comensais benéficas ao trato gastrointestinal (TGI), como as bifidobactérias e lactobacillus (Gibson, 2004; Roberfroid, 1993), levando a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como acético, propionato e butirato (Ringo et al., 2016), sendo prontamente absorvidos e utilizados como fonte de energia pelos animais (Ribeiro et al., 2007).

Os AGCC servem como fonte de energia as bactérias comensais benéficas do trato gastrointestinal (TGI), proporcionando uma mucosa mais íntegra, auxiliando no processo de aprimoramento da digestão e absorção do alimento, resultando em melhor desempenho destes animais (Tabela 2) (Furlan et al., 2004; Mahious et al., 2006; Goulart et al., 2015)

Resultados semelhantes são reportados por autores como (Mahious et al. 2006; Ortiz et al. 2013; Akrami et al. 2015; Tiengtam et al. 2015), cuja suplementação de *Psetta* máxima, *Oncorhynchus mykiss*, *Carassius auratus gibel*, *Oreochromis niloticus* proporcionou a melhora do desempenho zootécnico dos animais. Em contrapartida alguns autores não obtiveram respostas com a suplementação com prebiótico em espécies como *Huso huso*, *Cyprinus carpi* (Eshaghzadeh et al., 2014; Reza et al., 2009). Essas diferentes respostas encontradas, podem ser devido a diferente dosagem utilizada, tempo de fornecimento diário, fermentação pela microbiota intestinal, fase da espécie

estudada e a diferença morfológica intestinal (Hoseinifar et al., 2010; Guerreiro et al., 2014).

Com a inclusão de inulina o preço do quilograma da ração aumentou em 2,05%, no entanto houve redução da quantidade necessária para se obter um quilograma de peso vivo em 3,51 % (Tabela 3). Segundo Kubitza (1997) e Guimaraes (2008), os custos com alimentação detêm grande representatividade, sendo cerca de 70% dos custos totais de produção nas pisciculturas. Diante disto o fornecimento adequado de alimento em quantidade e qualidade resulta diretamente no custo total de produção, e consequentemente no sucesso econômico da piscicultura (RIBEIRO, GOMIERO e LOGATO, 2016).

De acordo com Barros et al (2016) os custos com ração em piscicultura de grande porte no Mato Grosso (MT) é o item de maior representatividade (88,4%), sendo que qualquer variação neste item poderá resultar diretamente no custo total de produção. Portanto, uma conversão alimentar melhorada pode influenciar diretamente o custo variável de uma produção, consequentemente o custo total de produção.

Ainda de acordo com Barros et al. (2010) a CAA é o indicador que exerce maior influência no custo total de produção, representando cerca de 70% a 80% dos custos variáveis em uma piscicultura, e no custo total produtivo. Com a inclusão de inulina a dieta de surubins, houve melhora no aproveitamento e absorção dos nutrientes, cuja CAA melhorou em cerca de 3,5%, inferindo diretamente nos custos produtivos das pisciculturas de pequeno, médio e grande porte, onde estes reduziram-se com a suplementação de inulina (0,25%) a dieta de surubins (Tabela 4).

As produções anuais de surubins nas diversas escalas produtivas de pequeno, médio e grande porte no estado de MT detêm um custo total médio anual respectivamente de R\$ 6,85; 5,81 e 5,79 kg⁻¹. Entretanto com a inclusão do prebiótico a

dieta dos surubins reduziu- se o custo total médio para o valor R\$ 5,58 kg⁻¹, sendo este fato correlacionado a melhora da conversão alimentar com a suplementação de prebióticos, que pode melhorar a absorção de nutrientes.

Entretanto, apesar do custo total médio ser o mesmo nas diferentes escalas produtivas da piscicultura, o custo total de produção diminui conforme o aumento da área (Tabela 3), e o índice de lucratividade aumentam (Tabela 4), em decorrência do melhor preço de comercialização do produto em piscicultura menores, de pequeno e médio porte onde a venda é praticada diretamente ao consumidor, ou para lojas de peixes vivos obtendo melhores preços pagos por quilograma de produto, em contrapartida as grandes pisciculturas tendem a vender a frigoríficos, que pagam o menor preço (Barros et al., 2010).

Portanto apesar do preço em pisciculturas menores serem os melhores pagos no mercado, o lucro obtido com a venda dos produtos é menor, devido a menor produtividade de 120.240,00; 890.298,08; 6.615.000,00 em Kg ano⁻¹, respectivamente nas pisciculturas de pequeno, médio e grande porte. Entretanto com a inclusão a inclusão de inulina anualmente ocorre um aumento, em torno de 1.424, 12.129, 99.498 Kg ano⁻¹ nas diferentes escalas produtivas.

De acordo com Gibson & Roberfroid (1995), Silva & Nörnberg (2003), Ibrahim et al. (2010) e Akrami et al. (2013), os prebióticos como a inulina proporcionam o equilíbrio benéfico da microbiota intestinal, proporcionando portanto uma mucosa mais íntegra, favorecendo assim a digestão e absorção dos nutrientes da dieta, resultando portanto no aumento em ganho de peso, consequentemente proporcionando um aumento da receita bruta em torno de 9% a mais em comparação ao grupo isento do prebiótico nos surubins suplementados, ocasionado portanto um aumento do lucro nas diferentes escalas produtivas, em torno de 37,28%; 31,03%; 54,33%.

Essas respostas positivas quanto ao aumento dos índices econômicos dos surubins suplementados com inulina, são semelhantes aos resultados encontrados por autores como Dias et al. (2012); Azevedo et al. (2015); Azevedo et al. (2016), em que inclusão de fontes pre ou probióticos a dieta dos peixes proporcionou aumento nos indicadores econômicos, como o aumento da produtividade (ganho de peso), lucratividade, receita bruta, e redução do custo por quilograma de peixe.

Conclui-se que o aumento dos indicadores econômicos é fato desejável em qualquer produtividade, sendo de suma relevância a utilização de mecanismos que possam proporcionar tal fato, como a inclusão de 0,25% de inulina a dieta dos peixes, alavancando assim a produtividade destes animais, e consequentemente aumentando os indicadores econômicos como lucro e receita bruta nas diversas escalas piscícolas de pequena, média ou grande porte.

Agradecimentos

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect) pela bolsa concedida ao autor, ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa via Projeto Casadinho-Procad 1982 Proc. n°552395/2011-0 CNPq, e aos colegas que contribuíram para realização deste trabalho.

Literatura citada

- AKRAMI R.; RAHNAMA B.; CHITSAZ H.; RAZEGHI MANSOUR M. 2015. Effects of dietary inulin on growth performance, survival, body composition, stress resistance and some hematological parameters of Gibel carp juveniles (*Carassius auratus gibelio*). Iranian Journal of Fisheries Sciences 14: 1072-1078.
- AKRAMI, R.; IRI, Y.; ROSTAMI, H.K.; MANSOUR, M.R. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. Fish & Shellfish Immunology. 35:1235-1239.
- AZEVEDO, R.V.; FILHO, J.C.F.; CARDOSO, L.D.; MATTOS, D.C.; JUNIOR, M.V.; ANDRADE, D.R. 2015. Economic evaluation of prebiotics, probiotics and symbiotics in juvenile Nile tilapia. Revista Ciência Agronômica 46: 72-79.
- AZEVEDO, R.V.; FILHO, J.C.F.; PEREIRA, S.L.; CARDOSO, L.D.; JUNIOR, M.V.; ANDRADE, D.R. 2016. Suplementação com prebiótico, probiótico e simbiótico para juvenis de tambaqui a duas densidades de estocagem. Pesquisa agropecuária brasileira 5:9-16.
- BARROS, A.F.; MAEDA, M.M.; MAEDA, A.; SILVA, A.C.C.; Angeli, A.J. 2016. Custo de implantação e planejamento de uma piscicultura de grande porte no Estado de Mato Grosso, Brasil. Archivos de Zootecnia. 249: 21-28.
- BARROS, A.F.; MARTINS, M.I.E.G.; ABREU, J.S.; AMARAL, C.M.C. 2010. Investimento com implantação e custo de produção em pisciculturas no Estado de Mato Grosso. UNEMAT, Cáceres, Brasil.
- BELÉM-COSTA, A.; CYRINO, J. E. P. 2006. Antibiotic resistance of *Aeromonas hydrophila* isolated from *Piaractus esopotamicus* (Holmberg, 1887) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Scientia Agricola 63:281-284.
- CAMPOS, J. L. 2010. O cultivo do pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus híbridos. paginas 335-361. Baldisserotto, B. & L. C. Gomes (Orgs.). Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brazil.

- CASAROTTO FILHO, NELSON; KOPITTKKE, BRUNO HARTMUT. 2000. Análise de investimentos: matemática financeira; engenharia econômica; tomada de decisão; estratégia empresarial. 9.ed. São Paulo: Atlas. 458 p.
- CREPALDI, D. V., P. M. C. FARIA, E. A. TEIXEIRA, L. P. RIBEIRO, A. A. P. COSTA, D. C. MELO, A. P. R. CINTRA, S. A. PRADO, F. A. A. COSTA, M. L. DRUMOND, V. E. LOPES & V. E. MORAES. 2006. O surubim na aquacultura do Brasil. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 30: 150-158.
- DIAS, D.C.; FURLANETO, F.P.; AYROZA, L.M.S.; TACHIBANA, L.; ROMAGOSA, E.; RANZANI-PAIVA, M.J.T. 2012. Probiotic in feeding of juvenile matrinxã (*Brycon amazonicus*): economic viability. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 34: 239-243.
- ESHAGHZADEH, H.; HOSEINIFAR, S.H.; VAHABZADEH, H.; RINGO, E. 2014. The effects of dietary inulin on growth performances, survival and digestive activities of common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Aquaculture nutrition*, online.
- FARIA FILHO, D. E.; ROSA, P. S; TORRES, K. A. A.; MACARI, M.; FURLAN, R. L. 2008. Response surface models to predict broiler performance and applications for economic analysis. *Brazilian Journal of Poultry Science* 10: 139-141.
- Furlan, R.L., Macari, M. & Luquetti, B.C. 2004. Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. In: *5º Simpósio Técnico de Incubação, Matrizes de Corte e Nutrição*. Balneário Camboriú.
- GATESOUBE, F.-J. 2008. Updating the importance of lactic acid bacteria in fish farming: natural occurrence and probiotic treatments. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology* 14:107-114.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota. Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition* 125: 1401–1412.
- GIBSON, G.R., PROBERT, H.M., LOO, J.V., RASTALL, R.A., ROBERFROID, M.B. 2004. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews* 17:259–275.

- GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition* 125: 1401-1412.
- GÓMEZ, R.G.D.; BALCÁZAR, J.L.; SHEN, M.A. 2007. Probiotic as control agents in aquaculture. *Journal of Ocean University of China* 6: 76-79.
- GOULART, F.R.; DA SILCA, L.P.; LOUREIRO, B.B.; ADORIAN, T.J.; MOMBACH, P.I.; PETKOWICZ, C.L.O. 2015. Effects of dietary concentrates on growth performance and digestive enzyme activities of jundiá (*Rhamdia quelen*). *Aquaculture nutrition*. DOI: 10.1111/anu 12400
- GUERREIRO, I.; ENES, P.; MERRIFIELD, D.; DAVIES, S.; OLIVA-TELLES, A. 2014. Effects of short-chain fructooligosaccharides on growth performance and hepatic intermediary metabolism in turbot (*Scophthalmus maximus*) reared at winter and summer temperatures. *Aquaculture nutrition*. DOI: 10.1111/anu 12175
- GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E.C. de; RIBEIRO, V.L.; MARTINS, G.P.; MIRANDA, C.C. de. , 2008. Farinha de camarão em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 9: 140-149.
- HAMBY, D. M. 1994. "A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models." *Environmental Monitoring and Assessment* 32:135-154.
- HOSEINIFAR, S.H., ZARE, P. & MERRIFIELD, D.L. 2010. The effects of inulin on growth factors and survival of the Indian white shrimp larvae and postlarvae (*Fenneropenaeus indicus*). *Aquaculture Research* 41: 348–352.
- IBRAHEM MD, FATHI M, MESALHY S, ABD EL-ATY AM. 2010. Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth, hematology, innate immunity, and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immunology* 29: 241-246.
- KIRON, V. 2012. Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. *Animal Feed Science and Technology* 173: 111-133.
- MAHIOUS, A. et AL. 2006. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima*; (Linnaeus, C. 1758). *Aquaculture International* 14: 219-229.

- MARTIN, N.B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M.D.M.; ÂNGELO, J.A.; OKAWA, H. 1998. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. *Informações Econômicas* 28: 7-28.
- ORTIZ, L.T., REBOL_E, A., VELASCO, S., RODR_IGUEZ, M.L., TREVI~NO, J., TEJEDOR, J.L. & ALZUETA, C. 2013. Effects of inulin and fructooligosaccharides on growth performance, body chemical composition and intestinal microbiota of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition* 19: 475–482.
- PORTO-FORESTI, F.; HASHIMOTO, D.T.; PRADO, F.D.; SENHORINI, J.A.; FORESTI, F. 2013. Genetic markers for the identification of hybrids among catfish species of the family Pimelodidae. *Jornaul of applied ichthyology* 29: 643–647
- REZA, A., ABDOLMAJID, H., ABBAS, M., ABDOLMOHAMMAD, A.K. 2009. Effect of dietary prebiotic inulin on growth performance, intestinal microflora, bodycomposition and hematological parameters of juvenile beluga, *Huso huso* (linnaeus, 1758). *Jornaul of the World Aquaculture Societary* 40: 771–779.
- RIBEIRO, P.A.; BRESSAN, M.C.; LOGATO, P.V.R.; GONÇALVES, A.C.S. 2007. NUTRIÇÃO LIPÍDICA PARA PEIXES. *Revista Eletrônica Nutritime* 4: 436-455.
- RIBEIRO, PAULA ADRIANE PEREZ; GOMIERO, JULIANA SAMPAIO GUEDES; LOGATO, PRISCILA VIEIRA ROSA. 2016. Manejo alimentar de peixes. Larvas, MG: Núcleo de Estudos em Aquicultura. Disponível em: <http://www.nucleoestudo.ufra.br/naqua/arquivos/Manejo%20alimentar%20de%20peixes98.pdf>.
- RINGO, E.; OLSEN, R.E.; GIFSTAD, T.O.; DALMO, R.A.; AMLUND, H.; HEMRE, G.-I.; BAKKE, A.M. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition* 16: 117-136.
- RINGO, E.; ZHOU, Z.; VECINO, J.L.G.; WADSWORTH, S.; ROMERO, J.; KROGDAHL, A.; OLSEN, R.E.; DIMITROGLOU, A.; FOEY, A.; DAVIES, S.; OWEN, M.; LAUZON, H.L.; MARTINSEN, L.L.; DE SCHRYVER, P.; BOSSIER, P.; SPERSTAD, S.; MERRIFIELD, D.L. 2016. Effect of dietary componentes on the gut microbiota of aquatic animals. A never- ending story? *Aquaculture nutrition* 22: 219-282.

- ROBERFROID, M. 1993. Dietary fiber, inulin, and oligosaccharides: a review comparin their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 33:103-108.
- SCORVO FILHO, J.D.; MARTINS, M.I.G.E.; FRASCA-SCORVO, C.M.D. 2004. Instrumento para análise da competitividade na piscicultura. 517-533 em TecArt. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (eds) *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*, São Paulo, Brasil.
- SILVA,L.P; NÖRNBERG. J.L. 2003. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. *Ciência rural* 33: 983-990 .
- SONG, S.K.; BECK, B.R.; KIM, D.K.; PARK, J. KIM, J.; KIM, H.D.; RINGO, E. 2014. Prebiotics as immunostimulants in aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology* 40: 40-48.
- TACHIBANA, L.; CASTAGNOLLI, N. 2003. Custo na alimentação dos peixes: é possível reduzir mantendo a qualidade? *Panorama da Aquicultura* 75: 55 - 57.
- TIENGTAM, N.; KHEMPAKA,S.; PAENGKOUM,P.; BOONANUNTANASARN,S. 2015. Effects of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthustuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology* 207: 120–129.
- VALLADAO, G.M.R.; GALLANI, S.U.; PILARSKI, F. 2016. South American fish for continental aquaculture. *Reviews in Aquaculture*.
- VERSCHUERE, L.; ROMBAUT, G.; SORGELOOS, P.; VERSTRAETE, W. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Review* 64: 655-671.
- YOUSEFIAN, M.; & AMIRI, M. S. 2009. The review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp Mehdi. Kouzestan, I.R. Iran. *African Journal of Biotechnology* 8:7313-7318.

CAPÍTULO 4 – COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA

A comunicação científica foi elaborada de acordo com as normas da revista: ANAIS DA ACADÊMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS.

Morfometria intestinal de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Learius marmoratus*)s suplementados com inulina

Pamela Thainara do Nascimento Veiga ¹

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Aquidauana, Rodovia Aquidauana/UEMS
km 12, Zona Rural Caixa Postal 2579200-000, Aquidauana – MS.

Abstract

This study aims to evaluate the effect of supplementation with inulin on the intestinal villi of surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*). The experimental design was completely randomized with four treatments (0%, 0.25%, 0.50% and 0.75% inulin), and four replications. The results showed positive effect of supplementation with inulin at a level of 0.25% and 0.50%, with increased density of the villi.

Surubins são peixes apreciados em decorrência de suas características produtivas, como carne clara de sabor suave, ausência de espinhos intramusculares, baixo teor de gordura e bom rendimento de carcaça, e seu apreço esportivo, pela luta depois de fígado (Crepaldi et al., 2006; Inoue et al., 2009). Entre os surubins citamos os *Pseudoplatystoma corruscans*, *Pseudoplatystoma reticulatum*, híbridos oriundo entre o cruzamento das duas espécies, e recentemente o cruzamento resultante do (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Learius marmoratus*), por sua aceitabilidade mais rápida ao alimento inerte, baixo teor proteico da ração na fase final e redução na fase jovem do canibalismo (Valadão et al., 2016).

Com o crescimento da atividade aquícola nos últimos 50 anos, cerca de 3,2% (Brabo et al., 2016), houve necessidade em intensificar a produtividade como as altas densidades de estocagem, fornecimento de grande quantidade de alimento, podendo favorecer o aparecimento de doenças e/ ou infecções. Diversas estratégias têm sido propostas em substituição ao uso dos antibióticos, sendo uma dessas tem despertado grande interesse por parte dos pesquisadores são os prebióticos (Azevedo et al., 2016).

Os prebióticos são componentes alimentares não digeríveis, que afetam benéficamente o hospedeiro pelo estímulo seletivo da proliferação ou atividade de bactérias comensais benéfica ao Trato Gastro Intestinal (Gibson & Roberfroid, 2004). Refletindo diretamente em relação à integridade da mucosa intestinal, melhorando as condições luminiais, promovendo o aumento da superfície de absorção da mucosa intestinal, no sistema imune e, em alguns casos, melhorando o desempenho animal (Silva & Nörnberg, 2003).

Zhang et al. (2014) e Wu et al. (2013) observaram efeito positivo da inclusão de prebióticos (FOS) a deita de *Megalobrama terminalis* resultando na uniformidade da mucosa e no aumento das vilosidades intestinais. Diante disto, objetivou-se com este

trabalho verificar se a inclusão de inulina a dieta dos surubins propicia efeito na morfometria intestinal.

O experimento foi conduzido junto ao setor de piscicultura da Unidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Aquidauana – MS, entre os meses de março a abril 2015. 208 surubins ($37,91 \pm 5,58$ g) já treinados em receber alimento inerte foram distribuídos aleatoriamente em 16 caixas d'água (80 litros), em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos, incluídos o grupo controle, com quatro repetições cada, sendo eles tratamento 1: 0 % de inulina; tratamento 2: 0,25 % de inulina; tratamento 3: 0,50 % de inulina e tratamento 4: 0,75 % de inulina.

A dieta experimental consistiu da inclusão do prebiótico INUFLOA® a ração comercial farelada, adicionados água e homogeneizada, e ainda úmida passada em moedor e secas a 65°C durante 24 horas. Diariamente duas vezes ao dia (7 e 18h) antes do fornecimento da dieta, monitorou-se as variáveis de qualidade de água, mantidas em média, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) $25,90 \pm 0,91$, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) $5,21 \pm 0,59$; e pH $7,18 \pm 0,32$.

Transcorridos 31 dias de suplementação foram coletadas amostras de 3 cm do intestino medio dos surubins, respectivamente $n=8$. Os peixes foram anestesiados em solução de eugenol, retirados à amostra e fixadas em solução de Bouin por seis horas, transferidas para álcool 70%, até o momento de processamento histológico. As amostras intestinais foram desidratadas em séries crescentes de etanol, diafanizadas em xilol e emblocadas em parafina para obtenção de cortes transversais de $5\text{ }\mu\text{m}$. De cada amostra intestinal foram confeccionadas duas lâminas semiseriadas, contendo dois cortes cada, coloridas com Hematoxilina de Harris e Eosina (H.E.) e analisadas em microscópio de luz 56 vilos intestinais.

As imagens das lamínas histológicas foram capturas com objetiva de 4x em microscópio Nikon E-200, acoplado ao microcomputador com programa Motic Image Plus 2.0 ML. Foram efetuadas as seguintes medidas (Figura 1): altura do vilo (corresponderam à distância do ápice das vilosidades até o início da camada muscular), altura total das vilosidades (correspondem do ápice das vilosidades até o término da serosa), largura dos vilos.

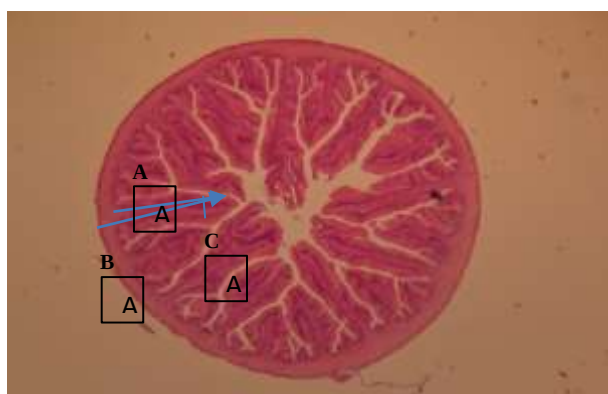


Fig. 1. Corte transversal do intestino dos surubins suplementados com prebióticos inulina. (A) altura das vilosidades; (B) altura total das vilosidades; (C) largura das vilosidades;

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em programa estatístico R versão 3.2.2. Quando as médias apresentaram diferenças significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados demonstraram que houve efeito ($P < 0,05$) da suplementação na morfometria intestinal de surubins com a inclusão de 0,25% e 0,75% de inulina, havendo aumento da largura dos vilos (Tabela 1).

Tabela 1. Histomorfometria intestinal (média $\pm$ erro-padrão) de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) suplementados por 31 dias com prebiótico inulina.

Vilos (μm)	Tratamentos			
	0%	0,25%	0,50%	0,75%
Altura total	222,09 $\pm$ 43,86 ^{ab}	254,96 $\pm$ 48,92 ^a	225,53 $\pm$ 47,60 ^{ab}	212,47 $\pm$ 43,92 ^b
Altura	198,51 $\pm$ 42,68 ^{ab}	220,28 $\pm$ 48,39 ^a	198,25 $\pm$ 46,27 ^{ab}	190,31 $\pm$ 42,02 ^b
Largura	48,42 $\pm$ 8,71 ^b	55,30 $\pm$ 9,93 ^a	56,55 $\pm$ 9,61 ^a	44,32 $\pm$ 8,85 ^b

Letras diferentes indicam diferença pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Cerezuela et al. (2013) ao suplementar *Sparus aurata* L. com pre e probiótico (inulina e *Bacillus subtilis*), verificaram danos a mucosa intestinal, sendo relatado alterações na mucosa com deslocamento para o ápice dos núcleos dos enterócitos, e redução das globet células. A suplementação com prebiotico pode não resultar em alterações nas vilosidades intestinais, como acontecido com MOS para *Cyprinus carpio* L. (Genc et al., 2013).

Por sua vez, resultados positivos foram observados em *Megalobrama terminalis* suplementados com FOS, nos quais grupos suplementados obtiveram mais uniformidade e aumento dos vilos intestinais (Wu et al., 2013; Zhang et al., 2015). Semelhante a este trabalho, porém com diferente prebiotico (MOS), os grupos suplementados resultaram na maior densidade dos vilos, em comparação ao grupo controle (Schwarz et al., 2011).

A ação dos prebiótico não se limita somente ao crescimento e desenvolvimento de bactérias comensais benéficas ao trato gastro intestinal (TGI), seu mecanismo pode agir também sobre a colonização de bactérias, impedindo sua aderência a superfície epitelial. Segundo Nunes (2008), açúcares e oligossacaridos ligam- se a bactérias, impedindo sua aderência, passando- as juntamente a digesta, proporcionado, portanto, uma integridade

da mucosa cujas funções são otimizadas como secreção, digestão e absorção dos nutrientes.

De acordo com Geraldo Junior (2014), a densidade e tamanho dos vilos estão relacionados ao processo de perda e renovação celular pelo epitélio da mucosa intestinal. Porém, quando o intestino responde ao agente estimulador, como a inulina (0,25% e 0,50%), favorece um desses dois processos, modificando os vilos intestinais, como através de sua maior densidade, resultando em melhora da digestão e absorção dos nutrientes, e conseqüentemente no ganho de peso dos animais, como obtido nesta pesquisa, por meio do aumento da largura dos vilos intestinais com a suplementação prebiótica.

Concluimos que a suplementação com nível de inulina (0,25% e 0,50%) proporciona vilos mais densos, podendo refletir em maior ganho de peso aos animais.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da suplementação com inulina sobre as vilosidades intestinais de surubins (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (0%, 0,25%, 0,50% e 0,75% de inulina), e quatro repetições. Os resultados demonstraram efeito positivo com a suplementação de inulina, ao nível de 0,25% e 0,50%, ocorrendo aumento da densidade dos vilos.

Agradecimentos

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, 1983 Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect) pela bolsa concedida ao autor, ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa via Projeto Casadinho-Procad

1982 Proc. n º552395/2011-0 CNPq, ao Profº. Dr. Carlo Eurico Fernandes, da UFMS pela disponibilização do Laboratório de Histologia, e aos colegas que contribuíram para realização deste trabalho.

Referências

- AZEVEDO, R.V.; FOSSE FILHO, J.C.; PEREIRA, S.L.; ANDRADE, D.R.; VIDAL JUNIOR, M.V. Prebiótico, probiótico e simbiótico para larvas de *Trichogaster leeri* (Bleeker, 1852, Perciformes, Osphronemidae). *arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* , v.68, n.3, p.795-804, 2016.
- BRABO, M.F.; PEREIRA, L.F.S.; SANTANA, J.V.M.; CAMPELO, D.A.V.; VERAS, G.C. **Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura.** *Acta of Fisheries and Aquatic Resources. Acta Fish. Aquat. Res.* (2016) 4 (2): 50-58 DOI 10.2312/ActaFish.2016.4.2.50-58.
- CEREZUELA, R.; MESEGUER, J.; ESTEBAN, M.A. Effects of dietary inulin, *Bacillus subtilis* and microalgae on intestinal gene expression in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) **Fish & Shellfish Immunology**. p.843-848.2013.
- CREPALDI, D. V., P. M. C. FARIA, E. A. TEIXEIRA, L. P. RIBEIRO, A. A. P. COSTA, D. C. MELO, A. P. R. CINTRA, S. A. PRADO, F. A. A. COSTA, M. L. DRUMOND, V. E. LOPES & V. E. MORAES. 2006. O surubim na aquicultura do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, 30: 150-158.
- GENC M.A., E. SENGUL, H. GENC, E. Effects of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition, intestine and liver histology of the common carp (*Cyprinus carpio* L.) Fry. **Conference: Aquaculture Europe 2013 EAS**, At Trondheim, Norway. Disponível em: <https://www.was.org/easonline/AbstractDetail.aspx?i=2023>. Acesso em: 04 maio 2016.
- GIBSON, G.R., PROBERT, H.M., LOO, J.V., RASTALL, R.A., ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutr. Res. Rev.** 17, 259–275. 2004.
- INOUE, L.A.K.A.; HISANO, H.; ISHIKAWA, M.M.; ROTA M.A.; SENHORINI, J.A. **Princípios básicos para produção de alevinos de surubins (pintado e cachara).** **Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste**, 2009. 26p.

- JUNIOR, E.G. **Glutamina em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2014. 37f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável)- Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2014.
- NUNES, A. D. **Influência do uso de aditivos alternativos a antimicrobianos sobre o desempenho, morfologia intestinal e imunidade de frangos de corte**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SCHWARZ, K. K.; FURUYA, W.M.; GAUDEZI, M.R.; LIMA, P.A.G. Mananoligossacarídeo e dietas paralarvas de tilápia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 12, p. 2634-2640, 2011.
- SILVA, L.P; NÖRNBERG. J.L. **Prebióticos na nutrição de não ruminantes**. Santa Maria. V..33. no.5. 2003.
- VALLADAO, G.M.R.; GALLANI, S.U.; PILARSKI, F. 2016. South American fish for continental aquaculture. **Reviews in Aquaculture**. p. 1–19.
- WU, Y.; LIU, W.B.; LI, H.Y.; XU, W.N.; HE, J.X.; LI, X.F.; JIANG, G.Z. Effects of dietary supplementation of fructooligosaccharide on growth performance, body composition, intestinal enzymes activities and histology of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings. **Aquaculture nutrition**, online: 2013.
- ZHANG, C.N.; LI, X.F.; XU, W.N.; ZHANG, D.D.; LU, K.L.; WANG, L.N. TIAN, H.Y.; LIU, W.B. Combined effects of dietary fructooligosaccharide and *Bacillus licheniformis* on growth performance, body composition, intestinal enzymes activities and gut histology of triangular bream (*Megalobrama terminalis*). **Aquaculture Nutrition**. online, 2014.

Capítulo 5- considerações finais

A utilização de prebiótica para surubins em nível experimental, não influenciou no desempenho produtivo deste peixe. Resultados relacionados ao desempenho produtivo referem-se ao maior tempo de fornecimento, tanto diário, número de parcelas ao dia e ao período de suplementação. Por se tratarem de nutrientes que serviram de alimento a bactérias benéficas, o fornecimento de doses maiores propiciariam um aumento do volume a ser consumido por essas bactérias.

Em contrapartida, quando ampliando essa pesquisa em escala produtiva, através das simulações foi possível verificar melhora dos dados de desempenho com a inclusão de 0,25% de inulina a dieta de surubins, refletindo num incremento produtivo tanto do ganho do animal como por meio dos indicadores econômicos, que aumentaram consideravelmente com os peixes suplementados em comparação ao grupo isento deste prebiótico. Podendo este relacionar-se também com a melhora na integridade da mucosa intestinal, resultando assim em maior e melhor absorção dos nutrientes oriundos da dieta.

Por sua vez, no que refere a melhora do sistema imunitário dos animais é possível verificar que doses diárias de inulina a concentração de 0,50%, reportam sua melhora, por meio do estímulo da enzima lisozima serica, mecanismo este de grande importância no reconhecimento e dregadação de patógenos, como bactérias dentre elas *Aeromonas hydrophyla*, que detem grande representatividade das perdas econômicas nas fases iniciais de criação.

Por fim, é necessário maiores estudos a fim de indicar uma dose que propicie tanto a melhora do sistema imunitário, como o desempenho zootécnico dos animais, podendo esta ser por meio do maior tempo de fornecimento do prebiótico, tanto em períodos relacionados a meses, como através do fornecimento diário (parcelas), proporcionado assim maior disponibilidade de substratos a esta bactérias benéficas, bem como maior fermentação no trato intestinal.