

Desenvolvimento dos tecidos muscular e adiposo em linhagens de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*

Carlos Cicinato Vieira Melo¹, Diego Vicente da Costa^{*2}, Antônio Carlos Silveira Gonçalves¹, Matheus Hernandes Leira³, Hortência Aparecida Botelho¹, Kallen Kátia da Cruz Oliveira², Rilke Tadeu Fonseca de Freitas¹

Resumo

Objetivou-se avaliar a histologia dos tecidos muscular e adiposo quanto à hiperplasia e à hipertrofia das células de quatro diferentes linhagens de tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* (Tailandesa, GIFT, Red Stirling e UFLA). Foram utilizados 500 alevinos de cada linhagem, amostrados mensalmente de maneira aleatória para compor as seguintes classes de comprimento padrão: 5-10 cm; 10-15 cm; 15-20 cm; e 20-25 cm, com 10 peixes por classe. Amostras de tecido muscular foram removidas na porção mediana do corpo e imediatamente posterior à nadadeira anal. As amostras de tecido adiposo foram retiradas das vísceras e do tecido subcutâneo. Nas amostras teciduais, avaliou-se a quantidade de células/área e o diâmetro das fibras musculares, dos adipócitos viscerais e subcutâneos ventrais. A linhagem GIFT apresentou maior número de fibras musculares/mm². Peixes na classe de 5-10 cm apresentaram maior número de fibras musculares/mm² e menor diâmetro médio das fibras, em relação à classe 10-15 cm (P<0,05). O diâmetro médio das fibras musculares aumentou em peixes de 10-15 cm, comparados com peixes de 5-10 cm, na linhagem Tailandesa, e permaneceu inalterado na linhagem GIFT. O perímetro dos adipócitos apresentou efeito significativo (P<0,05) para as linhagens e classes de tamanho dos peixes. A dinâmica do desenvolvimento do tecido muscular e adiposo ocorreu diferentemente nas quatro linhagens de tilápia-do-Nilo estudadas.

Palavras-chave: Adipócitos. Fibras musculares. Histologia. Peixes.

Development of muscle and adipose tissue in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* strains

Abstract

This study aimed to evaluate the muscle and adipose tissues histology regarding to the cells hyperplasia and hypertrophy of four different strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Thai, GIFT, Red Stirling and UFLA). It was used 500 fingerlings of each strain, monthly randomly sampled to compose the following standard length classes: 5-10 cm; 10-15 cm; 15-20 cm; and 20-25 cm, with 10 fish per class. Muscle tissue was sampled from the middle portion of the body and immediately after the anal fin. The adipose tissue samples were removed from the viscera. Tissue samples were used to access

¹Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

²Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG, Brasil.

*Autor para correspondência : diego@zootecnista.com.br

³Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

Recebido para publicação em 01 de agosto de 2016

Aceito para publicação em 20 de agosto de 2016

the amount of cells/area and the diameter of muscle fibers and visceral adipocytes. The GIFT strain had the highest number of muscle fibers / mm². Fish belonging to class 5-10 cm showed greater number of muscle fibers / mm² and lower average diameter of the fibers in relation to the class 10-15 cm ($P < 0.05$). The mean diameter of muscle fibers was higher in 10-15 cm fish compared to 5-10 cm fish, in the Thai strain, and remained unchanged in the GIFT strain. There was a significant effect of strains and fish size for adipocytes perimeter ($P < 0.05$). The development dynamics of muscle and adipose development tissue occurred differently in the four Nile tilapia strains studied.

Keywords: Adipocytes. Fish. Histology. Muscle. Fibers.

Introdução

A caracterização do padrão morfológico e do crescimento da musculatura tem importância em várias espécies de animais de interesse econômico. Nos peixes, o arranjo muscular é formado por diferentes tipos de fibras e o crescimento ocorre pela associação dos processos de hipertrofia (aumento do tamanho celular) e hiperplasia (aumento no número de células).

A contribuição relativa da hiperplasia e hipertrofia para o crescimento muscular nas espécies de peixes são variáveis, dependendo da espécie, fase de crescimento e tipo de músculo (AGUIAR *et al.*, 2005; DAL PAI-SILVA *et al.*, 2003). Em geral, nos peixes com crescimento indefinido ocorrem os dois tipos de crescimento muscular (hiperplasia e hipertrofia), durante todo o período de crescimento. No entanto, a hiperplasia é um processo de crescimento mais evidente durante a fase juvenil e o crescimento hipertrófico mais intenso e mais evidente durante a fase adulta do animal (ALMEIDA *et al.*, 2010).

A variação na taxa crescimento pode induzir o surgimento de tecidos muscular e adiposo diferenciados, podendo afetar as qualidades da carcaça (SÄNGER; STOIBER, 2001).

A avaliação do crescimento de diferentes linhagens de tilápias tem sido realizada principalmente no que diz respeito a medidas de desempenho e rendimentos no processamento (PIRES *et al.*, 2011; MELO *et al.*, 2013; YOSHIDA *et al.*, 2013). No entanto, torna-se necessário um conhecimento mais detalhado da mudança proporcional no tamanho relativo dos tecidos ao longo do crescimento, para que se possa observar as diferenças no padrão de crescimento de cada linhagem, otimizando a produção de diferentes grupos genéticos e tornando o sistema de produção mais eficiente.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar a histologia dos tecidos muscular e adiposo de diferentes linhagens de tilápia do Nilo, caracterizando e determinando o grau de ocorrência de hiperplasia e hipertrofia das células.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – MG, no período de outubro de 2013 a abril de 2014.

Inicialmente, foram utilizados 500 alevinos de cada linhagem (Tailandesa, GIFT, Red Stirling, e UFLA), provenientes de desovas realizadas no próprio no Setor de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras. Os alevinos utilizados foram oriundos de uma população monossexo masculina (tratada com 17 α -metilttestosterona), com peso médio inicial de $10 \pm 0,06$ g e taxa de sobrevivência média de 96%. Os alevinos foram distribuídos em quatro tanques de alvenaria com 40 m² de lamina d'água e densidade de 8 alevinos/m³, sendo um tanque para cada linhagem.

Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (8 h e 17 h), até a saciedade aparente, com ração comercial nos níveis nutricionais de 42%, 32% e 28% de proteína, para as fases de alevinos, crescimento e terminação, respectivamente. O ajuste para fornecimento da ração foi realizado de acordo com as morfometrias realizadas no decorrer do cultivo, atendendo às exigências nutricionais da espécie (HAYASHI *et al.*, 2002).

Os parâmetros de qualidade de água foram mensurados. A temperatura e oxigênio dissolvido foram tomados diariamente por meio de um oxímetro digital (YSI modelo 55 Hexis – Ohio, EUA), e o pH e amônia, semanalmente, através de kit comercial (Polikit – Florianópolis,

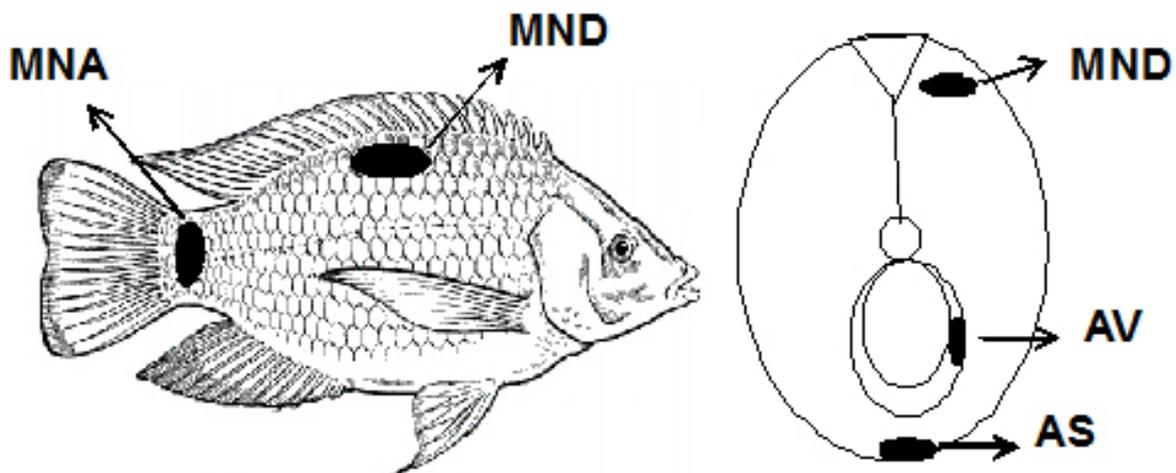
Brasil).

Durante o período de 200 dias de cultivo, foram realizadas, mensalmente, amostragens de 20 peixes de cada linhagem, com auxílio de um puçá, após terem passado por um período de jejum de 48 horas. Os animais amostrados foram eutanasiados com benzocaina, na concentração de 350 mg.L⁻¹. Logo após a eutanásia, os peixes foram pesados e medidos em comprimento padrão (CP), medida entre a extremidade anterior da cabeça até a inserção

da nadadeira caudal, para compor as classes de CP de 5-10 cm; 10-15 cm; 15-20 cm; e 20-25 cm, com 10 peixes por classe, o modelo foi corrigido pela covariável idade.

As amostras de tecido muscular foram removidas na porção mediana do corpo, abaixo da nadadeira dorsal (MND) e imediatamente posterior à nadadeira anal (MNA). As amostras de tecido adiposo foram retiradas das vísceras (AV) e do tecido subcutâneo (AS), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Localização das amostragens teciduais. À esquerda, vista longitudinal, localizando a amostra do tecido muscular na porção mediana do corpo, abaixo da nadadeira dorsal (MND) e, na região imediatamente posterior, a nadadeira anal (MNA). À direita, secção transversal do corpo, localizando novamente a amostra do tecido muscular tomada na região mediana do corpo, logo abaixo da nadadeira dorsal (MN) e amostras do tecido adiposo visceral (AV) e subcutâneo (AS)



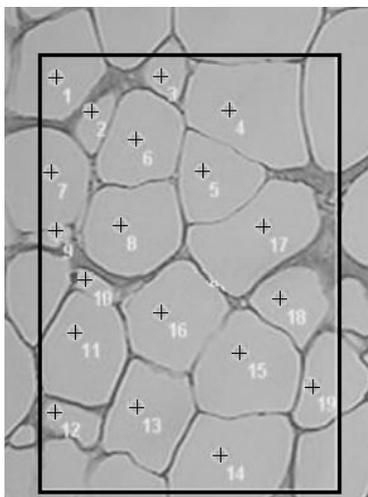
Fonte: Adaptada de SANTOS *et al.*, 2012.

As amostras de tecido muscular foram fixadas em solução de Bouin e Formol 10% por 24 horas em temperatura ambiente. Após esse tempo, eles foram transferidos e armazenados em álcool etílico 70% para posterior processamento. Após a inclusão em parafina, as amostras de pele foram cortadas com aproximadamente 5 µm de espessura, coradas pela técnica de hematoxilinaeosina (HE) (LUNA, 1968) e montadas em lâminas de microscopia.

Fotografias das lâminas histológicas foram capturadas usando ocular de 10x e objetiva com ampliação de 40x de um microscópio de luz IKON®, resultando em um aumento de 400x. Foram, então, avaliadas quanto à número/área das fibras musculares e ao tamanho (mm) das fibras musculares e adipócitos (FIGURA 2 e FIGURA 3).

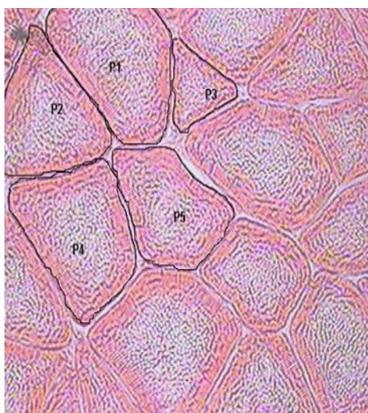
As medidas foram tomadas através de um sistema de análise de imagem com o *software* Image-Pro Plus versão 4.5 (Media Cybernetics, USA) calibrado em milímetros (Santos *et al.*, 2012). Sobre as fotografias, áreas convenientemente representativas das secções das fibras musculares e adipócitos foram localizadas para cada amostra, podendo-se, então, contar o número de células. Assumindo que as fibras e adipócitos possuem formato circular, e conhecendo a magnificação da imagem, os diâmetros de cada fibra muscular e adipócito foram determinados (diâmetro = perímetro/p).

Figura 2 - Corte transversal do tecido muscular utilizando objetiva de 40x, apresentando a avaliação do tamanho das células (mm), P, perímetro. Técnica de coloração com hematoxilina e eosina (HE).



Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Figura 3 - Corte transversal do tecido adiposo utilizando objetiva 40x apresentando a avaliação do número de células por área. Técnica de coloração com hematoxilina e eosina (HE).



Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

O delineamento experimental para avaliação do tecido muscular de cada região foi inteiramente casualizado, com os tratamentos em esquema fatorial 4 x 4 (linhagem x classe de CP), com 10 repetições. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + T_j + LT_{ij} + e_{ijk}$$

em que

μ : média geral;

Y_{ijk} : observação k da linhagem i na idade j;

L_i : efeito da linhagem i, sendo $i = 1, 2, 3, 4$;

T_j : efeito da classe de tamanho, sendo $j = 1, 2, 3, 4$;

LT_{ij} : efeito da interação entre a linhagem i e da classe de tamanho j;

e_{ijk} : erro associado a cada observação que, por suposição, é NID $(0, \sigma^2)$.

Devido à dificuldade de identificação e fixação em lâminas, as amostras de tecido adiposo da região ventral foram descartadas. Também devido à dificuldade de identificação, foram utilizados somente amostras de tecido adiposo visceral dos peixes das maiores classes de CP (15-20 e 20-25 cm de CP). Assim, para avaliação do tecido adiposo utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos em esquema fatorial 4 x 2 (linhagem x classe de CP), com 10 repetições. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + T_j + LT_{ij} + e_{ijkl}$$

em que

μ : média geral;

Y_{ijkl} : observação l da linhagem i na idade j e na posição k;

L_i : efeito da linhagem i, sendo $i = 1, 2, 3, 4$;

T_j : efeito da classe de tamanho do peixe, sendo $j = 1, 2$;

P_k : efeito da posição, sendo $k = 1, 2$;

LT_{ij} : efeito da interação entre a linhagem i e da classe de tamanho do peixe j;

e_{ijkl} : erro associado a cada observação que, por suposição, é NID $(0, \sigma^2)$.

A quantidade por área e os perímetros médios das fibras, e dos adipócitos foram comparados entre as linhagens e classes de CP pelo teste Scott-Knott a 5% de significância utilizando o programa computacional R Development Core

Team (2010).

Resultados e discussão

Os parâmetros de qualidade de água, durante o período experimental foram satisfatórios para o cultivo de tilápias, de acordo com os limites recomendados pela resolução nº. 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005). Durante o período

experimental, a temperatura média manteve-se em torno de 22,5°C, o oxigênio dissolvido 4,27 mg L⁻¹, pH 7 e amônia 0,06 mg L⁻¹.

Na Tabela 1 está apresentado o número de observações totais, idade inicial e final, peso médio inicial e final, com seus respectivos coeficientes de variação, e o número total de amostras realizadas durante o período cultivo de cada linhagem de tilápia.

Tabela 1 - Número de observações totais (N), Idade inicial e final, Peso médio inicial e final, Com seus respectivos coeficientes de variação (CV) e o número total de amostras realizadas durante o período cultivo em cada linhagem de Tilápia.

Linhagem	N ¹	IDADE (dias)		PESO INICIAL		PESO FINAL	
		Inicial	Final	Média (g)	CV (%)	Média (g)	CV (%)
Red Stirling	202	85	328	32.6	27.4	462.2	25.6
UFLA	213	85	328	22.5	20.9	486.8	21.5
GIFT	202	86	337	35.5	25.7	624.7	17.9
Tailandesa	203	86	337	30.1	30.5	440.1	25.3

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Análise histológica

Todas as médias apresentadas nos resultados estão graduadas em milímetros (mm) ou número de fibras por mm², devido à calibragem do *software* utilizada na mensuração, e poderiam ser convertidas para o tamanho real simplesmente dividindo os valores por 400.

A análise de variância dos perímetros das fibras tecido muscular dorsal mostrou efeito significativo para a interação entre linhagens e classe de CP. Para as linhagens estudadas houve o mesmo comportamento entre as classes de CP, caracterizado por um aumento ($P < 0,05$) no perímetro das fibras com o aumento do compri-

mento dos peixes, podendo estar atribuído ao processo de hipertrofia que ocorre desde os estágios iniciais de vida (5-10 cm) (TABELA 2). Estudos de Dal Pai Silva *et al.* (2003) também corroboram com os resultados para o aumento no comprimento e no número de fibras de Tilapiás do Nilo, não relatando a cessação do crescimento em diâmetro e depósito de novas fibras com o passar do tempo. Segundo Mommesen (2001) e Johnston (2001), isso pode ser explicado pela particularidade que os peixes possuem, diferentemente de outras espécies, apresentam crescimento indeterminado, crescimento que se dá pela continua deposição de novas fibras e hipertrofia destas ao longo da vida do animal.

Tabela 2 - Médias de perímetro das fibras do músculo dorsal (mm) de diferentes linhagens de tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão (5-10cm; 10-15cm; 15-20cm; e 20-25cm).

Comprimento padrão (cm)	Perímetro das fibras do músculo dorsal (mm)				Média	CV (%)
	Linhagens					
	Red Stirling*	UFLA*	GIFT*	Tailandesa*		
5 a 10	1.20 aD	1.60 aD	1.35 aD	1.45 aD	1.40	0.12
10 a 15	1.51 cC	2.01 aC	1.70 bC	1.98 aC	1.80	0.13
15 a 20	1.96 cB	2.52 aB	2.02 cB	2.16 bB	2.17	0.12
20 a 25	2.35 cA	3.07 aA	2.58 bA	2.61 bA	2.65	0.11
Média	1.76	2.30	1.91	2.05	2.00	0.11

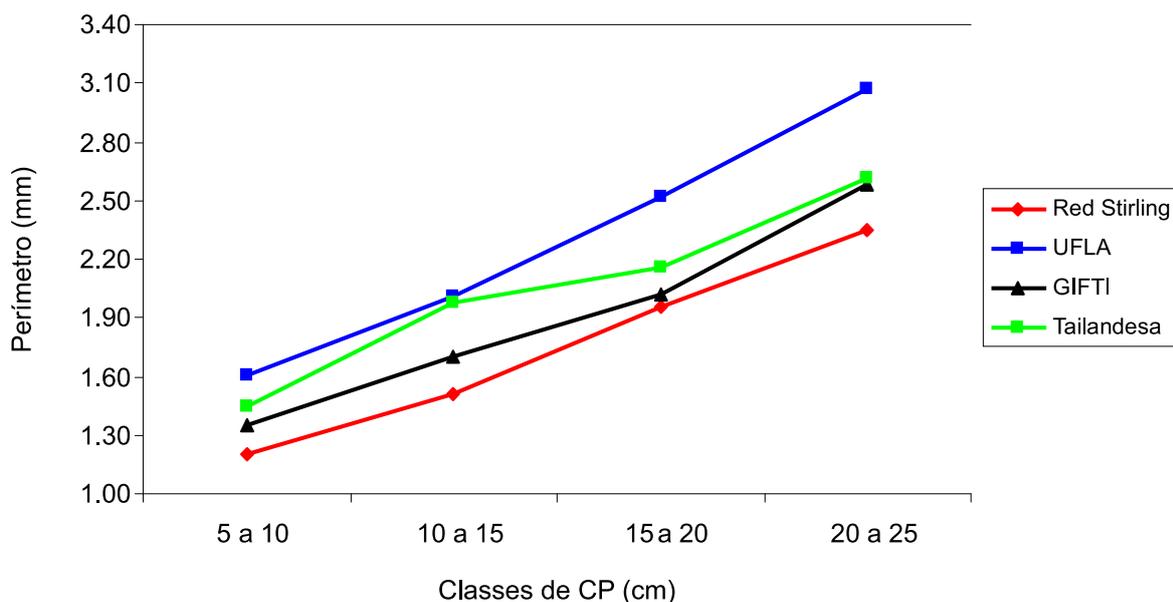
*Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha, não são iguais, pelo teste Scott-Knott, a 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Os perímetros das fibras do músculo dorsal das linhagens não foram diferentes ($P>0,05$) na menor classe de CP (5-10 cm). Para as demais classes, a linhagem de tilápia Red Stirling apresentou os menores ($P<0,05$) perímetros as condições de cultivo aqui apresentadas, sendo semelhante ($P>0,05$) somente à linhagem GIFT na classe de 15 -20 cm. Já as

médias da linhagem UFLA foram sempre superiores ($P<0,05$) às outras, se igualando somente à média da linhagem Tailandesa na classe de 10-15 cm de comprimento padrão, mostrando um desenvolvimento hipertrófico do tecido muscular dorsal maior da linhagem UFLA e menor da linhagem Red Stirling (GRÁFICO 1).

Gráfico 1 - Ilustração do crescimento do perímetro (mm) das fibras do músculo dorsal de diferentes linhagens de Tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão (CP) em centímetros.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Também foi significativo ($P<0,05$) o efeito da interação entre linhagem e classe de comprimento padrão para o número de fibras por mm^2 no tecido muscular dorsal dos peixes.

Um comportamento inverso ao do perímetro foi observado para o número de fibras musculares dorsais por mm^2 entre as classes de CP, que reduziu ($P<0,05$) com o aumento do comprimento dos peixes (TABELA 3). Este tipo de comportamento já era esperado, já que os dois parâmetros estão inversamente ligados, ou seja, quanto maior o tamanho da fibra, menor o número de fibra por área, o que mostra no-

vamente uma atuação possivelmente maior do processo de hipertrofia neste grupo muscular que de hiperplasia.

Em todas as classes de CP a linhagem GIFT apresentou as maiores ($P<0,05$) médias de fibras/ mm^2 no músculo dorsal, sendo semelhante ($P>0,05$) some à linhagem Red Stirling nas classes de 10-15 cm e 20-25 cm (GRÁFICO 2). Contrariamente, a linhagem UFLA obteve as menores médias de fibras/ mm^2 , assemelhando-se somente à linhagem Tailandesa nas classes de 10-15 cm e 20-25 cm também.

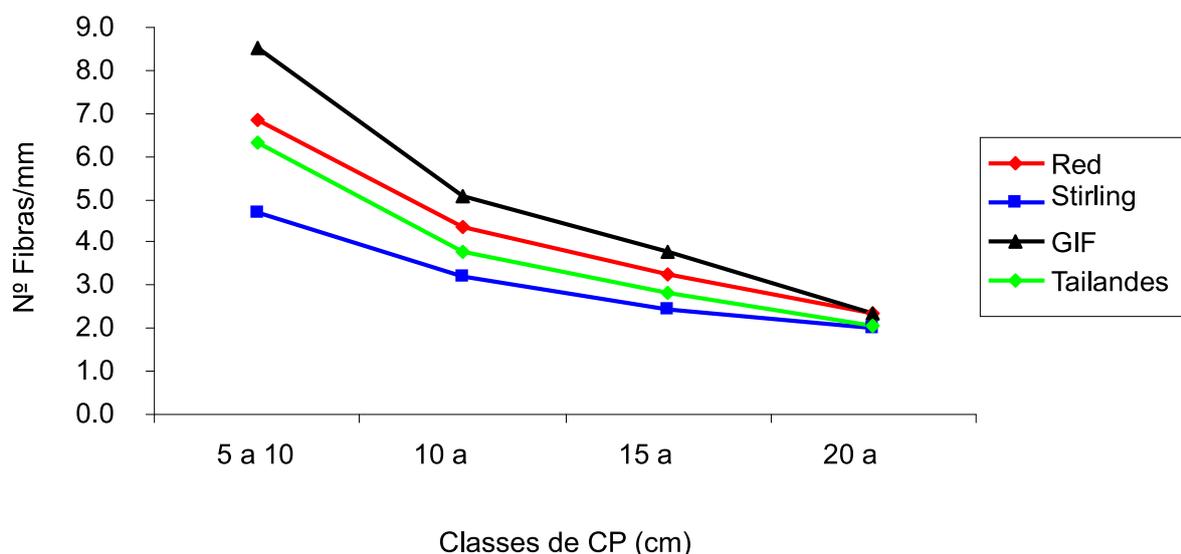
Tabela 3 - Médias do número de fibras do músculo dorsal por mm² de diferentes linhagens de tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão (5-10cm; 10-15cm; 15-20cm; e 20-25cm).

Comprimento padrão (cm)	Número de fibras do músculo dorsal (mm)				Média	CV(%)
	Linhagens					
	Red Stirling*	UFLA*	GIFT*	Tailandesa*		
5 a 10	6.83 bA	4.69 cA	8.51 aA	6.30 bA	6.58	0.24
10 a 15	4.38 aB	3.20 bB	5.07 aB	3.80 bB	4.11	0.19
15 a 20	3.27 bC	2.42 dC	3.80 aC	2.81 cC	3.08	0.19
20 a 25	2.34 aD	1.99 bD	2.35 aD	2.06 bD	2.19	0.09
Média	4.21	3.08	4.93	3.74	3.99	0.20

*Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha, não são iguais, pelo teste Scott Knot, a 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Gráfico 2 - Número de fibras do músculo dorsal por mm² de diferentes linhagens de Tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão (CP) em centímetros.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

As observações de maior número de fibras/mm² na linhagem GIFT sugerem que o programa de melhoramento genético nessa linhagem, voltado para aumento nas taxas de crescimento, proporcionou maior taxa de hiperplasia dessas fibras musculares. Isso é aceitável, uma vez que as fibras brancas, mais presentes neste grupo muscular, ocupam a maior parte do corpo de peixes teleósteos (SANTOS *et al.*, 2007).

A análise de variância dos perímetros das fibras do tecido muscular caudal não mostrou efeito significativo ($P > 0,05$) para a interação entre linhagens e classe de CP (TABELA 4).

Houve um aumento ($P < 0,05$) do perí-

metro médio das fibras do tecido muscular caudal da classe de CP de 5-10 cm para a classe 10-15 cm e da classe de 15-20 cm para a classe de 20-25 cm, e não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os perímetros das classes de 10-15 cm e 15-20 cm. Este resultado pode ser interpretado como um desenvolvimento hipertrófico nas fases inicial e final de vida, enquanto na fase intermediária houve uma paralisação da hipertrofia do tecido muscular caudal dos peixes. Considerando que na região caudal dos peixes estão concentradas mais fibras musculares vermelhas, é normal que não exista um comportamento padrão de crescimento destas fibras com o aumento do tamanho dos peixes, confirmando o que já foi citado anteriormente.

Independentemente da classe de comprimento padrão, a linhagem Tailandesa apresentou a maior ($P < 0,05$) média de perímetro de fibra muscular caudal (1,9 mm) em relação as

outras linhagens estudadas (GRÁFICO 3), mostrando um maior desenvolvimento hipertrófico do tecido muscular da região caudal deste grupo genético.

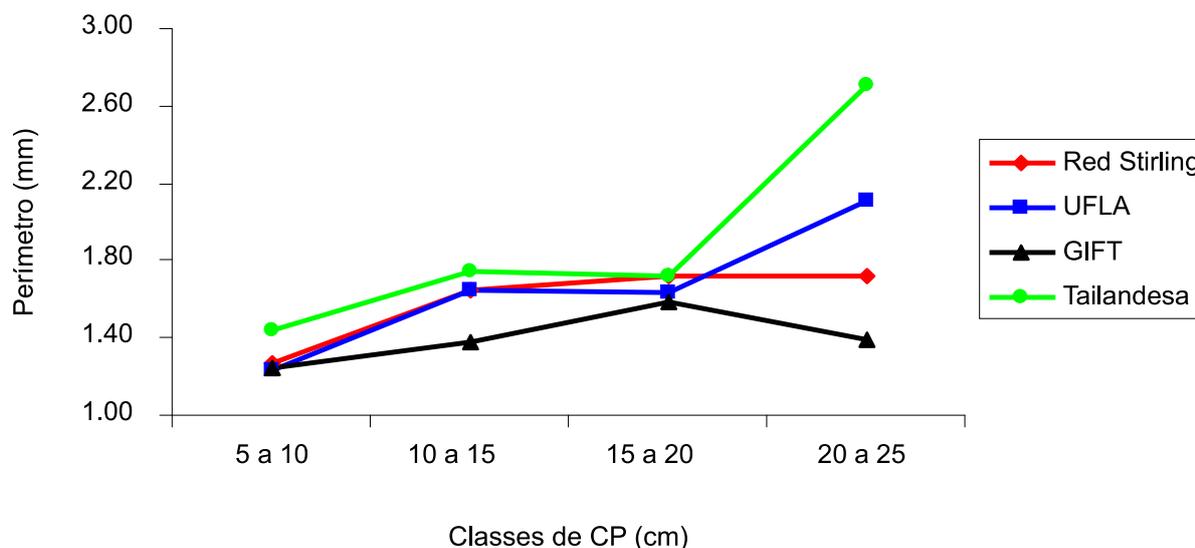
Tabela 4 - Médias de perímetro das fibras do músculo caudal (mm) de diferentes linhagens de tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão (5-10cm; 10-15cm; 15-20cm; e 20-25cm).

Comprimento padrão (cm)	Perímetro das fibras do músculo caudal (mm)				Média*	CV(%)
	Linhagens					
	Red Stirling*	UFLA*	GIFT*	Tailandesa*		
5 a 10	1.27	1.23	1.25	1.44	1.30 C	0.07
10 a 15	1.65	1.65	1.38	1.74	1.61 B	0.10
15 a 20	1.72	1.63	1.59	1.72	1.67 B	0.04
20 a 25	1.72	2.11	1.39	2.71	1.98 A	0.29
Média	1.59 b	1.66 b	1.40 b	1.90 a	1.64	0.13

*Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha, não são iguais, pelo teste Scott Knot, a 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Gráfico 3 - Ilustração do crescimento do perímetro das fibras do músculo caudal de diferentes linhagens de Tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão (CP) em centímetros.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A análise de variância do número de fibras/mm² no músculo da região caudal mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) para linhagem e tamanho dos peixes. Os valores médios de cada linhagem e de cada classe de comprimento padrão estão apresentados na Tabela 5. Pode-se observar que a linhagem GIFT apresentou maior

($P < 0,05$) número de fibras/mm² na região caudal quando comparada com as demais linhagens, como já havia sido observado para o músculo dorsal, mais uma vez mostrando maior taxa de hiperplasia devido o programa de melhoramento genético nessa linhagem voltado para aumento nas taxas de crescimento.

Tabela 5 - Médias do número de fibras do músculo caudal por mm² de diferentes linhagens de tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão.

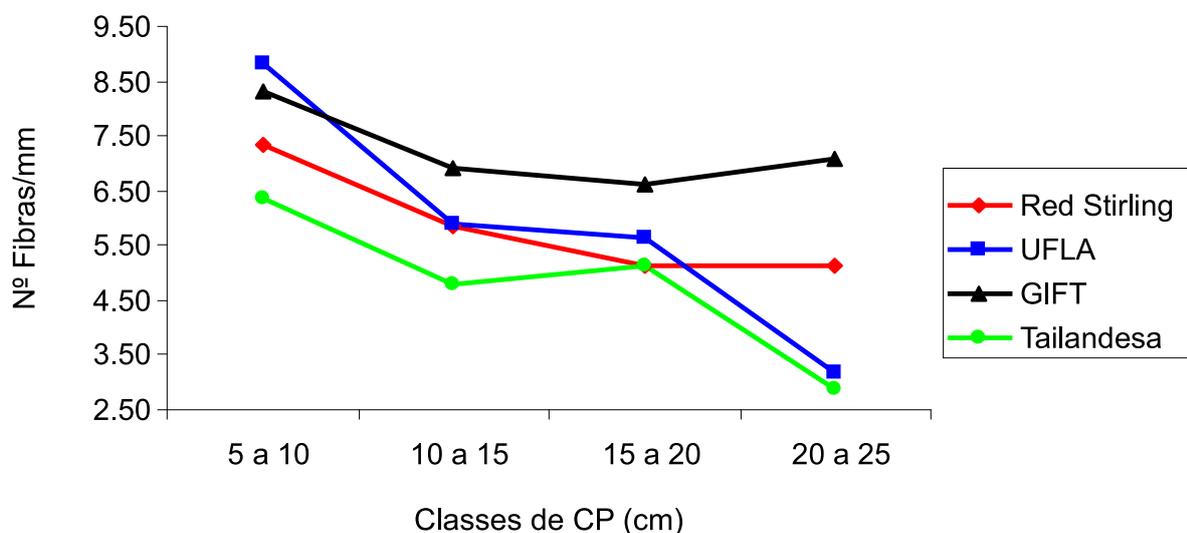
Comprimento padrão (cm)	Linhagens				Média*	CV(%)
	Red Stirling*	UFLA*	GIFT*	Tailandesa*		
5 a 10	7.32	8.83	8.30	6.35	7.70 A	0.14
10 a 15	5.86	5.88	6.92	4.77	5.86 B	0.15
15 a 20	5.12	5.62	6.62	5.11	5.62 B	0.13
20 a 25	5.11	3.19	7.07	2.88	4.56 C	0.43
Média	5.85 b	5.88 b	7.23 a	4.78 b	5.93	0.17

*Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha, não são iguais, pelo teste Scott Knot, a 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

A média de fibras/mm² do músculo caudal foi superior ($P < 0,05$) para os peixes menores e inferior ($P < 0,05$) que para os peixes maiores (GRÁFICO 4), sugerindo um processo hiperplásico deste grupo muscular mais acentuado nas

fases iniciais da vida, o que é confirmado por vários autores (JOHNSTON *et al.*, 1999; WEATHERLEY *et al.*, 1988; WEATHERLEY, GILL, 1984).

Gráfico 4 - Número de fibras do músculo caudal por mm² de diferentes linhagens de Tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão (CP) em centímetros.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A análise de variância para perímetro dos adipócitos mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) para linhagem e classes de CP dos peixes.

O perímetro celular dos adipócitos au-

mentou ($P < 0,05$) quando os peixes passaram da classe de 15-20 cm para a classe de 20-25 cm de CP, caracterizando um desenvolvimento hipertrófico destas células com o aumento do tamanho dos peixes (TABELA 6).

Tabela 6 - Médias de perímetro das células adipócitas (mm) de diferentes linhagens de tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão.

Perímetro das células do tecido adiposo visceral (mm)						
Comprimento padrão (cm)	Linhagens				Média	CV (%)
	Red Stirling	UFLA	GIFT	Tailandesa		
15 a 20	2.86	3.27	2.33	2.99	2.86 B	0.14
20 a 25	3.76	4.24	3.20	3.29	3.62 A	0.13
Média	3.31 b	3.76 a	2.77 b	3.14 b	3.24	0.13

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha, não são iguais, pelo teste Scott Knot, a 5%.

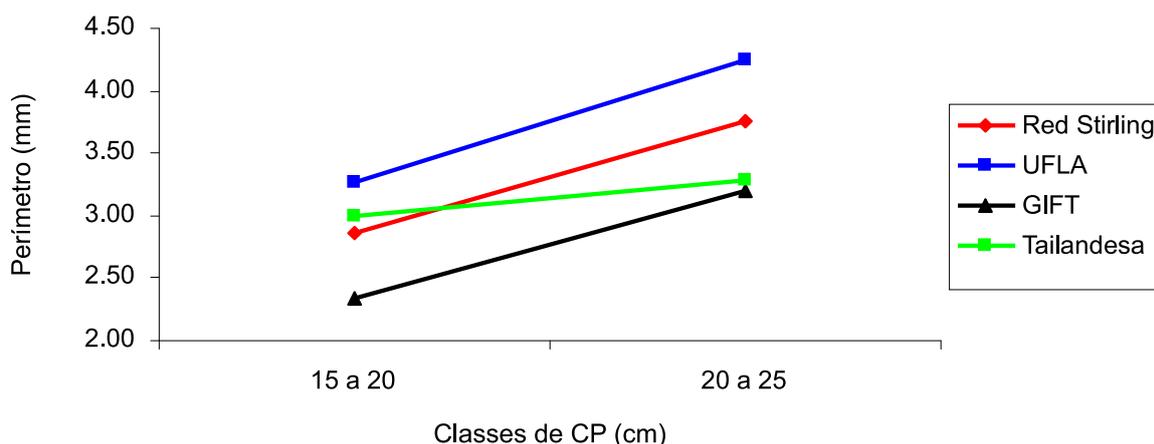
Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

A linhagem UFLA apresentou a maior ($P < 0,05$) média de perímetro de adipócitos em relação a todas as outras linhagens de tilápias estudadas (GRÁFICO 5), já observado também para as fibras do tecido muscular dorsal. Isto pode indicar uma superioridade da linhagem UFLA no desenvolvimento hipertrófico celular, o que não quer dizer uma vantagem em desempenho, já que este processo hipertrófico do tecido adiposo pode estar relacionado com uma estabilização do crescimento precocemente. Drolet *et al.* (2008) relatam que o crescimento hiperplástico dos adipócitos acontece apenas em estágios iniciais do desenvolvimento do tecido adiposo.

Tanto a hiperplasia quanto hipertrofia do tecido adiposo pode ser influenciada por fatores genéticos, no entanto, ainda não é clara a compreensão de como a genética afeta especificamente a hiperplasia e hipertrofia das células adiposas, devido à limitação de dados longitudinais sobre o crescimento do tecido adiposo (JO *et al.*, 2009).

Segundo Lugo *et al.* (2003) o possível foco de estudos poderiam ser a avaliação de outros componentes corporais e características para determinar elementos que poderiam auxiliar na proveitosa exploração de tilápias. Isso deve ser realizado principalmente considerando diferenças entre grupos genéticos.

Gráfico 5 - Ilustração do crescimento do perímetro dos adipócitos de diferentes linhagens de Tilápias (Red Stirling, UFLA, GIFT e Tailandesa), em diferentes classes de comprimento padrão (CP) em centímetros.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Conclusão

A dinâmica do desenvolvimento do tecido muscular e adiposo ocorreu diferentemente nas quatro linhagens de tilápia do Nilo estudadas.

A maior taxa de crescimento, encontrada na linhagem GIFT, reflete a maior contribuição do processo de hiperplasia e hipertrofia de fibras musculares.

Referências

- AGUIAR, D. H.; *et al.* Growth characteristics of skeletal muscle tissue in *Oreochromis niloticus* larvae fed on a lysine supplemented diet. **Journal of Fish Biology**, v. 675, p. 1287-1298, 2005.
- ALMEIDA, F. L. A.; *et al.* Quantitative expression of myogenic regulatory factors MyoD and myogenin in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) skeletal muscle during growth. **Micron**, v. 41, n. 8, p. 997-1004, 2010.
- BRASIL. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Seção 1.
- DAL PAI-SILVA, M.; *et al.* Muscle growth in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): histochemical, ultrastructural and morphometric study. **Tissue and Cell**, v. 35, n. 3, p. 179-187, 2003.
- DAL PAI-SILVA, M.; *et al.* Muscle growth in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): histochemical, ultrastructural and morphometric study. **Tissue and Cell**, v. 35, n. 3, p. 179-187, 2003.
- DROLET R.; *et al.* Hypertrophy and hyperplasia of abdominal adipose tissues in women. **International Journal of Obesity**, v. 32, p. 283-291, 2008.
- HAYASHI, C. **Breves considerações sobre as tilápias** In: RIBEIRO, R. P.; HAYASHI, C.; FURUYA, W.M. (Eds.) Curso de piscicultura: criação racional de tilápias. Maringá: EDUEM, 1995. p. 4.
- JO, J.; *et al.* Hypertrophy and/or Hyperplasia: Dynamics of Adipose Tissue Growth. **Plos Computational Biology** v. 5, n. 11., 2009.
- JOHNSTON, I. A. Genetic and environmental determinants of muscle growth patterns. **Fish Physiology**, v. 18, p. 141-186, 2001.
- JOHNSTON, I. A. Muscle development and growth: potential implication for flesh quality in fish. **Aquaculture**, v. 177, p. 99-115, 1999.
- LUGO, M. G.; *et al.* Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia X Stirling red *O. niloticus*) males. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 1023-1028, 2003.
- LUNA, L. G. **Manual of histologic staining methods of Armed Forces Institute of Pathology**. 3. ed. New York: Graw-Hill, 1968.
- MELO, C. C. V. *et al.* Direct and indirect effects of measures and reasons morphometric on the body yield of Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*), **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 4, p. 357-363, Oct./Dec., 2013.
- MOMMSEN, T. P. Paradigms of growth in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v. 129, p. 207-219, 2001.
- PIRES, A. V.; *et al.* Prediction of yield and weight of Nile tilapia fillet. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, July/Sept. 2011.
- TEAM, R. Core *et al.* **R: A language and environment for statistical computing**. 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 07 jul. 2015.
- SÄNGER, A. M.; STOIBER, W. **Muscle fiber diversity and plasticity**. In: JOHNSTON, I. A. Muscle development and growth. London: Academic, 2001. v. 18.
- SANTOS, V. B.; YOSHIRARA, E.; MARECO, E. A.; FREITAS, R.T.F. Muscle Growth of Two Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Strains. **Journal of Agricultural Science and Technology**. v. 2, p. 1195-1202. 2012.
- SANTOS, V. B.; FREITAS, R. T. F.; SILVA, F. F. *et al.* Avaliação de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, 2007.
- WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. Growth dynamics of white myotomal muscle fibres in the bluntnose minnow, *Pimephales notatus* Rafinesque, and comparison with rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. **Journal of Fish Biology**, v. 25, p. 13-24, 1984.
- WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S.; LOBO, A. F. Recruitment and maximal diameter of axial muscle fibres in teleosts and their relationship to somatic growth and ultimate size. **Journal of Fish Biology**, v. 33, p. 851-859, 1988.
- YOSHIDA, G. M.; *et al.* Associação entre características de desempenho de Tilápia-do-Nilo ao longo do período de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 8, p. 816-824, 2013.