

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**ESCOLA DE VETERINÁRIA**

**Colegiado dos Cursos de Pós-graduação**

**EFEITOS DE DIFERENTES FONTES E CONCENTRAÇÕES  
DE CROMO SOBRE ASPECTOS METABÓLICOS E  
DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

KASSIA AMARIZ PIRES

**BELO HORIZONTE**

**ESCOLA DE VETERINÁRIA-UFMG**

**2010**

KASSIA AMARIZ PIRES

**EFEITOS DE DIFERENTES FONTES E CONCENTRAÇÕES DE CROMO SOBRE  
ASPECTOS METABÓLICOS E DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção  
do grau de Mestre em Zootecnia

Área: Nutrição animal

Orientador: Décio Souza Graça

Co-orientador: Edgar de Alencar Teixeira

Belo Horizonte

Dezembro de 2010





## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela força que me enviou para continuar nos momentos mais difíceis;

Ao meu pai que está no céu, zelando por mim para que eu atinja à felicidade;

À minha mãe, tão presente e paciente, que suportou as minhas mudanças de humores;

Aos meus irmãos Karina e Igor pelo grande exemplo de coragem e determinação;

Às amigas Ana e Vanessa, pelo ouvidos emprestados a escutar as lamentação e alegrias;

À Dalinne, pela enorme ajuda que se transformou em uma amizade eterna;

As amigas de Curitiba (Andréia, Kerly, Flávia, Fernanda, Vanessa, Paula, Alda) que mesmo a distância me dava força para não desistir;

As amigades da Fraternidade que sempre me deram carinho;

Às amigas Débora e Sil, que sempre me incentivaram e mandaram energias positivas para que tudo desse certo;

Aos amigos da UFMG (Fernando, Paula, Daniel, André, Júlia, Mariana, Roberta, Vanessa) que estiveram presentes nas longas reclamações sobre a vida ou mesmo nas intensas risadas;

Ao Professor Décio pelo digníssimo exemplo de homem honesto e competente;

Ao Professor Edgar pelos ensinamentos que servirão para resto da vida;

À Professora Marília, pelas ajudas constantes e simpatia;

Ao Danilo e Fábio, pelo grande auxílio na estatística;

Ao LAQUA, pelo espaço sedido para realização do experimento e as pessoas nele presentes que me ajudaram durante todos os momentos;

A IMPROVETER, especialmente ao Wagner e Eduardo, pela doação das rações;

A MULTITÉCNICA, especialmente ao Zé Maria, Elenice e Marcele, pela disponibilidade de realização das análises na absorção atomica;

A Escola de Veterinária da UFMG que serve de exemplo para futuros acadêmicos e pesquisadores;

Ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade do trabalho;

A FAPEMIG pelo suporte financeiro.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT .....	9
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. Forma de atuação do cromo.....	11
2.2. Metabolismo do cromo .....	11
2.3. Relação do cromo com atividade da insulina.....	12
2.4. Absorção do cromo.....	12
2.5. Excreção do cromo.....	12
2.6. Resposta do cortisol na presença do cromo.....	14
2.7. Sistema imune e cromo.....	14
2.8. Funções do cromo no metabolismo lipídico.....	15
2.9. Metabolismo protéico melhorado pelo cromo .....	15
2.10. Carboidratos e cromo .....	16
2.11. Crescimento e composição corporal influenciados pelo cromo.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1. Condições experimentais .....	18
3.1.1. Local e período .....	18
3.1.2. Peixes.....	18
3.1.3. Manejo.....	19
3.1.4. Tratamentos.....	20
3.1.5. Dietas .....	21
3.1.6. Delineamento experimental e dados estatísticos .....	23
3.2. Dados coletados.....	23
3.2.1. Parâmetros de água .....	23
3.2.2. Parâmetros de desempenho.....	24
3.2.3. Parâmetros corporais e metabólicos.....	25
3.2.3. Parâmetros sanguíneos .....	26
3.2.4. Mortalidade.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4.1. Parâmetros de água.....	27
4.2. Parâmetros de desempenho .....	28

4.2.1. Consumo de ração, conversão alimentar, ganho de peso, rendimento de filé .....	28
4.3. Parâmetros corporais e metabólicos .....	31
4.3.1. Composição de carcaça e filé .....	31
4.3.2. Índices viscerais.....	34
4.3.3. Porcentagem de triglicérides e colesterol no fígado .....	35
4.4. Parâmetros sanguíneos .....	36
4.4.1. Explicações dos valores sanguíneos encontrados .....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentrações de cromo nas rações .....	21
Tabela 2. Composição e valores nutricionais das dietas experimentais.....	22
Tabela 3. Valores de composição bromatológica dos tratamentos.....	23
Tabela 4. Valores médios dos parâmetros de qualidade de água avaliados durante seis semanas de experimento .....	28
Tabela 5. Efeitos dos níveis de cromo-levedura no desempenho de tilápias .....	28
Tabela 6. Efeitos dos níveis de quelato de cromo no desempenho de tilápias.....	29
Tabela 7. Dados de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas de filés de tilápias alimentadas com cromo levedura .....	31
Tabela 8. Dados de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) extrato etéreo (EE) e cinzas de carcaça de tilápias alimentadas com cromo levedura .....	32
Tabela 9. Dados de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) extrato etéreo (EE) e cinzas de filés de tilápias alimentadas com quelato de cromo .....	32
Tabela 10. Dados de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo e cinzas de carcaças de tilápias alimentadas com quelato de cromo.....	32
Tabela 11. Valores de índices hepatossomático (IHS) e esplenossomático (IES) entre os níveis de cromo-levedura .....	34
Tabela 12. Índices hepatossomático (IHS) e esplenossomático (IES) entre os níveis de quelato de cromo .....	34
Tabela 13. Resultados de colesterol e triglicérides em fígado de tilápias alimentadas com cromo-levedura .....	35

Tabela 14. Resultados de colesterol e triglicérides em fígado de tilápias alimentadas com quelato de cromo .....	36
Tabela 15. Efeito dos níveis de cromo-levedura nos valores de glicose plasmática, triglicérides e proteína total do soro de tilápias .....	37
Tabela 16. Efeito dos níveis de cromo-levedura nos valores de lipoproteínas e colesterol total de tilápias.....	37
Tabela 17. Resultados de glicose plasmática, triglicérides e proteína total do soro de tilápias suplementadas com quelato de cromo.....	37
Tabela 18. Resultados de lipoproteínas e colesterol total de tilápias suplementadas com quelato de cromo .....	38

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo proposto para atuação do cromo na célula (Adaptado de Branco, 2008). .....	13
Figura 2. Tanques de recirculação com 12 peixes ( <i>O.niloticus</i> ) em cada.....	19
Figura 3. Medição dos parâmetros de qualidade de água pela sonda multiparametros. ....	20
Figura 4. Animais sendo pesados por unidade experimental em dinamômetro digital.	24
Figura 5. Coleta de sangue por punção cardíaca.....	26
Figura 6. Análise de glicose pela metodologia de fitas colocadas em aparelho específico. ....	27
Figura 7. Rendimento de filé de tilápias suplementadas com quelato de cromo em cinco níveis crescentes.....	30

### LISTA DE ABREVIATURAS

PB – Proteína bruta
Cr – Cromo
CV – Coeficiente de variação
EE – Extrato etéreo
IES – Índice esplenossomático
IHS – Índice hepatossomático
Kg – Kilograma
MS – Matéria seca
NRC – National Research Council
O.D. – Oxigênio dissolvido

## RESUMO

Os estudos que avaliaram o efeito do cromo no metabolismo de animais mostraram que o cromo é responsável em potencializar o efeito da insulina e com isso melhorar o metabolismo de proteínas, carboidratos e lípidos. Além disso, age direta ou indiretamente em parâmetros sanguíneos, como glicose, colesterol, triglicérides, proteína total e nas lipoproteínas. Este experimento foi realizado para avaliar duas fontes de cromo (cromo levedura e quelato de cromo) em cinco níveis diferentes para tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o desempenho, composição de carcaça e filé, índices e composição de vísceras e parâmetros sanguíneos. As rações foram formuladas para serem isoenergéticas e isoprotéicas, diferenciando-se somente na proporção e tipo de cromo em cada uma. Os tratamentos foram definidos pela fonte e nível de cromo, sendo T1 = 1,34ppm de cromo levedura; T2 = 2,05ppm de cromo levedura; T3 = 2,8ppm de cromo levedura; T4 = 2,85ppm de cromo levedura; T5 = 2,54ppm de quelato de cromo; T6 = 1,91ppm de quelato de cromo; T7 = 2,32ppm de quelato de cromo; T8 = 2,57ppm de quelato de cromo e T9 = 0,17ppm de fonte de cromo, considerado o controle. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, constituído de nove tratamentos com três repetições de 12 peixes cada. Os parâmetros de água tiveram valores normais para o desenvolvimento de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) durante as seis semanas de experimento. Não houve diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ) entre os níveis das fontes testadas para os parâmetros de desempenho (consumo de ração, conversão alimentar, ganho de peso e rendimento de filé), índices somáticos (peso de fígado e baço), composição de carcaça e filé (MS, PB, EE, cinzas), parâmetros sanguíneos (glicose, colesterol total, HDL, LDL, VLDL, triglicérides, proteína total) e valores de colesterol e triglicérides no fígado. Esses resultados sugerem que essas fontes e níveis de cromo não foram suficientes para melhorar os parâmetros avaliados.

**PALAVRAS CHAVE:** cromo, peixe, metabolismo, parâmetros bioquímicos, desempenho

## ABSTRACT

Many researches that have evaluated the chromium effect on animals' metabolism have showed that chromium is responsible for the intensification on insulin effects and so improve the metabolism of proteins, carbohydrates and lipids. Beyond that, the chromium acts directly or indirectly on blood parameters, such like glucose, cholesterol, triglycerides, proteins and lipoproteins. This experiment has been conducted to evaluate two sources of chrome (chromium yeast and chromium chelate) in terms of performance, carcass composition and fillet, indexes and viscera composition, and blood parameters. The experiment was done in five different levels used in tilapias (*Oreochromis niloticus*). The rations were formulated to be isoenergetic and isoproteic, with a difference only on proportion and type of chromium. The treatments were defined by the chromium source and level, being: T1 = 1,34ppm of chromium yeast; T2 = 2,05ppm of chromium yeast; T3 = 2,8ppm of chromium yeast; T4 = 2,85ppm of chromium yeast; T5 = 2,54ppm of chromium chelate; T6 = 1,91ppm of chromium chelate; T7 = 2,32ppm of chromium chelate; T8 = 2,57ppm; T9 = 0,17ppm no source of chromium, considered the control. The experimental lineation was random, constituted by nine treatments with three repetitions of 12 fish each one. The water parameters have had ideal values for the normal development of the tilapia. There was no statistical differences ( $P>0,05$ ) between the levels of the sources tested for the parameters of development (ration consumption, alimentary conversion, weight gain and fillet efficiency), somatic index (liver and spleen weight), carcass and file composition (MS, ashes, EE, PB), blood parameters (glucose, total cholesterol, HDL, LDL, VLDL, triglycerides, total protein) and the values of liver triglycerides. These results suggest that those sources and chromium levels are not sufficient to improve performance and biological functions on tilapia.

**KEY WORDS:** chromium, fish, metabolism, biochemical parameters, performance

## 1. INTRODUÇÃO

O cromo é um metal de transição, de símbolo Cr, pertencente ao grupo 6B da tabela periódica (Schaefer, 2008). Seus estados de valência variam de -2 a +6. É o 21º metal mais abundante na crosta terrestre, não sendo encontrado livre na natureza, mas combinado a outros elementos, principalmente ao oxigênio (Pechova & Pavlata, 2007; Schirmer et al., 2009).

Em relação à facilidade de se encontrar o cromo em diferentes valências, a forma trivalente ( $\text{Cr}^{+3}$ ) é natural no meio ambiente, enquanto a hexavalente ( $\text{Cr}^{+6}$ ) e a valência zero ( $\text{Cr}^0$ ) são produzidas por processos industriais, principalmente na fabricação de ligas metálicas (Schirmer et al., 2009).

A possibilidade de considerar o cromo como um mineral essencial à nutrição de organismos vivos se iniciou em 1954, quando foi demonstrado que a síntese de colesterol e ácidos graxos em células de ratos era maior na presença de íons de cromo (Underwood, 1971).

A partir de 1954 foram realizadas diversas pesquisas sobre as conseqüências da suplementação de cromo na dieta animal, gerando benefícios a diferentes atividades biológicas. Isto permitiu aos pesquisadores acreditar que a suplementação com cromo poderia ser um fator adicional de melhora em diversas ações metabólicas do organismo animal.

Foram reportados efeitos do cromo sobre a insulina, demonstrando que esse mineral potencializa sua ação, induzindo uma melhor resposta dos animais em relação ao metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos (Page et al 1993; Shiau & Chen, 1993; Uyanik et al., 2002; Debski et al., 2004; Kuçukbay et al, 2005).

O interesse em conhecer suplementos que melhorem o desempenho animal foi um estímulo para que pesquisadores do mundo todo que testaram o cromo percebessem que há muitas dúvidas quanto as respostas. Vários autores (Shiau & Chen, 1993; Shiau & Liang, 1995; Figueiredo-Garutti et al., 1996; Shiau & Shy, 1998; Baldan, 2004; Selcuk et al., 2008; Liu et al., 2009) testaram o desempenho em peixes de diversas maneiras, sendo que os valores positivos de ganho de peso só ocorreram em trabalhos que utilizaram uma porcentagem maior de carboidratos (25 a 50%) e com inclusão do cromo.

Para suplementação do cromo, diferentes ligantes ao cromo formam um composto utilizado para suplementar as dietas de animais. As fontes testadas mais comuns são o cromo-levedura (Guan et al., 2000; Gatta et al., 2001; Debski et al., 2004; Magzoub et al., 2009), óxido de cromo (Shiau & Chen, 1993; Shiau & Liang, 1995; Figueiredo-Garutti, 1997; Ng et al., 1997; Shiau & Shy, 1998; Baldan, 2004; Magzoub et al., 2009), picolinato de cromo (Lindemann et al., 1995; Besong et al., 2001; Kuçukbay et al., 2006; Fialho et al., 2007; Liu et al., 2009; Selcuk et al., 2010) e o tripicolinato de cromo (Amoikon et al., 1995; Van de Ligt et al., 2002). Cada fonte

diferencia na porcentagem de cromo e até o momento, não foram encontrados trabalhos a respeito da biodisponibilidade das fontes orgânicas.

Com crescimento do interesse da suplementação de cromo em dietas animais foi introduzido no mercado um composto de cromo aminoácido, denominado de quelato de cromo, com um custo menor comparado as demais fontes, porém sem estudos da sua eficácia sobre o desempenho e metabolismo de animais. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar essa fonte de cromo (quelato de cromo) em cinco níveis de suplementação e ainda testar o cromo levedura, também em cinco níveis, sob aspectos de desempenho produtivo e metabólicos em tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Forma de atuação do cromo**

O cromo atua como cofator potencializando a atividade da insulina, através de sua presença na molécula organometálica denominada de fator de tolerância à glicose (*Factor Glucose Tolerance* ou GTF). Os componentes do GTF foram identificados por Mertz et al. (1977), através de estudos em leveduras, onde isolou esse complexo. Esse composto é formado pelo cromo trivalente ( $Cr^{+3}$ ), considerado o núcleo do GTF, (pois atrai os outros elementos), nicotinato ou ácido nicotínico (vitamina B3), glicina, cisteína e glutamato (Gomes et al., 2005; Vincent & Stallings, 2007).

### **2.2. Metabolismo do cromo**

Nos estudos sobre metabolismo de cromo, alguns autores concluíram que há união do cromo com um componente protéico, chamado de apocromodulina. É um carreador formado por quatro aminoácidos presente no meio intracelular, tanto no citosol quanto no núcleo. Quando há a necessidade da insulina atuar no organismo, o cromo trazido através da corrente sanguínea por um transportador protéico, a transferrina (transporta também o íon ferro) vai até membrana da célula e quando em contato com pH ácido se desprende da transferrina e penetra a célula, sendo que nesse momento se liga a apocromodulina. Essa combinação foi inicialmente denominada de “substância ligadora de cromo de baixo peso molecular” (*low-molecular weight chromium-binding substance* ou LMWCr) em meados de 1980, sendo hoje conhecida por cromodulina, pelo fato da semelhança em estrutura e função com a calmodulina. Essa estrutura é formada por quatro íons de  $Cr^{+3}$  ligado a resíduos de glicina, cisteína, glutamato e aspartato. Foi isolado em tecidos de várias espécies de mamíferos (Vincent, 2004; Gomes et al., 2005; Vincent & Stallings, 2007).

A comprovação da existência do GTF e cromodulina foi descrita em diversos trabalhos desde a década de 70, mas só se conhece o efeito potencializador da ação da insulina através da cromodulina. Acredita-se que o GTF somente funciona como um carreador de cromo para células que necessitem desse mineral (Gomes, et al.,

2005). Há controvérsias, pois vários autores acreditam que o próprio GTF é quem potencializa a ação da insulina (Mertz, 1992; Mowat, 1997; Oliveira et al., 2005; Pechova & Pavlata, 2007).

### **2.3. Absorção do cromo**

O cromo pode ser fornecido na forma orgânica e inorgânica. Sem um ligante, o cromo não consegue ser absorvido sozinho (Pechova & Pavlata, 2007).

Compostos de cromo trivalente são absorvidos e armazenados no intestino. A eficiência de absorção é indiretamente proporcional ao conteúdo da dieta podendo ser absorvido de 0,4 a 2% (Pechova & Pavlata, 2007).

Dentre as formas de cromo existentes na Terra, a trivalente é que possui melhor estabilidade. Entretanto, algumas formas de cromo hexavalente possuem absorção 3 a 5 vezes melhor do que cromo trivalente, isso se administrado diretamente no intestino. Porém, quando fornecido oralmente, as formas hexavalentes são reduzidas a trivalente antes de serem absorvidas pelo intestino (Committee on Animal Nutrition, 1997).

### **2.4. Excreção do cromo**

O cromo é excretado pela urina após a filtração glomerular. Uma pequena parcela pode ser excretada pelo cabelo, transpiração e bile. Estresse e exercícios podem aumentar a excreção urinária de cromo (Committee on Animal Nutrition, 1997).

A excreção urinária depende da forma que o cromo é suplementado, ou seja, formas inorgânicas tem a tendência de aumentar essa excreção, enquanto fontes orgânicas tem excreção diminuída, pelo maior poder de absorção (Pechova & Pavlata, 2007).

Van Bruwaene et al. (1984) perceberam em experimentos realizados com vacas em lactação que o cromo é excretado 63% via urina, 18% por excrementos e somente 3,6% pelo leite.

### **2.5. Relação do cromo com atividade da insulina**

O cromo aumenta o número de receptores insulínicos na superfície da célula, melhora os efeitos de resposta e a sensibilidade de células  $\beta$  pancreáticas (células responsáveis pela síntese de insulina). Atua como cofator da insulina, portanto sua atividade no organismo é paralela às funções da insulina, facilitando as ligações desta com receptores na membrana celular, potencializando a absorção da glicose (Baldan, 2004).

O mecanismo de ação do  $Cr^{+3}$  em potencializar a insulina pode ser explicado através da atividade da cromodulina em se ligar ao sítio do receptor insulínico (figura

1). Quando há aumento na concentração de glicose sanguínea, há liberação da insulina do pâncreas para a célula sensível. Essa célula já possui no seu interior a apocromodulina (etapa 1). Esse mecanismo estimula a chegada de cromo carregado pela transferrina sendo internalizado por endocitose (etapa 2). Dentro da célula, o  $Cr^{+3}$  se liga a apocromodulina, formando então, a cromodulina (etapa 3). Esse complexo se ligará ao sítio ativo no receptor insulínico amplificando o sinal da insulina (etapa 4) (Gomes et al., 2005; Vincent & Stallings, 2007; Branco, 2008).

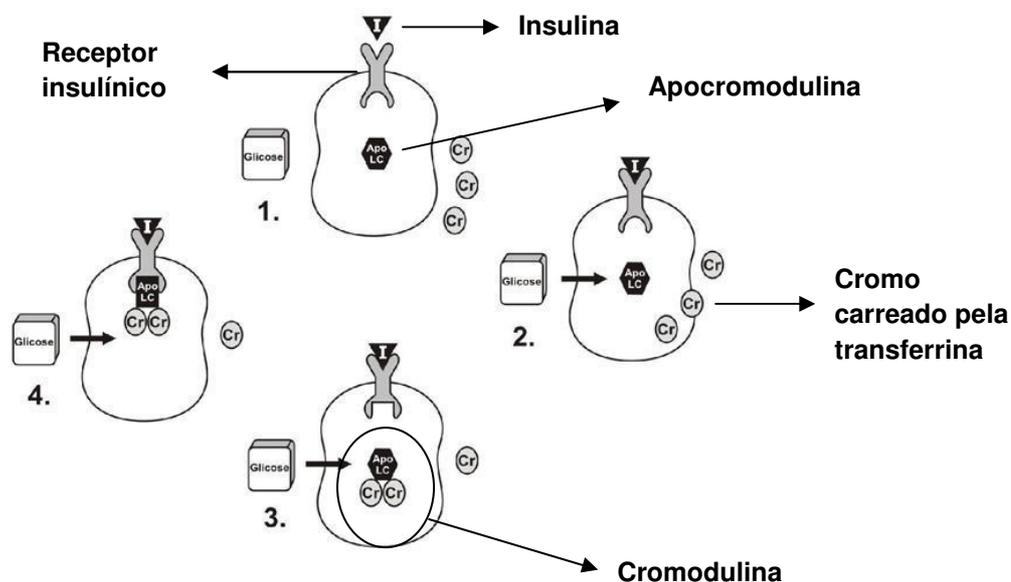


Figura 1. Modelo proposto para atuação do cromo na célula (Adaptado de Branco, 2008).

Apesar de reforçar a atividade insulínica, o cromo não substitui a insulina. A presença do cromo orgânico em baixos níveis de insulina é suficiente para produzir uma resposta biológica similar a um indivíduo com valores normais de insulina (Pechova & Pavlata, 2007).

A insulina tem grande importância no controle de crescimento do peixe, pois afeta direta ou indiretamente no metabolismo celular, como um regulador do transporte e aumento da disponibilidade de aminoácidos para os tecidos, além de regular a síntese de proteína (Oliveira & Cyrino, 2003). Alguns pesquisadores sugerem que a produção de insulina seria ineficiente em peixes, quando da presença de alto nível de carboidratos na ração, sugerindo uma reduzida taxa de utilização da glicose (Wilson & Poe, 1987). Em contrapartida, acredita-se que a ineficiente ação da insulina seria explicada pela menor atividade dos receptores insulínicos (Silveira et al., 2009).

Foi testado em carpa capim (*Ctenopharyngodon idellus*) picolinato de cromo nos níveis 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2 mg/kg. Os pesquisadores observaram significativo aumento na concentração da insulina em animais suplementados com 0,8 mg/kg, mas essas concentrações sofreram queda nos níveis 1,6 e 3,2 mg/kg (Liu et al., 2009).

## **2.6. Resposta do cortisol na presença do cromo**

Alguns estudos demonstram que o cromo diminui os níveis de cortisol em animais no período de estresse. Peixes expostos a situações estressantes geram um aumento na secreção de cortisol e catecolaminas, ocorrendo aumento da glicose sanguínea (Vijayan et al., 1997).

Há ampliação da exigência de cromo nos períodos de maior estresse, devido ao aumento da excreção urinária desse mineral. Com o cortisol e glicose em níveis aumentados ocorre à liberação de insulina e a mobilização de cromo, que são então excretados pela urina (Pechova & Pavlata, 2007). Nos períodos de estresse, a suplementação com cromo reduziu a perda de minerais como Zu, Cu, Fe e Mn, que são importantes nos mecanismos de controle da concentração dos radicais livres (Mowat, 1997; Aragon et al., 2001). Ainda não se sabe se há relação direta do cromo com cortisol, ou se a diminuição da resposta ao estresse se dá pela potencialização da insulina através do cromo.

Diversos autores confirmaram a diminuição dos efeitos de estresse com a suplementação de cromo nos animais através da redução da concentração de cortisol no sangue (Chang & Mowat, 1992; Moonsie-Shageer & Mowat, 1993; Mowat et al., 1993; Aragon et al., 2001; Pechova et al., 2002). Fujimoto et al. (2007) demonstraram que a suplementação de cromo trivalente resultou em menores valores de cortisol em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com maior nível de cromo testado (18mg/kg) no menor período avaliado (sete dias).

## **2.7. Sistema imune e cromo**

Acredita-se que o cromo atua em diferentes tipos de resposta humoral e na imunomodulação celular, mas os mecanismos inter e intracelular ainda são desconhecidos. A hipótese em relação à função imune e cromo podem ocorrer pela associação com insulina e/ou com atividade do cortisol, mas pode ser mediada pela regulação da produção de certas citosinas (Pechova & Pavlata, 2007).

Alguns trabalhos com peixes demonstraram que com o fornecimento de cromo trivalente para pacus (*Piaractus mesopotamicus*), as concentrações de monócitos foram menores em grupos não suplementados e submetidos à alta densidade, enquanto que, com a suplementação houve aumento dos monócitos na maior e menor densidade. Ainda, nos peixes alimentados com cromo ocorreu linfocitopenia na menor e maior densidade e durante o experimento os não suplementados apresentaram linfocitose em relação aos suplementados. Neutropenia foi percebida nos alimentados com dietas de cromo trivalente nas duas densidades. E os peixes submetidos à baixa densidade tinham leucócitos maiores do que os peixes mantidos na alta densidade, mas isso perdurou por somente 15 dias, ocorrendo inversão dos valores após 30 dias, e estabilidade até 90 dias (Fujimoto et al., 2007).

A suplementação com cromo levedura em trutas (*Oncorhynchus mykiss*) foi ideal para ocasionar uma maior atividade da lisozima e melhorar a habilidade de macrófagos em fagocitar (Gatta et al., 2001). Magzoub et al. (2009) encontraram em

híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) um aumento nos títulos de anticorpos ANTI-SRBC nos grupos suplementados com cromo, durante a segunda imunização.

## **2.8. Funções do cromo no metabolismo lipídico**

O cromo é necessário para o metabolismo normal dos lipídios. Kaats et al. (1998) asseguraram que em humanos, o cromo age indiretamente nas enzimas de síntese de ácidos graxos, que são responsáveis pela lipogênese, inibindo-as e atuando no armazenamento de triglicerídeos mediados pela insulina, resultando em menor deposição de gordura. Outra hipótese diz que a diminuição do colesterol ocorreria pela inibição da enzima hepática hidroximetilglutaril-coA-redutase, responsável por diminuir a concentração plasmática de colesterol (Gomes et al., 2005).

Em peixes, a suplementação de picolinato de cromo em trutas (*Oncorhynchus mykiss*), ocasionou a diminuição do colesterol com aumento dos níveis de inclusão de cromo (Kuçukbay et al., 2005). Com suplementação de 2 mg/kg de cromo levedura, Magzoub et al. (2009) encontraram diminuição de colesterol em híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). Baldan (2004) avaliando a eficácia de óxido do cromo percebeu que entre os tempos de alimentação testados (30 e 60 dias) houve diferença, a favor do maior tempo (60 dias) na diminuição de colesterol e triglicerídeos séricos.

O cromo é também agente eficaz na diminuição das taxas de ateroscleroses. Abraham et al. (1982) demonstraram que em coelhos alimentados com baixas quantidades de cromo e com dietas ricas em colesterol formaram grandes placas de lipídios na artéria aórtica.

## **2.9. Metabolismo protéico e sua relação com cromo**

Por causa do papel da insulina na captação de aminoácidos pelos tecidos animais, o cromo é importante na biossíntese da proteína. Roginski & Mertz (1969) reportaram que a suplementação de cromo aumenta a incorporação de aminoácidos nas proteínas do coração e na captação de aminoácidos nos tecidos de ratos.

A atividade do cromo é mediada pela ação anabólica da insulina. Evans & Bowman (1992) demonstraram que o aumento da captação de aminoácidos e glicose pelos músculos esqueléticos em ratos ocorreu em função da suplementação com picolinato de cromo. Essa alteração na captação de nutrientes foi associada com mudanças de valores da insulina, que é cromo-dependente. Essas observações podem explicar o efeito da tolerância à glicose bem como aumento do percentual de aminoácidos no músculo esquelético.

Em ensaio com pacus (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com  $Cr^{+3}$ , Fujimoto et al. (2007) demonstraram que a suplementação induziu maior teor protéico, pois segundo Okada et al. (1984), o cromo tem efeito positivo sobre a utilização e

incorporação de aminoácidos e na síntese de proteínas que atuam no RNA mensageiro, proporcionando carcaças com maiores teores de proteínas. Ainda neste trabalho, valores superiores de eficiência de retenção de proteína bruta (ERP) e de proteína bruta no ganho de peso (PGP) foram encontrados, sugerindo maior eficiência de utilização da fração protéica pelos peixes, principalmente na maior densidade.

Shiau & Liang (1995) observaram aumento na taxa de deposição protéica em híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) suplementadas com 0,5% de óxido de cromo. Shiau & Shy (1998) também encontraram valores significativos de taxa de eficiência protéica, em híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) alimentadas com 300 mg/kg de óxido de cromo. Resultados similares foram encontrados por Liu et al. (2009) na suplementação de picolinato de cromo em carpa capim (*Ctenopharyngodon idellus*). Em contrapartida, em bagres do canal (*Ictalurus punctatus*) recebendo diferentes níveis de óxido de cromo (0, 50, 100, 200, 400, 1000, 5000, 10000 mg/kg) não houve efeitos significativos (Ng et al., 1997). A suplementação de 1,6 mg/kg de picolinato de cromo em trutas (*Oncorhynchus mykiss*) também não produziu diferenças significativas em proteína total no soro (Selcuk et al., 2008).

## **2.10. Carboidratos e cromo**

Os estudos sobre a possível interação do cromo com o metabolismo de carboidratos foi dado por Schroeder (1968) que analisou em ratos o efeito do cromo no metabolismo da glicose. E ainda, Woolliscroft et al. (1977) também testaram o efeito do cromo na glicose em ratos normais e em ratos com deficiência de cromo, sob a forma de suplementação oral e intravenoso.

Para melhorar a utilização de carboidratos pelos peixes, foram estudadas as associações de diferentes fontes de cromo com dietas energéticas por Shiau & Chen (1993) e Shiau & Liang (1995) gerando resultados como: melhor ganho de peso, aumento na ingestão alimentar, grande retenção de proteína e energia e melhor concentração lipídica no organismo. Esses pesquisadores utilizaram óxido de cromo e perceberam que quaisquer fontes de cromo utilizadas em associação com dietas à base de glicose aumentaram o ganho de peso de híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) e melhoraram a eficiência da utilização da glicose. Esses pesquisadores avaliaram as enzimas fosfofrutoquinase (transforma um fosfato de ATP a frutose-6-fosfato na glicólise), hexoquinase (catalisa a conversão de ATP + D-hexose a ADP + D-hexose-6-fosfato na glicólise) e glicose-6-fosfatase (onde glicose-6-fosfato modifica a glicose na gliconeogênese). A fosfofrutoquinase teve sua atividade aumentada em peixes alimentados com óxido de cromo, principalmente com glicose na dieta. Para a hexoquinase não ocorreram diferenças significativas, mas a baixa atividade da glicose-6-fosfatase, na suplementação com Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mostrou efeitos significativos entre a presença de amido ou glicose, tendo a glicose valores mais altos que amido.

Pan et al. (2003) não observaram efeitos no ganho de peso total e final em híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*.) alimentados com dextrose ou

glicose com adição de 2mg/kg de picolinato de cromo, mas ao analisarem a atividade das enzimas frutose-1,6-difosfatase (transforma frutose 1,6-difosfato em frutose 6-fosfato na via gliconeogênese), glicose-6-fosfatase desidrogenase e 6-fosfogliconato desidrogenase (ambas participam na via das pentoses fosfatos gerando aporte de NADPH) encontraram alta atividade somente nas enzimas presentes na via das pentoses fosfatos. Baldan (2004) não encontrou efeito na utilização de carboidratos com a suplementação de óxido de cromo em pacus (*Piaractus mesopotamicus*), sendo que o autor somente avaliou fatores de desempenho desse animal.

### **2.11. Crescimento e composição corporal influenciados pelo cromo**

Os mecanismos de ação que alteram a composição corporal não são claramente explicados. Vários questionamentos são levantados a respeito da ação da insulina no músculo e em tecidos adiposos. White et al. (1993) especularam que a posição dos animais na curva de crescimento pode estar envolvida com cromo. Uma vez que o tecido magro é prioritário para o crescimento no início da curva, a suplementação de cromo em animais deficientes produziria efeito maior no ganho de massa magra (Mowat, 1997).

Shiau & Shy (1998) demonstraram que 300 mg/kg de óxido de cromo em dietas para híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*.) propiciou um significativo aumento de ganho de peso em condições normais de cultivo.

A composição de carcaça de peixes é formada principalmente por água, proteínas, lipídios e minerais e seus valores são dependentes de época do ano, tipo, quantidade e qualidade do alimento consumido, estágio de maturação sexual e idade (Crepaldi et al., 2006; Leonhart et al., 2006). Alguns estudos demonstraram o efeito do cromo na composição da carcaça, especialmente na perspectiva de gordura e tecido muscular (Pachova & Pavlata, 2007).

Fujimoto et al. (2007) apresentaram em seus experimentos que o uso de  $Cr^{+3}$  na dieta de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) aumentou significativamente a eficiência de retenção de proteína bruta e a porcentagem de proteína bruta da carcaça, indicando maior produção de tecido muscular. Neste mesmo experimento, os pesquisadores perceberam uma diminuição na eficiência de retenção de gordura e menores valores de porcentagem de gordura na carcaça na menor densidade testada ( $4 \text{ kg/m}^3$ ), pois na maior densidade ( $20 \text{ kg/m}^3$ ) houve maior retenção de gordura, concluindo que a densidade pode ter sido responsável pela diferença, já que o estresse aumenta a exigência de cromo, que é função do aumento da excreção urinária, terminando por alterar as respostas fisiológicas por esse mineral.

Alguns pesquisadores testaram efeitos de desempenho em híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) alimentadas com óxido de cromo em diferentes concentrações, sendo que Shiau & Chen (1993) encontraram valores significativos no aumento do ganho de peso, ingestão alimentar, retenção energética e balanço energético nos peixes alimentados com 2 mg/kg óxido de cromo na dieta a base de amido, enquanto Shiau & Liang (1995) observaram aumento no ganho de peso e na taxa de eficiência alimentar nos dois níveis testados (0,5 e 2%) de óxido de cromo na

dieta a base de amido e Shiau & Shy (1998) evidenciaram um aumento do ganho de peso e na taxa de eficiência alimentar nos animais alimentados com 300 mg/kg de óxido de cromo tanto nas dietas com dextrose quanto nas dietas a base de glicose. Diferenças significativas no ganho de peso, taxa de eficiência alimentar, taxa de eficiência protéica e retenção protéica foram encontrados em carpa capim (*Ctenopharyngodon idellus*) alimentadas com 0,8 mg/kg de picolinato de cromo. Ng et al. (1997) observaram em bagres do canal (*Ictalurus punctatus*) alimentadas com dextrina e óxido de cromo, aumento no ganho de peso e na taxa de eficiência alimentar.

Baldan (2004) alimentando pacus (*Piaractus mesopotamicus*) com óxido de cromo, não encontrou diferenças significativas no ganho de peso, na taxa de crescimento específico, consumo alimentar diário e na conversão alimentar dos diferentes níveis testados, mas pelo fato de ter usado diferentes tempos de suplementação (30 e 60 dias) encontrou melhor desempenho nos 30 dias finais de alimentação. Em relação a ganho de peso, taxa de crescimento, consumo alimentar e taxa de conversão não foram encontrados diferenças significativas em trutas (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas por 1,6 mg/kg de picolinato de cromo (Selcuk et al., 2008).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Condições experimentais**

##### **3.1.1. Local e período**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquacultura (LAQUA) na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, no período de 01 de julho a 11 de agosto de 2010, totalizando 42 dias ou seis semanas. O sistema usado no laboratório é de recirculação, ou também conhecido como sistema fechado, onde o excesso de água passa por filtro mecânico para remoção de sólidos em suspensão (partículas entre 40 e 100 micrômetros) e por um filtro biológico, onde bactérias nitrificantes promovem a oxidação da amônia a nitrato, tendo assim um maior aproveitamento da água (Kubitza, 2006). Os tanques eram abastecidos com oxigênio e fluxo de água constante (120 litros/hora).

##### **3.1.2. Peixes**

Foram utilizados 324 peixes da espécie *Oreochromis niloticus*, linhagem chitralada com peso médio de 60g ( $\pm 14,12$ ). Antes do início do experimento, os animais foram pesados individualmente, para que houvesse uniformidade entre as unidades experimentais.

Os peixes foram divididos em 27 tanques de alvenaria com capacidade de 100 litros, como observado na figura 2. Cada caixa recebeu 12 peixes. Densidade de estocagem em média 7,2 g/L.



Figura 2. Tanques de recirculação com 12 peixes (*O.niloticus*) em cada.

### 3.1.3. Manejo

Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, nos horários de 10 e 16 horas. A coleta de sobras era realizada através de sifonamento e despejadas em potes com numeração de cada caixa. Depois, eram acondicionados em freezer. Era realizada a drenagem dos tanques duas vezes ao dia e limpeza dos canos com escova, uma vez ao dia.

A temperatura era medida diariamente através de termômetro de mínimo e máximo. O pH, condutividade, salinidade e oxigênio eram medidos por sonda multiparâmetros da YSI, modelo 6920V2, duas vezes por semana. O aparelho era colocado na caixa e resultados eram observados na tela (figura 3). Semanalmente, o nitrito e amônia eram avaliados por kits comerciais colorimétricos da ALFAKIT, coletando 5 mL de água de cada caixa para essas avaliações.



Figura 3. Medição dos parâmetros de qualidade de água pela sonda multiparametros.

#### 3.1.4. Tratamentos

Os tratamentos foram definidos pela porcentagem de cromo estabelecida em cada fonte, sendo o cromo levedura apresentado com 0,1% Cr e quelato de cromo com 10% Cr e também pelos respectivos níveis analisados. Os valores abaixo foram definidos a partir de 100 kg de ração.

Tratamento 1: 80g de cromo-levedura + 240g de levedura simples

Tratamento 2: 160g de cromo-levedura + 160g de levedura simples

Tratamento 3: 240g de cromo-levedura + 80g de levedura simples

Tratamento 4: 320g de cromo-levedura

Tratamento 5: 0,8g de cromo quelato + 320g de levedura simples

Tratamento 6: 1,6g de cromo quelato + 320g de levedura simples

Tratamento 7: 2,4g de cromo quelato + 320g de levedura simples

Tratamento 8: 3,2g de cromo quelato + 320g de levedura simples

Tratamento 9: 0 g de fonte de cromo + 320g de levedura simples

A complementação de levedura simples em todos os tratamentos objetivou a retirada de possíveis fatores que poderiam atuar na fonte cromo-levedura.

A batida da ração foi realizada na empresa IMPROVETER, localizada na cidade de Bom Despanho, Minas Gerais. Todos os ingredientes foram doados pela empresa, exceto as fontes de cromo. A ração foi extrusada e seca ao ar livre.

As rações foram analisadas quanto a proporção de cromo pela absorção atômica. Resultados podem ser vistos na tabela 1.

**Tabela 1. Concentrações de cromo nas rações \***

Amostra	Teor de Cr (ppm)
T1	1,34
T2	2,05
T3	2,8
T4	2,85
T5	2,54
T6	1,91
T7	2,32
T8	2,57
T9	0,17
Quelato de cromo	7,22%
Cromo levedura	0,14%
Levedura simples	3,07 ppm

\*Matéria natural

O tratamento 9 equivale ao controle, ou seja, não foi incluída nenhuma das fontes testadas, portanto o valor de cromo encontrado na análise ocorreu devido aos ingredientes e a levedura simples possuírem cromo.

### 3.1.5. Dietas

Todas as dietas foram calculadas para serem isoprotéicas e isoenergéticas. Para os cálculos dos níveis nutricionais das dietas foram utilizados os dados dos valores nutricionais dos ingredientes de acordo com Rostagno et al. (2005) e NRC peixes (1993). Os ingredientes, suas respectivas proporções de uso e seus valores de composição bromatológica foram relatados nas tabelas 2 e 3.

**Tabela 2. Composição e valores nutricionais das dietas experimentais**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>USO (%)</b>
Milho	10,00
Farelo de Germen Milho	5,71
Promil / Refinazil	2,32
Farelo de Trigo 15,5%	5,00
Quirera arroz	10,00
Farelo de soja	27,75
Farinha de vísceras aves	30,00
Farinha de carne ossos	6,037
Sal refinado	0,50
Calcário calcítico	2,00
Vitamina C	0,01
DL-metionina	0,21
L-lisina	0,04
Antioxidante	0,03
Suplemento mineral e vitamínico	0,40
<b>TOTAL (%)</b>	<b>100,00</b>
<b>NIVEIS NUTRICIONAIS</b>	<b>%</b>
Cálcio	2,85
Fósforo total	1,15
Fósforo disponível	0,94
Lisina total	2,00
Cistina	0,52
Metionina	0,80
MET+CIS total	1,30
MET + CIS disponível	0,99

\* Premix mineral e vitamínico: Composição por quilo de produto: Vit. A = 1.000.000 UI; vit. D3 = 500.000 UI; vit. E = 20.000 mg; vit. K3 = 500 mg; vit. B1 = 500 mg; vit. B2 = 1.750 mg; vit. B6 = 1.125 mg; vit. B12 = 3.750 mcg; ác. fólico (folic acid) = 250 mg; antioxidante: 0,25g; pantotenato de cálcio (pantothenic calcium) = 5.000 mg; vit. C = 25.000 mg; biotina (biotin) = 50 mg; colina (choline) = 65.000 mg; ácido nicotínico (nicotinic acid) = 24.000 mg; niacina: 5.000mg; Fe = 13.750 mg; Cu = 2000 mg; Mn = 3750 mg; Zn = 20.000 mg; I = 100 mg; Co = 25 mg; Se = 75 mg. Inclusão de mais 300mg/Kg de vitamina C.

**Tabela 3. Valores de composição bromatológica dos tratamentos**

Tratamentos	Materia seca (%)	Proteína Bruta (%)	Extrato Etereo (%)	Fibra bruta (%)	Energia	
					bruta (cal/g)	Cinzas (%)
1	92,79	34,52	4,2022	3,0931	4217,84	12,25
2	90,28	34,36	4,4231	3,0859	4148,59	12,59
3	92,77	36,65	4,4565	3,0849	4261,86	12,45
4	92,06	34,99	4,9230	3,0752	4237,82	12,46
5	90,78	35,25	4,4747	3,0983	4161,83	12,62
6	91,14	34,72	4,6931	3,1289	4186,16	12,71
7	91,64	35,41	5,1329	3,1359	4167,69	12,72
8	91,36	36,96	4,7264	3,1012	4178,14	12,79
9	92,88	36,16	4,7279	3,0931	4225,35	12,95

### 3.1.6. Delineamento experimental e dados estatísticos

Por causa dos valores das concentrações de cromo ter sido diferentes entre os nove tratamentos, a estatística realizada foi independente para cada fonte. Não foi possível a comparação entre as fontes.

Para fonte cromo levedura usou-se o delineamento inteiramente casualizado constituído de cinco tratamentos com três repetições de 12 peixes para o parâmetro de desempenho e 11 peixes para as demais, devido à mortalidade ocorrente durante experimento. Para fonte quelato de cromo usou-se o delineamento inteiramente casualizado constituído de cinco tratamentos com três repetições de 12 peixes no parâmetro de desempenho e 11 peixes para as outras variáveis.

Esses resultados foram submetidos à análise de regressão através do SISVAR versão 5.0. Para as variáveis triglicérides, HDL e VLDL foram realizadas a transformação logarítmica para normalização dos dados, porém nas tabelas são demonstrados os valores originais.

## 3.2. Dados coletados

### 3.2.1. Parâmetros de água

Para análise de água foram medidos a condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e temperatura e as concentrações de nitrito e amônia.

### **3.2.2. Parâmetros de desempenho**

#### **3.2.2.1. Consumo de ração**

Para cálculo do consumo de ração, foram coletadas as sobras de ração em todos os horários de alimentação, estocados em freezer e a cada semana eram colocados em estufa ventilada a 55 °C por 72 horas (Silva & Queiroz, 2002). Logo após, as rações secas eram pesadas e os valores anotados. A cada duas semanas os potes de cada caixa recebiam acréscimo de ração até que ficassem com 1000g.

O consumo foi calculado por: acréscimo de ração – sobra de ração. Esse resultado foi dado em matéria seca, pois o valor das sobras impostas no cálculo foi do resultado obtido após 66 horas na estufa. Assim foi realizado o valor de correção para matéria natural, fazendo-se: sobra de ração x valor da sobra de ração na matéria seca / valor da sobra de ração na matéria natural.

#### **3.2.2.2. Ganho de peso**

A cada duas semanas os animais eram pesados por caixa (repetição), sendo colocado em rede e valor observado em dinamômetro digital. O ganho de peso foi calculado subtraindo-se o peso final do inicial.

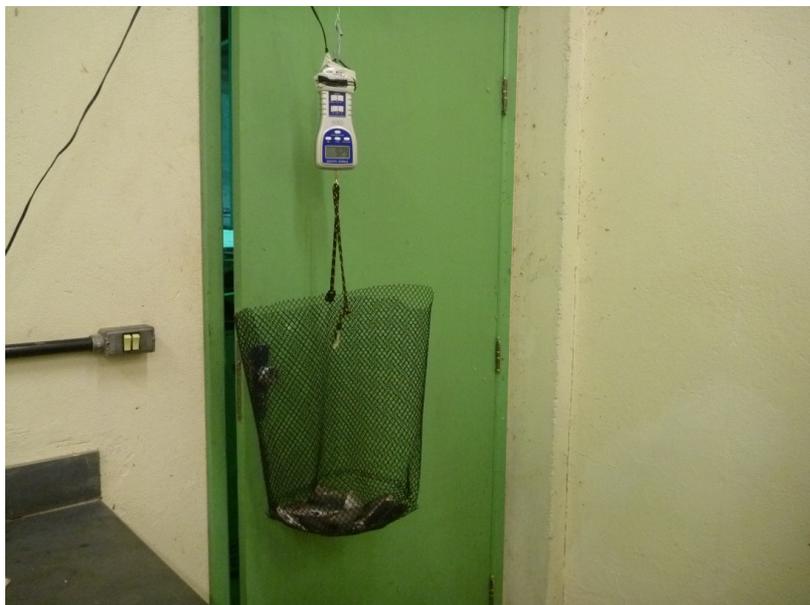


Figura 4. Animais sendo pesados por unidade experimental em dinamômetro digital.

#### **3.2.2.3. Conversão alimentar (CA)**

Para o conhecimento da quantidade de alimento para produzir um quilograma de peixe foi usada a fórmula:  $CA = \text{alimento fornecido (g)} / \text{ganho de peso (g)}$ .

#### **3.2.2.4. Rendimento de filé**

Ao final do experimento foram abatidos quatro animais por repetição, pesados individualmente, retirados o filé, somente de um lado, com pele, escamas e costela, seguindo procedimento descrito por Turra (2010) e pesado, para cálculo do rendimento. O valor de rendimento de filé foi obtido pela fórmula:  $[(\text{peso filé} \times 2) \times 100] / \text{peso do animal}$ .

### **3.2.3. Parâmetros corporais e metabólicos**

#### **3.2.3.1. Composição de carcaça**

Para os valores de composição de carcaça, foram abatidos três animais de cada unidade experimental, congelados, depois triturados em moedor de carne e colocados em estufa ventilada a 55°C por 72 horas (Silva & Queiroz, 2002). Depois foram desengordurados com álcool e novamente colocados em estufa ventilada a 55°C por 12 horas. Depois de seco, foram triturados em liquidificador. Com amostra pronta foram avaliados proteína bruta, pelo método Kjeldahl, extrato etéreo, pela extração de gordura em éter no Soxhlet, matéria seca realizada em estufa a 105°C por 6 horas e cinzas, pela incineração do material em mufla a 600°C por 4 horas. Todas essas análises são retratadas em A.O.A.C (1984).

#### **3.2.3.2. Composição de filé**

Para os valores de composição do filé, foram abatidos quatro animais de cada caixa, retirados o filé, somente de um lado, com pele, escamas e costela, seguindo procedimento descrito por Turra (2010) e depois congelados. Assim, foram picados com faca e colocados em estufa ventilada a 55°C por 72 horas (Silva & Queiroz, 2002). Depois foram desengordurados com álcool e novamente colocados em estufa ventilada a 55°C por 12 horas. Depois de seco, foram triturados em liquidificador. Com amostra pronta foram avaliados proteína bruta, extrato etéreo, matéria seca e cinzas, segundo análise descrita em A.O.A.C (1984).

#### **3.2.3.3. Índice visceral somático (IVS) de fígado e baço**

Para o estabelecimento do peso de vísceras, faz-se a relação de índices viscerais, seguindo a fórmula:  $IVS = 100 \times [\text{peso da víscera(g)} / \text{peso corporal (g)}]$ . Após o término do experimento, foram abatidos quatro animais de cada unidade experimental, pesados individualmente e sendo retirados fígados e baços para pesagem.

#### **3.2.3.4. Proporção de colesterol e triglicérides em fígado**

De cada unidade experimental foram retirados quatro fígados para dosagem das concentrações de colesterol e triglicérides. A extração do colesterol total e triglicérides foram realizadas segundo Blig & Dyer (1959) com modificações (Hiane et al., 2002). A quantificação dos lipídios seguiu as recomendações de Bohac et al. (1988).

#### **3.2.3. Parâmetros sanguíneos**

Para as avaliações do sangue, os animais passaram por jejum de 12 horas. Sete animais de cada unidade experimental foram anestesiados com quinaldina (Merck) (1ml/10L) e por punção cardíaca foram coletados em média, 1ml de sangue de cada peixe.



Figura 5. Coleta de sangue por punção cardíaca.

No dia da coleta, uma gota de sangue da seringa foi utilizada para análise de glicose. Essa gota foi colocada na fita comercial BIOCHECK para leitura no aparelho da BIOEASY.

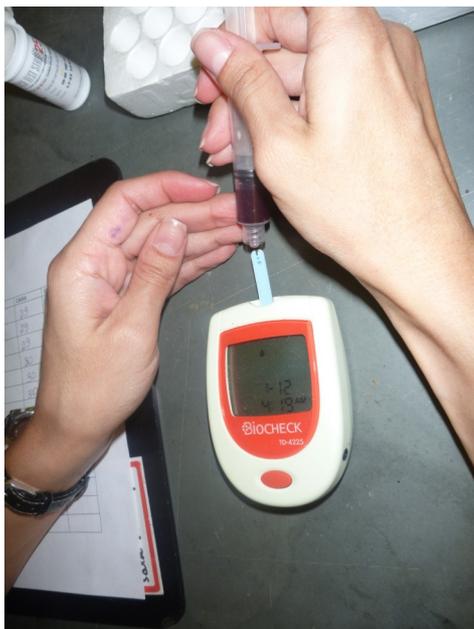


Figura 6. Análise de glicose pela metodologia de fitas colocadas em aparelho específico.

Os sangues coletados foram colocados em tubos de ensaio para serem centrifugados no aparelho Excelsa Baby, Fanem, modelo 208N. O aparelho centrifuga seis tubos a cada 10 minutos, em velocidade de 3000 rpm. Depois as amostras foram congeladas para posteriormente serem avaliados os índices de colesterol total, LDL (low density lipoprotein), HDL (high density lipoprotein), VLDL (very low density lipoprotein), proteínas totais e triglicérides. Todas as análises foram realizadas por kits comerciais da BIOCLIN, sendo lidas no aparelho TP ANALYSER BASIC (Thermo plate).

### **3.2.4. Mortalidade**

Durante o experimento, o índice de mortalidade foi de 0,61%. Dos 324 animais que iniciaram o experimento somente dois vieram a óbito, pois os mesmos pularam para fora da caixa. Os tratamentos não levaram nenhum peixe a mortalidade ou morbidade.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Parâmetros de água**

As análises de água mostraram que o sistema é homogêneo, pois não houve grande variação nos valores de parâmetros de água. As médias dos valores obtidos

da qualidade de água podem ser observadas na tabela 4. Segundo Kubitzka (2003) e Graeff et al. (2005) os parâmetros de água ficaram dentro dos parâmetros da normalidade durante todo o experimento, concluindo que os peixes tiveram situações favoráveis ao longo das seis semanas.

**Tabela 4. Valores médios dos parâmetros de qualidade de água avaliados durante seis semanas de experimento**

	Temperatura °C	Condutividade (mS/cm)	Salinidade (ppt)	O.D. (%)	O.D. (mg/L)	pH	Nitrito (mg/L)	Amônia total(mg/L)
Média	27,07	0,268	0,12	69,77	5,57	7,5	0,26	0,36
Desvio	±1,67	±0,047	±0,02	±20,67	±1,71	±0,19	±0,04	±0,04

## 4.2. Parâmetros de desempenho

### 4.2.1. Consumo de ração, conversão alimentar, ganho de peso, rendimento de filé

Os valores observados de desempenho produtivo em tilápias suplementadas com cromo-levedura encontram-se na tabela 5. Dados de desempenho de tilápias alimentadas com quelato de cromo podem ser visualizados na tabela 6.

**Tabela 5. Efeitos dos níveis de cromo-levedura no desempenho de tilápias**

Níveis de cromo (ppm)	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar (g/g)	Rendimento de filé (%)
0,17	1482,27	791,93	1,26	47,18
1,3	1540,67	867,53	1,16	46,17
2,1	1563,23	769,00	1,33	47,34
2,8	1537,97	747,33	1,50	46,68
2,9	1574,10	818,73	1,25	48,47
regressão	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3,53	20,09	26,16	3,30

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P > 0,05$ )

**Tabela 6. Efeitos dos níveis de quelato de cromo no desempenho de tilápias**

Níveis de cromo (ppm)	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar (g/g)	Rendimento de filé (%)
0,17	1482,27	791,93	1,26	47,18
1,9	1612,70	779,87	1,29	47,33
2,3	1554,77	691,93	1,45	49,40
2,5	1558,83	704,40	1,46	47,88
2,6	1548,50	759,27	1,34	45,96
regressão	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3,79	12,93	12,71	2,36

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

O consumo de ração não diferiu entre os níveis da fonte cromo levedura e quelato de cromo. A conversão alimentar e o ganho de peso, também não diferiram estatisticamente entre os níveis das fontes cromo-levedura e quelato de cromo ( $p>0,05$ ). O mesmo resultado de ganho de peso e conversão alimentar foi encontrado por Baldan (2004) que alimentou juvenis de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) com seis níveis de óxido de cromo (0, 10, 50, 100, 300 e 1000 mg/kg) em dois tempos de alimentação, 30 e 60 dias. Selcuk et al. (2008) também não encontraram diferenças significativas em ganho de peso e conversão alimentar em trutas arco-íris alimentadas com picolinato de cromo e L-carnitina. Pan et al. (2003) não observaram diferenças no ganho de peso em híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) suplementadas com 2 mg/kg de picolinato de cromo.

Ao contrário do observado no presente trabalho, carpa capim (*Ctenopharyngodon idellus*) alimentadas com diferentes níveis de picolinato de cromo tiveram aumento no ganho de peso somente aquelas alimentadas no nível de 0,8 mg/kg, pois níveis maiores analisados (1,6 e 3,2 mg/kg) afetaram o ganho de peso de forma negativa nesses peixes, levando a crer que alta suplementação de cromo possa deprimir o crescimento de carpas capim (Liu et al., 2009).

Shiau & Chen (1993) observaram melhor ganho de peso e consumo em híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) alimentadas com amido e cloreto de cromo ou com cromato de sódio. Shiau & Liang (1995) descobriram que independente do valor utilizado para suplementar óxido de cromo (0,5 ou 2%) a dieta com amido foi que proporcionou melhor ganho de peso. Figueiredo-Garutti (1996) alimentou juvenis de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) com cloreto de cromo ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) e 50% de teor de carboidrato e obtiveram aumento no ganho de peso e consumo, mostrando alguma relação do cromo com o metabolismo dos carboidratos. Porém, os teores de 35% e 50% de carboidrato na dieta não exerceram efeitos significativos na conversão alimentar. O mesmo resultado obteve Ng et al. (1997) alimentando bagres do canal com dextrina e óxido de cromo. Shiau & Shy (1998) também tiveram respostas positivas no ganho peso na dieta oferecida para híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) com 300mg de óxido de cromo e glicose.

Dentre os trabalhos avaliados pode-se perceber que o ganho de peso é uma variável difícil de ser avaliada para afirmar que o cromo seria eficiente para peixes. Os trabalhos mostram que as dietas com alta proporção de carboidrato e cromo podem induzir um ganho de peso significativo, mas fica a dúvida se é a interação de cromo com carboidrato que proporciona esses resultados ou somente o alto teor de carboidrato na dieta. Fazem-se necessários mais ensaios para observar essa interação, podendo avaliar diferentes fontes de carboidratos em função a fontes de cromo.

Em relação ao rendimento de filé, pode-se perceber que na suplementação de cromo levedura não gerou efeitos significativos, mas quando suplementados por quelato de cromo, houve significância a partir da análise de regressão, mas se ajustou apenas ao modelo matemático cúbico ( $P \leq 0,05$  -  $R^2 = 99,68\%$ ). Esse modelo não oferece explicação biológica para efeito, assim, os valores foram considerados não significativos. O comportamento destas variáveis em gráfico de dispersão pode ser observado na figura 7.

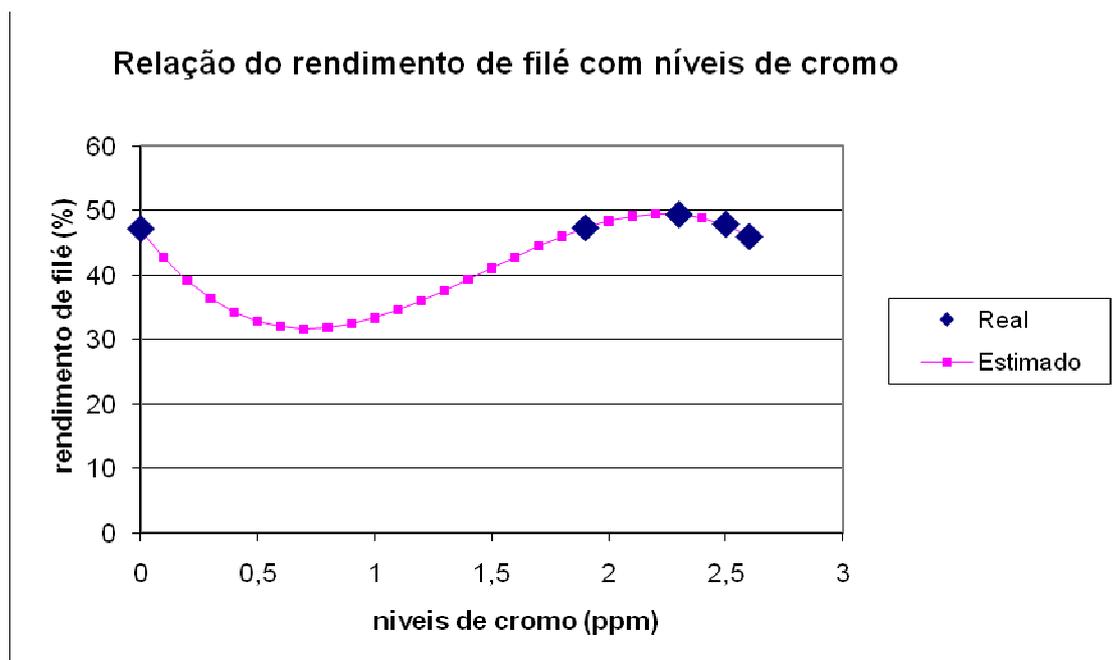


Figura 7. Rendimento de filé de tilápias suplementadas com quelato de cromo em cinco níveis crescentes.

Trabalhos encontrados atualmente em peixes não mediram a relação do cromo com rendimento de filé (Shiau & Chen, 1993; Shiau & Liang, 1995; Figueiredo-Garutti, 1996; Ng et al., 1997; Shiau & Shy, 1998; Arunkumar et al., 2000; Gatta et al., 2001; Pan et al., 2003; Baldan, 2004; Kuçukbay et al., 2006; Fujimoto et al., 2005 e 2007; Liu et al., 2009; Magzoub et al., 2009; Selcuk et al., 2010).

Foram observadas algumas diferenças em relação a rendimento de carcaça em bovinos, aves e suínos. Em trabalho realizado com bovinos Nelore e Brangus x

Nelore castrados encontraram a superioridade do tratamento com cromo em relação ao peso médio de carcaça e rendimento médio de carcaça (Neto, 2009). Em frangos de corte foi percebido um melhor rendimento de carcaça e melhor rendimento de cortes, principalmente de peito quando estas receberam 600 mg/kg de cromo (Souza et al., 2008). Em suínos os efeitos positivos do cromo sobre qualidade da carcaça e rendimento de cortes são variáveis, ou seja, trabalhos indicam que a suplementação de cromo pode aumentar a espessura de toucinho e área de olho de lombo (Page et al., 1993; Van de Ligt et al., 2002), enquanto outros ensaios indicam que não houve efeito nos rendimentos de carcaça, na espessura de costela, nem nos rendimentos de toucinho (Kornegay et al. 1997; Lima et al. 1998). Mais estudos sobre o efeito de cromo em rendimentos de cortes, tanto em peixes, quanto em outros animais deveriam ser conduzidos.

### **4.3. Parâmetros corporais e metabólicos**

#### **4.3.1. Composição de carcaça e filé**

Valores referentes de composição de filés e carcaças de tilápias suplementadas com cromo-levedura podem ser vistos nas tabelas 7 e 8. Dados de composição de carcaça e filés de tilápias alimentadas com quelato de cromo podem ser visualizadas nas tabelas 9 e 10.

**Tabela 7. Dados de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas de filés de tilápias alimentadas com cromo levedura**

Níveis de cromo (ppm)	MS (%)	PB (%)	EE (%)	cinzas (%)
0,17	77,23	68,30	18,20	8,58
1,3	77,50	66,40	18,44	9,19
2,1	81,19	69,38	14,82	8,33
2,8	81,12	69,32	14,62	8,73
2,9	79,60	65,12	16,13	8,29
Regressão	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0,26	6,52	17,92	12,16

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P > 0,05$ )

**Tabela 8. Dados de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) extrato etéreo (EE) e cinzas de carcaça de tilápias alimentadas com cromo levedura**

Níveis de cromo (ppm)	MS (%)	PB (%)	EE (%)	cinzas (%)
0,17	78,32	50,53	31,75	11,54
1,3	63,12	49,34	33,78	13,12
2,1	64,88	51,81	31,23	12,54
2,8	60,85	49,14	34,15	11,49
2,9	63,46	49,62	32,86	12,19
Regressão	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0,85	5,29	10,06	10,09

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

**Tabela 9. Dados de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) extrato etéreo (EE) e cinzas de filés de tilápias alimentadas com quelato de cromo**

Níveis de cromo (ppm)	MS (%)	PB (%)	EE (%)	cinzas (%)
0,17	77,23	68,30	18,20	8,58
1,9	81,21	70,97	13,79	8,59
2,3	83,01	69,76	14,39	8,32
2,5	81,19	72,21	14,57	9,04
2,6	81,22	69,62	14,91	8,85
Regressão	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0,43	4,40	23,16	9,46

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

**Tabela 10. Dados de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo e cinzas de carcaças de tilápias alimentadas com quelato de cromo**

Níveis de cromo (ppm)	MS (%)	PB (%)	EE (%)	cinzas (%)
0,17	78,32	50,53	31,75	11,54
1,9	65,83	49,36	31,78	13,21
2,3	65,00	52,51	33,38	13,39
2,5	62,77	50,44	30,81	11,92
2,6	62,65	50,87	33,04	11,94
Regressão	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0,88	5,19	10,70	6,81

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

As análises correspondentes de MS, cinzas, EE e PB não apresentaram diferenças significativas tanto para a fonte cromo-levedura quanto para quelato de cromo, indicando que o cromo não influenciou na composição corporal e no filé de tilápias. O mesmo foi encontrado por Figueiredo-Garutti (1997) que não observou diferença entre os tratamentos com cloreto de cromo em 35 ou 50% de carboidrato nas carcaças de juvenis de pacus (*Piaractus mesopotamicus*). Ng et al. (1997) testaram em bagres do canal óxido de cromo e também não notaram influência em relação aos parâmetros corporais avaliados (MS, cinzas, EE, PB), quando suplementados com dieta a base de glicose (fonte de carboidrato). Pan et al. (2003) também avaliaram valores de composição de carcaça (MS, cinzas, EE e PB) e perceberam que esses não diferiram entre os tratamentos testados com 2 mg/kg de picolinato de cromo com dietas de 45% de glicose ou dextrina. Liu et al. (2009) suplementaram carpas capim com 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6 e 3,2 de picolinato de cromo não encontraram diferenças estatísticas entre os valores de MS, cinzas, EE e PB nos diferentes tratamentos. Selcuk et al. (2010) avaliaram picolinato de cromo no nível de 1,6 mg/kg, com ou sem acréscimo de 500 mg/Kg de L-carnitina e também não encontraram diferenças significativas na composição proximal (MS, cinzas, EE, PB).

Shiau & Chen (1993) avaliaram a utilização de carboidrato por híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) sob a influência de óxido de cromo, cloreto de cromo e cromato de sódio nas fontes de carboidrato, glicose e amido de milho. Maiores porcentagens de extrato etéreo foram encontradas nas dietas a base de amido do que de glicose, independentemente da fonte de cromo utilizada. Peixes alimentados com glicose e suplementados com óxido de cromo tiveram uma maior proporção de gordura na carcaça, do que nas outras fontes de cromo testadas. Menor teor de água no corpo nas dietas a base de amido com ou sem adição de cromo. Como observado neste mesmo trabalho, tilápias alimentadas com glicose tiveram menor teor de umidade na carcaça quando suplementadas com óxido de cromo, do que com outras fontes de cromo avaliadas e em relação a proteína bruta e cinzas não houve diferenças entre os tratamentos.

Shiau & Shy (1998) encontraram diferenças estatísticas em cinzas de carcaças de híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) nos tratamentos com níveis maiores que 100 mg/kg de óxido de cromo. Porém, os valores avaliados de matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta não apresentaram diferenças significativas nos tratamentos testados (0, 2, 10, 50, 100, 300, 1000, 5000 mg/kg de óxido de cromo).

Fujimoto et al. (2007) avaliando quatro níveis de carboquelato de cromo (0,6,12,18 mg/kg) em duas densidades de estocagem (4 e 20 kg/m<sup>3</sup>) e em três tempos (30,60,90 dias) perceberam que pacus (*Piaractus mesopotamicus*) apresentaram maior teor de proteína no final do período experimental, quando alimentados nas concentrações de 12 e 18 mg/kg. Sendo que o nível de 18 mg/kg mostrou efeito na concentração de proteína nos 30 dias de ensaio. Os teores de gordura da carcaça diminuíram nos níveis de 6 e 12 mg/kg, ao final do experimento, mas o nível de 12 mg/kg já demonstrou essa tendência em apenas 60 dias.

#### 4.3.2. Índices viscerais

Para avaliar o peso de baço e fígado, realizam-se os índices esplenossomático (IES) e hepatossomático (IHS). Seus valores indicados para tilápias alimentadas com cromo levedura podem ser visto na tabela 11. Os dados referentes ao quelato de cromo são encontrados na tabela 12.

**Tabela 11. Valores de índices hepatossomático (IHS) e esplenossomático (IES) entre os níveis de cromo-levedura**

Níveis de cromo (ppm)	IHS (%)	IES (%)
0,17	1,77	0,21
1,3	1,92	0,25
2,1	1,85	0,21
2,8	1,75	0,23
2,9	1,87	0,24
regressão	ns	ns
CV (%)	14,42	25,37

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

**Tabela 12. Índices hepatossomático (IHS) e esplenossomático (IES) entre os níveis de quelato de cromo**

Níveis de cromo (ppm)	IHS (%)	IES (%)
0,17	1,77	0,21
1,9	1,85	0,24
2,3	1,70	0,22
2,5	1,76	0,21
2,6	1,69	0,19
regressão	ns	ns
CV (%)	11,73	25,97

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

Tanto na fonte de cromo-levedura quanto na quelato de cromo, suas concentrações nas dietas não influenciaram sobre o peso das vísceras quando comparado ao grupo que não recebeu nenhuma das fontes testadas. O resultado do índice hepatossomático corrobora os dados de Baldan (2004), que testou diferentes níveis de óxido de cromo em juvenis de pacus.

Figueiredo-Garutti (1996) avaliou em juvenis de pacus níveis de 35 e 50% de carboidrato na dieta com 1,5 mg/kg de cloreto de cromo ou dietas somente compostas de carboidrato, encontraram valores menores de IHS nos peixes alimentados somente de carboidratos, sugerindo que o cromo não influenciou no peso do fígado e sim o nível de 50% de carboidrato. Fujimoto et al. (2007) avaliaram quatro níveis de

carboquelato de cromo (0,6,12,18 mg/kg) em duas densidades de estocagem (4 e 20 kg/m<sup>3</sup>) e perceberam que não houve diferenças nos índices hepato e esplenossomático, apesar dos peixes mantidos em alta densidade apresentaram valores maiores para fígado se comparado aos peixes mantidos em menor densidade. Além disso, houve diminuição dos índices hepato e esplenossomático aos 90 dias de experimento. Mesmo com isso, há forte evidência de que esses índices não são influenciados pela suplementação do cromo, mas fazem-se necessários mais ensaios para que confirme essa avaliação.

Os índices viscerais somáticos de fígado e baço foram avaliados para o conhecimento do peso das vísceras, pois segundo Molina (2001) os pesos das vísceras podem interferir no rendimento de carcaça, sendo desejável peso menor, para que acarretem maiores rendimentos em porções comestíveis e diminuir as exigências de manutenção dos animais. Silva et al. (2009) perceberam que tilápias do nilo na faixa de peso de 650 a 700g apresentaram um maior rendimento de carcaça devido a diminuição do peso das vísceras. Por isso da necessidade de mais estudos sobre estes efeitos.

#### 4.3.3. Porcentagem de triglicérides e colesterol no fígado

Os valores de colesterol e triglicérides do fígado de tilápias alimentadas com cromo-levedura são demonstrados na tabela 13. Em tilápias suplementadas com quelato de cromo, os valores de colesterol e triglicérides podem ser observadas na tabela 14.

**Tabela 13. Resultados de colesterol e triglicérides em fígado de tilápias alimentadas com cromo-levedura**

Níveis de cromo (ppm)	Colesterol (mg/dl)	Triglicérides (mg/dl)
0,17	189,43	163,38
1,3	189,31	231,50
2,1	149,84	267,50
2,8	197,34	181,35
2,9	135,36	193,25
regressão	ns	ns
CV (%)	11,67	31,02

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P > 0,05$ )

**Tabela 14. Resultados de colesterol e triglicérides em fígado de tilápias alimentadas com quelato de cromo**

Níveis de cromo (ppm)	Colesterol (mg/dl)	Triglicérides (mg/dl)
0,17	189,43	163,38
1,9	197,92	215,08
2,3	214,83	178,20
2,5	180,31	206,14
2,6	195,78	134,21
regressão	ns	ns
CV (%)	9,63	35,31

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P > 0,05$ )

Os valores de colesterol e triglicérides no fígado de tilápias alimentadas com cromo levedura não apresentaram diferenças, dizendo que estes níveis não foram suficientes para gerar este tipo de resposta. Os valores de colesterol do fígado de tilápias suplementadas com quelato de cromo demonstrou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ), mas não se ajustou a nenhuma curva de regressão, assim os dados foram considerados como não significativos, pois não houve lógica biológica para se explicar o fato. Os valores de triglicérides encontrados em relação ao quelato de cromo não tiveram significância, considerando esses níveis não suficientes para gerar mudanças nessa variável.

Nos trabalhos avaliados de peixes, Baldan (2004) testou valores de lípidio total em fígados de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) e não encontrou diferenças significativas entre os níveis de suplementação com óxido de cromo (0, 10, 50, 100, 300, 1000 mg/kg). Outros trabalhos encontrados não avaliaram estes parâmetros.

Em aves e bovinos foram percebidas mudanças nos valores de colesterol nos fígados (Michael et al., 1987; Besong et al., 2001; Debski et al., 2004). Nenhum trabalho encontrado até o momento mediu o valor de triglicérides no fígado.

#### **4.4. Parâmetros sanguíneos**

Os valores de glicose, triglicérides e proteína total do soro de tilápias suplementadas com cromo-levedura podem ser avaliadas na tabela 15 e os valores de colesterol total e suas respectivas frações podem ser visualizadas na tabela 16.

Os resultados de glicose, triglicérides e proteína total de tilápias alimentadas com quelato de cromo encontram-se na tabela 17 e os valores de colesterol total, HDL, LDL, VLDL estão na tabela 18.

**Tabela 15. Efeito dos níveis de cromo-levedura nos valores de glicose plasmática, triglicérides e proteína total do soro de tilápias**

Níveis de cromo (ppm)	Glicose (mg/dl)	Triglicérides (mg/dl)	Proteína total (g/dl)
0,17	80,22	184,33	4,01
1,3	79,71	183,34	4,22
2,1	87,14	206,44	4,15
2,8	93,83	179,27	4,08
2,9	84,72	177,64	4,22
regressão	ns	ns	ns
CV (%)	13,87	5,50	14,18

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

**Tabela 16. Efeito dos níveis de cromo-levedura nos valores de lipoproteínas e colesterol total de tilápias**

Níveis de cromo (ppm)	Colesterol total (mg/dl)	HDL	LDL	VLDL
0,17	191,70	94,57	56,71	36,86
1,3	185,11	93,12	53,68	36,67
2,1	174,73	92,42	44,94	41,67
2,8	198,81	91,77	64,72	35,85
2,9	174,22	99,46	46,60	35,53
regressão	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11,84	3,99	23,47	8,02

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

**Tabela 17. Resultados de glicose plasmática, triglicérides e proteína total do soro de tilápias suplementadas com quelato de cromo**

Níveis de cromo (ppm)	Glicose (mg/dl)	Triglicérides (mg/dl)	Proteína total (g/dl)
0,17	80,22	179,52	4,01
1,9	88,00	171,81	4,42
2,3	78,62	142,68	3,82
2,5	104,76	197,18	3,75
2,6	82,43	177,64	3,91
regressão	ns	ns	ns
CV (%)	16,50	6,14	12,05

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

**Tabela 18. Resultados de lipoproteínas e colesterol total de tilápias suplementadas com quelato de cromo**

Níveis de cromo (ppm)	Colesterol total (mg/dl)	HDL	LDL	VLDL
0,17	191,70	92,37	56,71	35,90
1,9	203,85	102,00	67,49	34,36
2,3	194,10	102,07	63,49	28,54
2,5	181,10	97,91	52,82	39,44
2,6	205,50	99,46	68,16	35,53
regressão	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16,37	4,72	45,11	8,96

ns – Efeito não significativo pelo teste F ( $P>0,05$ )

#### 4.4.1. Explicações dos valores sanguíneos encontrados

##### 4.4.1.1. Glicose plasmática

Os tratamentos com cromo, independentes dos níveis e fontes, não influenciaram significativamente a concentração de glicose. Como o cromo está ligado diretamente na atividade da glicose sanguínea, devido a sua função de potencializar a ação da insulina, acredita-se que os níveis utilizados no experimento com essas fontes de cromo não foram suficientes para gerar essa função.

Resultados similares foram encontrados por Baldan (2004), quando juvenis de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) alimentaram-se de óxido de cromo em seis níveis de suplementação (0,10,50,100,300,1000 mg/kg) e em dois tempos (30 e 60 dias). Fujimoto et al. (2005) testaram quatro níveis de carboquelato de cromo (0,6,12,18 mg/kg) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) e também não observaram diferenças significativas nos valores de glicose plasmática. Ainda, Selcuk et al. (2008) que alimentaram trutas (*Oncorhynchus mykiss*) com 1,6 mg/Kg de picolinato de cromo, ou com 500 mg/kg L-carnitina e 1,6 mg/kg de picolinato de cromo e com uma ração sem cromo, não viram diferenças estatísticas nos valores de glicose entre os grupos. Liu et al. (2009) também não encontraram diferenças significativas para glicose em carpas capim suplementadas com diferentes níveis de picolinato de cromo (0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6 e 3,2 mg/kg). Figueiredo-Garutti (1996) mostrou que a glicemia só foi menor quando o valor de carboidrato testado foi maior (50%), não observando diferenças significativas quando comparado com tratamentos com cromo ou sem cromo.

Em contraposição, Kuçukbay et al. (2006) perceberam diferenças estatísticas em valores de glicose para trutas (*Oncorhynchus mykiss*) suplementadas com picolinato de cromo nos níveis 0, 400, 800 e 1600 mg/kg. Observaram diminuição da glicose em relação ao aumento dos níveis de cromo. Magzoub et al. (2009) suplementaram híbridos de tilápias (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) com cromo levedura e óxido de cromo nos níveis de 1 e 2 mg/kg por 50 dias, tendo comparado os valores de glicose nos dias 0 e 25, encontrando valores menores de glicose em 25

dias, quando comparado no dia 0 em todos os tratamentos. Ainda, diferenças significativas entre cromo levedura e óxido de cromo foram percebidas, mostrando que no dia 25 o valor de glicose nos peixes tratados com cromo levedura foi menor que nos peixes tratados com óxido de cromo.

#### **4.4.1.2. Colesterol total**

Percebe-se que para os valores de colesterol também não houve significância entre os níveis de cada fonte testada. Da mesma forma, Baldan (2004) não encontrou divergências entre os tratamentos (óxido de cromo nos níveis 0,10, 50, 100, 300, 1000 mg/kg), mas percebeu uma diminuição do colesterol total aos 60 dias de experimento, em relação aos 30 dias, em todos os tratamentos, levando a crer que este fato não ocorreu pelo cromo, mas pela fisiologia normal do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). O mesmo foi percebido por Selcuk et al. (2008) que alimentando trutas com 1,6 mg/kg de picolinato de cromo ou 1,6 mg/kg mais 500 mg/kg de L carnitina, não acharam diferenças nos valores de colesterol, comparados também com grupo controle.

Em contraposição, em trutas suplementadas com picolinato de cromo nos níveis de 0, 400, 800 e 1600 mg/kg apresentaram uma diminuição das concentrações de colesterol ao longo do aumento dos níveis de cromo testados (Kuçukbay et al., 2006). Liu et al. (2009) descobriram uma menor concentração de colesterol em carpas capim alimentadas com 0,8 mg/kg de picolinato de cromo.

Magzoub et al. (2009) depararam valores maiores de colesterol aos 25 dias de experimento comparados com o dia zero, em híbridos de tilápias alimentadas com cromo-levedura ou óxido de cromo nos níveis 1 e 2 mg/kg e também no tratamento sem cromo. Esses pesquisadores relatam que dietas a base de cromo não diminuem o colesterol desses peixes, mas que a concentração de colesterol tende a aumentar, embora não significativamente, após 25 dias de alimentação.

Gomes et al. (2005) acreditam que a diminuição do colesterol através da suplementação de cromo pode se dar pelo mecanismo, ainda desconhecido, entre o cromo e a enzima hepática hidroximetilglutaril-coA-redutase, que é responsável em diminuir os níveis plasmáticos de colesterol, mas pela grande variância nos trabalhos apresentados com peixes, pode-se dizer que existe a necessidade de mais ensaios para conclusão a respeito desse efeito.

#### **4.4.1.3. HDL**

Os valores de HDL de tilápias do nilo não sofreram modificações significativas entre os níveis das fontes avaliadas, concluindo que os níveis não foram suficientes para gerar alguma alteração nos valores de HDL. Ao contrário do trabalho de Liu et al. (2009) que suplementaram carpas capim com picolinato de cromo nos níveis 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6 e 3,2 mg/kg, encontraram diferenças entre os tratamentos com 0,8 mg/kg de picolinato de cromo e controle (0 mg/kg de cromo), demonstrando que o tratamento com cromo foi que proporcionou valores maiores de HDL.

Devegowda et al. (1997) localizaram maiores valores de HDL em frangos de corte suplementados com 30 mg/kg de cromo. O mesmo foi observado por diferentes autores: Lien et al. (2001) suplementaram frangos de corte com 1600 e 3200 mg/kg de picolinato de cromo. Wang et al. (2003) observaram maiores valores de HDL em frangos suplementados com 30 mg/kg de cromo levedura e L-carnitina em sete semanas de experimento. Króliczewska et al. (2004) alimentaram frangos de corte com 0, 300 e 500 mg/kg de cromo e também Souza et al. (2010), que avaliando tripicolinato de cromo em frangos de corte encontraram aumento nos níveis de HDL no nível de suplementação 292,5 mg/kg de cromo.

#### **4.4.1.4. LDL**

Os valores encontrados para LDL de tilápias do nilo não foram diferentes pelo teste de regressão, demonstrando que o cromo não influenciou neste aspecto. Dentre os trabalhos avaliados de cromo para peixes, nenhum avaliou esse parâmetro.

Foram avaliados diferenças em LDL de frangos de corte suplementados com 1600 e 3200 mg/kg de picolinato de cromo e observaram uma diminuição nesses valores (Lien et al., 2001). O mesmo foi observado por Króliczewska et al. (2004) em frangos de corte alimentados com 0, 300 e 500 mg/kg de cromo.

A possibilidade do cromo em diminuir o LDL em animais ainda não é esclarecido pela pequena quantidade de trabalhos científicos realizados com este objetivo.

#### **4.4.1.5. VLDL**

Nas fontes e níveis avaliados não houve significância para essa variável. Não foram descobertos trabalhos que realizaram experimento com cromo em peixes para observações dos níveis de VLDL.

Souza et al. (2010) acharam menores valores de VLDL (8,74 mg/dl de soro) em frangos de corte aos 21 dias de idade, suplementados com tripicolinato de cromo no nível de 360,3 mg/kg de cromo.

A decisão de se avaliar os níveis de VLDL neste experimento foi baseada na suposição de Gomes et al. (2005) de que o cromo iria produzir uma redução nessa variável, por meio do aumento da atividade da enzima lipase.

#### **4.4.1.6. Triglicérides**

Após seis semanas de experimento não foi encontrado valores significativos em triglicérides no soro, independente dos níveis e das fontes. O mesmo foi percebido por Baldan (2004) que alimentou pacus com óxido de cromo e Selcuk et al. (2010) que suplementaram trutas com picolinato de cromo.

Ao contrário do observado, o aumento dos valores de triglicérides pode ser percebido em híbridos de tilápias alimentados com óxido de cromo a 1 mg/kg. Entretanto, com valores de 2 mg/kg de óxido de cromo e 1 ou 2 mg/kg de cromo levedura não foram observadas diferenças significativas nos valores de triglicérides (Magzoub et al., 2009). Esses altos valores também foram encontrados por Liu et al. (2009) que suplementaram carpas capim com 0,8 mg/kg de picolinato de cromo, mas sem diferença estatística entre os tratamentos.

Em aves, o cromo proporcionou uma diminuição nos valores de triglicérides no soro (Uyanik et al. 2002; Króliczewska et al. 2004; Souza et al. 2010;) enquanto no trabalho de Lien et al. (2001) demonstraram um aumento no triglicérides.

Essas contradições encontradas nos trabalhos nos leva a continuação da incerteza da atuação do cromo sob os valores de triglicérides. Assim, há necessidade de mais estudos sobre essa relação.

#### **4.4.1.7. Proteína total**

Para os valores de proteína total no soro as fontes de cromo utilizadas com seus respectivos níveis não proporcionaram valores de significância estatística. O mesmo foi descoberto por Baldan (2004) que não encontrou diferenças nos tratamentos testados (óxido de cromo em seis níveis de alimentação). Concordando com o referido fato, Magzoub et al. (2009) também não detectaram diferenças entre os tratamentos (uso de 1 ou 2 mg/kg-1 de óxido de cromo ou de cromo levedura) e Selcuk et al. (2010) também demonstraram não existir diferenças estatísticas entre tratamentos com picolinato de cromo ou sem cromo.

Através do experimento realizado e na avaliação de outros trabalhos, a proteína total do soro pode não ser uma variável interessante para se conhecer o efeito do cromo no organismo de peixes.

## **5. CONCLUSÃO**

As fontes cromo levedura nos níveis 1,34; 2,05; 2,8; 2,85 e quelato de cromo utilizadas nos níveis 2,54; 1,91; 2,32; 2,57 mais o controle de 0,17 não forneceram nenhuma influência no desempenho animal (consumo, conversão alimentar, ganho de peso e rendimento de filé), nos índices hepato e esplenossomático, na composição de carcaça e filé (MS, cinzas, EE, PB), nos parâmetros sanguíneos (glicose, colesterol total, HDL, LDL, VLDL, triglicérides e proteína total) e nas concentrações de colesterol e triglicérides no fígado em tilápias do nilo.

Portanto, a suplementação de cromo com essas fontes ou níveis não se faz necessário para modificar os parâmetros estudados de tilápias do Nilo.

## 6. IMPLICAÇÕES GERAIS

A importância de se estudar os efeitos do cromo para uma suplementação ideal gera a continuação de futuros trabalhos para conclusão a respeito de fontes de biodisponibilidade ideais.

O presente trabalho gerou para futuros ensaios a importância de se avaliar as fontes quelato de cromo e cromo levedura em relação a sua biodisponibilidade.

Nos parâmetros avaliados para quelato de cromo, percebeu-se uma tendência de melhora em rendimento de filé quando da suplementação deste composto, além da possibilidade de diminuir as concentrações de colesterol no fígado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, A.S.M.; EINI, M. The effect of chromium on cholesterol induced atherosclerosis in rabbits. **Atherosclerosis**, n.41, p.371-379

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14.ed. Washington: AOAC, 1984. 1141p.

AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.P.; LEWIS, A.J. **Bioavailability of nutrients for animals: Amino, Acids, Minerals And Vitamins**. Academic Press. p.83-92. 1995.

AMOIKON, E.K.; FERNANDEZ, J.M.; SOUTHERN, L.L., et al. Effect of chromium tripicolinate on growth, glucose tolerance, insulin sensitivity, plasma metabolites and growth hormone in pigs. **Jounal Animal Science**, n.73, p. 1123-1130, 1995.

ARAGON, V.E.F.; GRAÇA, D.S.; NORTE, A.L., et al. Suplementação com cromo e desempenho reprodutivo de vacas zebu primíparas mantidas a pasto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.2001, n° 5, 2001.

ARAÚJO, M.S.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.584-588, 2007.

BALDAN, A.P. **Suplementação de cromo na dieta, utilização de carboidrato e desempenho produtivo do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura, 2004.

BESONG, S.; JACKSON, J.A.; TRAMMELL, D.S., et al. Influence of supplemental chromium on concentrations of liver triglyceride, blood metabolites and rumen VFA profile in steers fed a moderately high fat diet. **Journal Dairy Science Association**, v.84, p. 1679-1685, 2001

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BOHAC, C.E.; RHEE, K.S.; Cross, H.R.; Ono, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **J. Food Sci.**, Chicago, v.53, n.6, p.1642-1644, 1988.

BOSWORTH, B.G.; LIBEY, G.S.; NOTTER, D.R. Relationships amongs body wheigt, body shape, visceral components and fillet traits in palmetto bass (stripped bass female *Morone axatilis*\_White bass male *M. chrysops*) and paradise bass (stripped bass female *M. axatilis*\_yellow bass male *M. mississippiensis*). **Journal Eord Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.29, n.1, p.40-50, 1998.

BRANCO, A. F. **IEPEC**. O papel do cromo na nutrição de bovinos. 2008. Disponível em: <<http://www.iepec.com/noticia/o-papel-do-cromo-na-nutricao-de-bovinos>>. Acesso em: 26 de out. 2009.

CIBERT, C. et al. Morphological screening of carp *Cyprinus carpio*.relationship between morfology and fillet Yield. **Aquatic Living Resource**, Paris, v.12, n.1, p.1-10, Jan./Feb. 1999.

COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION. **The role of chromium in animal nutrition**. National Academy Press, p.80, 1997.

DEBSKI, B.; ZALEWSKI, W.; GRALAK, M.A.; et al. Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.18, n.1, p.47-51, 2004.

DEVEGOWDA, G.; YESWANTH, K.L. Effect of dietary organic chromium content on abdominal fat, cholesterol and high density lipoprotein content of broilers. Department of Poultry Science, University of Agricultural Sciences, Hebbal, Bangalore, India, **Biochrome**. **39**. Eng. RT, 2007.

FÉBEL, H.; SZEGEDI, B.; HUSZAR, S. Absorption of inorganic, trivalent and hexavalent chromium following oral and intrajejunal doses in rats. **Acta Veterinaria Hungarica**, 49 (2), pp. 203-209, 2001.

FIGUEIREDO-GUARUTTI, M.L. **Carboidrato como fonte de energia, o efeito do cromo trivalente na dieta e ação da insulina em juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 1996, 65p.

FUJIMOTO, R.Y.; CASTRO, M.P.; MOARES, F.R.; et al. Efeito da suplementação alimentar com cromo trivalente em pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg,1887), mantido em diferentes densidades de estocagem. Parâmetros fisiológicos. **B. Instuto Pesca São Paulo**, 31(2), p.155–162, 2005.

FUJIMOTO, R.Y.; CASTRO, M.P.; MATINS, M.L.; et al. Parâmetros sanguíneos de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg,1887), alimentados com dietas suplementadas com cromo trivalente em duas densidades de estocagem. **Acta Science, Animal Science**. V.29, n.24, p. 465-471, Maringá, 2007.

FUJIMOTO, R.Y.; CASTRO, M.P.; HONORATO, C.A.; et al. Composição corporal e eficiência de utilização de nutrientes por pacus alimentados com ração suplementada com cromo trivalente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v.42,n.12, p.1763-1768, 2007.

GATTA, P.P; THOMPSON, K.D.; SMULLEN, R.; et al. Dietary organic chromium supplementation and its effect on the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish and Shellfish Immunology**, n. 11, p.371-382, 2001.

GODOY, C.E.M. **Produção da tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus*, (L, 1758), linhagem chitralada, de pequeno porte, em tanques-rede visando o atendimento**

**de comunidades carentes.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006

GOMES, M.R.; ROGERO, M.M.; TIRAPÉGUI, J. Considerações sobre o cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, vol.11, n.5, Niterói, 2005.

GRAEFF, A.; AMARAL JUNIOR, H. Engorda final de tilápias (*Oreochromis niloticus*) no meio-oeste catarinense no período de verão com alevinos nascidos no outono-inverno oriundos do litoral de Santa Catarina (BRASIL). **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, Vol. 13, No. 3, p. 87-91, 2005.

GUAN, X; MATTE, J.J.; KU, P.K., et al. High chromium yeast supplementation improves glucose tolerance in pigs by decreasing hepatic extraction of insulin. **Journal Nutrition**, n.130, p.1274-1279, 2000.

HALVER, J.E.; HARDY, R.W. Essencial minerals for finfish. In: **Fish nutrition**. Third edition. Academic Press, USA, p. 299-300. 2002.

HIANE, P.A.; LEAL FILHO, A.F.; RAMOS FILHO, M.M., et al. Teores de colesterol e lipídios totais em seis espécies de peixes capturados na região pantaneira do estado de Mato Grosso do Sul. **B. CEPPA**, Curitiba, v.20, n.1, p.65-74, 2002.

KAATS, G.R.; BLUM, K.; PULLIN, D.; KEITH, S.C.; WOOD, R. A randomized, double-masked, placebo controlled study of the effects of chromium picolinate supplementation on body composition: a replication and extension of a previous study. **Current Therapeutic Research**, v.59, p.379-388, 1998

KORNEGAY, E.T.; WANG, Z.; WOOD, C.M.; et al. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing-finishing pigs. **Journal of animal science**, v.75, p.1319-1323, 1997.

KRÓLICZEWSKA, B.; ZAWADZKI, W.; DOBRZANSKI, Z., et al. Changes in selected serum parameters of broiler chicken fed supplemental chromium. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.88, p.393-400, 2004.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí, p.229, 2003.

KUBITZA, F. Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, maio / junho, 2006.

KUÇUKBAY, F.Z.; YAZLAK, H.; SAHIN, N.; et al. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on serum glucose, cholesterol and minerals of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture International**, p. 259-266, 2006.

LIEN, T.F.; HORNG, Y.M.; YANG, K.H. Performance, serum characteristics, carcass traits and lipid metabolism of broilers as affected by supplement of chromium picolinate. **British Poultry Science**, v.40, n.3, p. 357-363, 2001.

LIMA, G. J. M. M.; GUIDONI, A.L. Níveis de cromo – ácido nicotínico em dietas de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.3, p.433-439, mar.1999.

LINDEMANN, M.D. Use of chromium as an animal feed supplement. In: VINCENT, J, et al. **The Nutritional Biochemistry of Chromium (III)**. Hardbound, p. 85-118, 2007.

LIU, T.; WEN, H.; JIANG, M.; et al. Effect of dietary chromium picolinate on growth performance and blood parameters in grass carp fingerling, *Ctenopharyngodon idellus*. **Fish Physiology Biochemistry**, 2009.

MAGZOUB, M.B.; AL-BATSHAN, H.A.; HUSSEIN, M.F.; et al. The effect of source and level of dietary chromium supplementation on humoral antibody response and blood chemical parameters in hybrid tilapia fish (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). **Research Journal of Biological Sciences**, n.4 (7), p. 821-827, 2009.

MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **American Institute of Nutrition**, n°22, p.3166 – 3193, 1992.

MICHAEL, A.C.; DONALDSON, W.E. Chromium and vanadium effects on glucose metabolism and lipid synthesis in the chick. **Poultry Science**, v.66, p.120-126, 1987.

MOLINA, L. M. B. **Caracterização do desempenho, da composição corporal e coração e de qualidade da carne de novilhos Brama x Nelore.** 2001. 59 p. Dissertação (Mestrado em medicina veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.

MOWAT, D.N. **Organic chromium in animal nutrition.** University of Guelph, Ontario, Canada, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish.** N.A.P. Washington, D.C. 1993.

NG, W.K.; WILSON, R.P. Chromic oxide inclusion in the diet does not affect glucose utilization or chromium retention by channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **American Society for Nutritional Sciences**, p. 2357-2362, 1997.

NETO, A.P.; JORGE, A.M.; MOREIRA, P.S.A.; et al. Desempenho e qualidade da carne de bovinos Nelore e F1 Brangus × Nelore recebendo suplemento com cromo complexado à molécula orgânica na terminação a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.737-745, 2009.

OLIVEIRA, A.M.B.M.S.; CYRINO, J.E.P. Regulação hormonal do crescimento em peixes, 2003. Disponível em <[http://www.pisciculturapaulista.com.br/pdf/regulacao\\_hormonal\\_crescimento\\_peixes.pdf](http://www.pisciculturapaulista.com.br/pdf/regulacao_hormonal_crescimento_peixes.pdf)>. Acesso em 26 out. 2009.

OLIVEIRA, A.M.B.M.S.; CYRINO, J.E.P. Estresse dos peixes em piscicultura intensiva. 2003. Disponível em <[http://www.pisciculturapaulista.com.br/pdf/regulacao\\_hormonal\\_crescimento\\_peixes.pdf](http://www.pisciculturapaulista.com.br/pdf/regulacao_hormonal_crescimento_peixes.pdf)>. Acesso em 26 out. 2009.

OKADA, S.; TANIYAMA, M.; OHBA, H. Mode of enhancement in ribonucleic acid synthesis directed by chromium (III) – bound deoxyribonucleic acid. **J. Inorg. Biochem.** 17: 41-49, 1982.

OKADA, S.; SUZUKI, M.; OHBA, H. Enhancement of ribonucleic acid synthesis by chromium (III) in mouse liver. **J. Inorg. Biochem.** 19: 95-103, 1983.

OKADA, S.; TSUKADA, H.; OHBA, H. Enhancement of nuclear RNA synthesis by chromium (III) in regenerating rat liver. **J. Inorg. Biochem.** 21: 113-124, 1984.

PAGE, T.G.; SOUTHERN, L.L.; WARD, T.L.; THOMPSON JUNIOR, D.L. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, p.656-662, 1993.

PAN, Q.; LIU, S.; TAN, Y.G.; et al. The effect of chromium picolinate on growth and carbohydrate utilization in tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*. **Aquaculture**, 225, p.421-429, 2003.

PECHOVA, A.; PODHORSK, A; LOKAJOV, E., et al. Metabolic Effects of Chromium Supplementation in Dairy Cows in the Peripartal Period. **Acta Veterinaria Brno**, n. 71, p. 9-18, 2002.

PECHOVA, A.; PAVLATA, L. Chromium as an essential nutrient: a review. Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences, Brno, **Czech Republic**, 52 (1): 1-18, 2007.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2<sup>a</sup> ed. Viçosa, MG: 186 p, 2005.

SAHIN, K.; KUÇUK, O.; SAHIN, N.; et al. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on egg production, egg quality and serum concentrations of insulin, corticosterone, and some metabolites of japanese quails. **Nutrition Research**, 21, p.1315-1321, 2001.

SCHAEFER, S. Cromo. In metais de transição. **Tabela Periódica online**. 2008. Disponível em: <[http://www.tabela.oxygenio.com/metais\\_de\\_transicao/elemento\\_quimico\\_cromo.htm](http://www.tabela.oxygenio.com/metais_de_transicao/elemento_quimico_cromo.htm)>. Acesso em: 13 nov. 2009.

SCHIRMER, W.N.; DREIFUS, T.V.; QUARTAROLI, L., et al. A química ambiental do cromo e seus compostos. **VII Semana de Engenharia Ambiental, campus Irati**, junho 2009.

SCHROEDER, H. Serum Cholesterol and Glucose Levels in Rats Fed Refined and Less Refined Sugars and Chromium. **Journal of Nutrition**, n.97, p.237-242, 1968.

SELKUC, Z.; USTAOGLU, S.; ALAGIL,F.; et al. Effects of dietary l-carnitine and chromium picolinate supplementations on performance and some serum parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture International**, n.18, p.213-221, dezembro, 2008.

SHIAU, S.Y.; CHEN, M.J. Carbohydrate utilization by tilapia (*Oreochromis niloticus x O. aureus*) as influence by different chromium sources. **American Institute of nutrition**, p.1747-1753, 1993.

SHIAU, S.Y.; LIANG, H.S. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, *Oreochromis niloticus x O. aureus*, are affected by chromic oxide inclusion in the diet. **American Institute of nutrition**, p.976-982, 1995.

SHIAU, S.Y.; SHY, S.M. Dietary chromic oxide inclusion level required to maximize glucose utilization in hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus x O. aureus*. **Aquaculture**, 161, p.357-364,1998.

SILVA, C.S.; PEDROZO, M.F.M. Ecotoxicologia do cromo e seus compostos. Série dos cadernos de referência ambiental. V.5. **Centro de Recursos Ambientais (CRA)**, Bahia, 2001.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, F.V; SARMENTO, N.L.A.F.; VIEIRA, J.S.,et al. Características morfológicas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1407-1412, 2009.

SILVEIRA, U.S.; LOGATO, P.V.R.; PONTES, E.C. Utilização e metabolismo dos carboidratos em peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n.1, p.817-836, 2009.

SOUZA, M.L.R.; VIEGAS, E.M.M.; KRONKA, S.N. Estudo da carcaça da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), em diferentes categorias de peso. **Anais da XXXIV Reunião da SBZ**, Juiz de Fora, 1997.

SOUZA, L.M.G.;MURAKAMI, A.E.; FERNANDES,J.I.M.; et al. Efeito do cromo sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, suplemento 10,p.128, 2008.

SOUZA, L.M.G.;MURAKAMI, A.E.; FERNANDES,J.I.M.; et al. Efeito do cromo sobre o desempenho, na qualidade da carne e no teor de lipídeos no plasma sanguíneo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.808-814, 2010.

TURRA, E.M. **Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do nilo (*O.niloticus*)**. Tese de doutorado. Escola de veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

UNDERWOOD, E.J. **Trace elements in human and animal nutrition**. Third edition. Academic Press, 1971.

UYANIK, F.; KAYA, S.; KOLSUZ, A.H.; et al. The Effect of Chromium Supplementation on Egg Production, Egg Quality and Some Serum Parameters in Laying Hens. **Turk Journal Vet. Anim. Sci.**, n.26, p. 379-387, 2002.

UYANIK, F; ATASSEVER, A.; OSDAMAR, S., et al. Effects of dietary chromium chloride supplementation on performance, some serum parameters, and immune response in broilers. **Biological Trace Element Research**, v.90, p.99-115, 2002.

VAN BRUWAENE, R.; GERBER,G.B.; KIRCHMANN, R.; et al. Metabolism of Cr, Mn, Fe and Co in lactating dairy cows. **Health Physics**, n.46, p. 1069-1082, 1984.

VAN DE LIGT, C.P.A.; LINDEMANN, M.D.; CROMWELL, G.L. Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary protein level on growth, carcass,

and blood criteria in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2412-2419, 2002.

VIJAYAN, M.M.; PEREIRA, C.; GRAU, E.G.; et al. Metabolic responses associated with confinement stress in Tilapia: the role of cortisol. **Comp. Biochem. Physiol.** Vol.116C, n.1, p.89-95, 1997.

WANG, J.; DU, R.; QIN, J.; et al. Effect of yeast chromium and L-carnitine on lipid metabolism of broiler chickens. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi, China. **Asian-Aust. J. Anim. Science**, vol. 16, n.12, p.1809-1815, 2003.

WILSON, T.P.; POE, W.E. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono- and di-saccharides as energy source. **Journal Nutrition**, v.117, p.280-285, 1987

WOOLLISCROFT, J.; BARBOSA, A. Analysis of chromium induced carbohydrate intolerance in the rat. **Journal of Nutrition**, n.107, p.1702-1706, 1977.