GENÉTICA E CULTIVO DE TILÁPIAS VERMELHAS - UMA REVISÃO

[Genetics and Culture of Red Tilapia - A Review]

Alexandre Wagner Silva HILSDORF^{1,2}

RESUMO

Genética, Desenvolvimento, Histologia e Cultivo de Tilápia Vermelha são revisados. A variedade vermelha foi inicialmente observada em Taiwan de onde advém grande parte dos tipos de tilápias vermelhas conhecidas. Estas tilápias parecem ser uma combinação de pelo menos quatro diferentes espécies, sendo que o gene para a característica vermelha provavelmente tenha vindo de um mutante vermelho de *Oreochromis mossambicus*. Este fenótipo mostrou ser de grande interesse comercial podendo valorizar e expandir mais o cultivo de tilápia em algumas regiões do mundo. Muitos estudos genéticos tem sido publicados para tentar elucidar os mecanismos hereditários que controlam este fenótipo, bem como, o desempenho dos diversos tipos de tilápia vermelha existentes no mundo hoje. A importância no aprofundamento destes estudos está em se descobrir e aprimorar novas linhagens de tilápia que possam aumentar mais o seu consumo.

PALAVRAS-CHAVE: tilápia vermelha, genética, pigmentação, herança de coloração

ABSTRACT

Genetics, Development, Histology and Culture studies on Red Tilapia are reviewed. The Red Tilapia strain was found in Taiwan where most of the red strains is originated. This strain seems to be the combination of at least four different species and the red gene probably having come from a red mutant of *Oreochromis mossambicus*. The red characteristics has aroused a great commercial interest which can increase the consumption and cultivation of Tilapias in many countries over the world. Various genetics investigations have been publishing in order to elucidate the genetics mechanisms which control this characteristics, as well as, the performance of various Red Tilapia strains. The great importance in going deeper into these studies is to find out and ameliorate new Tilapia strains, so as to increase its consumption.

KEY WORDS: Red Tilapia, genetic, pigmentation, color inheritance

1. INTRODUÇÃO

As Tilápias constituem atualmente um dos mais importantes grupos de peixes tropicais cultivados no mundo atingindo uma produção de 561723 toneladas. (FAO, 1980, 1987).

O grupo denominado de "tilápia" pertence à família Cichlidae e, compreende aproximadamente 1200 espécies que ocupam uma enorme diversidade de nichos. (FRYER & ILES, 1972 e KORNFIELD, 1984).

Segundo PULLIN (1988), o gênero tilápia, como era originalmente classificado, perfaz cerca de 70 espécies, sendo a maioria delas nativa dos rios africanos. A distribuição destas espécies foi revisada por PHILIPART &

RUWET (1982) e BALARIN & HATTON (1979).

Atualmente, os taxonomistas dividem o gupo tilápia em quatro gêneros baseados principalmente nos hábitos reprodutivos e alimentares. De acordo com TREAWAVAS (1982), estes quatro gêneros são: *Tilapia*, que não incubam os ovos na boca e sim no substrato dos locais em que vivem; *Sarotherodon*, que incubam os ovos na boca, sendo que algumas vezes somente o macho realiza esta tarefa e outras vezes tanto o macho como a fêmea; *Oreochromis*, em que somente a fêmea é que incuba os ovos na boca e, *Danakilia*, que também incubam os ovos na boca. Os gêneros que se utilizam da boca para incubar

(1) Professor da Universidade de Taubaté - Departamento de Ciências Agrárias - Taubaté - SP
(2) Endereço/Address: Rua do Cristal, 62/64 - CEP 04113-010 - Vila Mariana - São Paulo-SP

os ovos parecem ser mais adaptados do que os gêneros que não possuem este comportamento, pois possibilitam uma maior sobrevivência da prole (Yonge, apud FRYES & ILES, 1972).

SCHOENEN (1982) considera 8 espécies de "tilápias" como as de maior importância para aqüicultura; a saber: *Oreochromis* (Nyasalapia) *macrochir* (Boulenger, 1912), *Oreochromis* (*Oreochromis*) *aureus* (Steindachner, 1864), *Oreochromis* (*Oreochromis*) *hornorum* (Trewavas, 1866), *Oreochromis* (*Oreochromis*) *mossambicus* (Peters, 1852), *Oreochromis* (*Oreochromis*) *niloticus* (Linnaeus, 1757), *Sarotherodon galilaeus* (Hasselquist, 1757), *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1896) e *Tilapia zillii* (Gervais, 1848).

A espécie *Oreochromis spilurus* tem sido considerada muito promissora para aqüicultura (BALLARIN, 1979 e PULLIN, 1982).

As tilápias parecem ter evoluído de um ancestral marinho, pois, diversas espécies presentes atualmente são eurialinas, como por exemplo a *Oreochromis mossambicus* e a

Tilapia zillii, que são capazes de viver e reproduzir em ambiente marinho (BALLARIN & HATTON, 1979; WOHLFARTH & HULATA, 1981 e PAYNE & COLLINSON, 1983).

Várias são as vantagens que tornam as tilápias um grupo de peixes mundialmente cultivado. Estes peixes alimentam-se da base da cadeia trófica, aceitam uma variedade grande de alimentos e apresentam uma resposta positiva a fertilização dos viveiros. São bastante resistentes a doenças, ao superpovoamento e a baixos níveis de oxigênio dissolvido. Além disso, possuem boas características organolépticas, tais como, carne saborosa, baixo teor de gordura, ausência de espinhos intramusculares em forma de "Y" (mioceptos) e excelente rendimento de filé de aproximadamente 35 a 40% em exemplares com peso médio de 0,45 kg.

Na década de 30 as primeiras espécies de tilápias começaram a ser introduzidas fora do continente africano e seu cultivo se expandiu rapidamente no sudoeste asiático e sul do Pacífico, como também, Europa e sul dos EUA.

2. TILÁPIA VERMELHA - ORIGEM E CARACTERÍSTICAS

Apesar das muitas vantagens das tilápias para o cultivo, sua coloração escura a torna um peixe de segunda em termos de valor no mercado, decrescendo sua aceitação em algumas regiões onde esta são cultivadas (BARDACH et alii, 1972). Em muitos países o baixo preço atingido pela tilápia tem sido um obstáculo para um maior desenvolvimento de seu cultivo numa escala mais industrial.

Em 1968, piscicultores descobriram alguns exemplares de tilápias vermelhas em Tainan (Taiwan). Estes exemplares foram levados para o "Taiwan Fisheries Research Institute", onde foram iniciados os estudos sobre este tipo mutante.

As tilápias vermelhas encontradas assemelhavam-se a espécie *Oreochromis mossambicus* exceto por sua coloração averme-

lhada e seu peritônio que não apresentava sinais de pigmentação (KUO & TSAY, 1984 e KUO, 1988).

Inicialmente foi proposto que a tilápia vermelha encontrada em Taiwan seria um híbrido produzido pelo cruzamento de um vermelho mutante de *Oreochromis mossambicus* com um tipo selvagem (coloração escura) de *Oreochromis niloticus* (LIAO & CHEN, 1983). Esta hipótese foi confirmada através de cruzamentos que resultaram em uma progênie F₁ híbrida, com 25% apresentando coloração vermelha. Por meio de um programa seletivo de cruzamentos aumentou-se esta proporção para 80% e também melhores taxas de crescimento foram alcançadas (FITZGERALD, 1979 e DUO, 1988).

Com a disseminação desta nova variedade

de, a coloração vermelha mostrou ter um grande potencial para o aumento da aceitação da tilápia pelo consumidor.

Em Taiwan, o cultivo de tilápia tem sido uma das mais importantes atividades dentro da aqüicultura nos últimos anos, sendo que a tilápia vermelha já vem sendo utilizada em cultivos numa escala comercial (KUO, 1979).

Nos EUA, o consumo da tilápia vermelha tem sido aumentado pelo uso de outros nomes para designá-la diminuindo assim as conotações negativas do nome tilápia como alimento. Em anúncios promocionais de venda, a tilápia vermelha tem sido chamada por designações de maior apelo comercial tais como: "golden perch" (SIPE, 1977, 1979), "cherry-snapper" (FITZGERALD, 1979) ou "hawaiian hybrid red tilapia" (OKAMURA FISH FARMS, INC., 1990).

Levantamentos feitos em supermercados

por GALBREATH e BANNES (1981) em Montgomery, Alabama, EUA mostraram que com o mesmo preço de venda a tilápia vermelha respondeu por 60% do total de vendas quando comparado com o tipo selvagem.

No tradicional mercado japonês a variedade vermelha de Tilápia tem tido uma aceitação muito boa principalmente por sua coloração que se assemelha com o popular "Sea Bream" (*Chrysophrys major*) e seu peritônio não pigmentado faz da tilápia vermelha muito mais apreciável para a preparação do sashimi, tradicional prato da cozinha japonesa (FITZGERALD, 1979).

A produção de tilápia vermelha tem sido também tentada nas Filipinas (RADAN, 1979), Grécia (ANON, 1984), Israel (BANASHI, 1984; BERGER & ROTHBARD, 1987) e Índia (RANGASWAMI, 1988a,b).

3. TILÁPIA VERMELHA - DESENVOLVIMENTO

Vários experimentos tem sido realizados com tilápias vermelhas de diversas procedências a fim de se avaliar seu potencial para o cultivo, em especial para verificar a viabilidade do seu cultivo em água salgada. LIAO & CHANG (1983) mostraram que as variedades usadas apresentaram um melhor desempenho em crescimento em águas salobra e salgada do que aquelas cultivadas em água doce.

Estes resultados foram confirmados por trabalhos realizados por WATANABE et alii (1988a,b) que estudaram o efeito da salinidade no comportamento, crescimento, consumo e conversão alimentar em tilápia monosexadas da Flórida. Nestes experimentos o crescimento teve um incremento com o aumento da salinidade, devido ao aumento do consumo de alimentos e redução da conversão alimentar.

Os níveis de tolerância à salinidade pela transferência direta de tilápias vermelhas da água doce para água salgada foram estuda-

dos por PERSCHBACHER & McGEACHIN (1988). Estes autores verificaram que alevinos e juvenis toleram sem aclimação salinidades de 19‰ e adultos 27‰ sem ocasionar estresse ou mortalidade. Concentrações acima de 29 ppt para alevinos e juvenis e 37‰ para adultos podem ocasionar taxas significativas de mortalidade.

GROVER et alii (1988) analisaram os hábitos alimentares de alevinos de tilápias vermelhas da Flórida em tanques de água salgada, adubados com esterco de aves, sendo a produtividade dos tanques e o consumo dos peixes monitorados para a obtenção do crescimento específico que variou entre 8,8 e 10%.

A seleção para peso específico e herdabilidade em tilápias vermelhas advindas da Tailândia foram estudadas por JARIPOMAS (1986), mostrando uma herdabilidade de 0,17 para comprimento e 0,19 para peso.

Estudos de melhoramento genético tem sido realizados com hibridações interes-

pecíficas e intraespecíficas a fim de se obterem melhores linhagens de tilápias vermelhas (KUO & TSAY, 1984b, 1985a, 1986a e BEHRENDTS et alii, 1987). Também uma população de tilápia vermelha com tolerância ao frio similar a *Oreochromis aureus* foi estudada por BEHRENDTS & SMITHERMAN, 1984.

HEPHER et alii (1983) estudaram o uso de alimentos com diferentes níveis protéicos sob diferentes temperaturas e a eficiência de tais dietas sobre o metabolismo de manutenção. Diferenças significativas em relação a eficiência de utilização das dietas testadas não foram observadas. Sendo que os níveis de energia metabolizável para peixes de 1 g foram de aproximadamente 73 cal/dia a 24,3°C e 51 cal/dia a 20,9°C. Contudo uma considerável diferença foi constatada no aproveitamento dos alimentos para crescimento em relação a temperatura. Uma dieta mais rica em proteínas foi mais eficiente do que as de médio e pequeno conteúdo protéico em temperaturas mais elevadas. Sendo que em baixas temperaturas a eficiência das dietas ricas em proteínas caem e as de média e pequena aumentam.

Os estudos em relação ao crescimento e desempenho da tilápia vermelha sob condições de cultivo tem evidenciado resultados diversos. De acordo com MATRICIA et alii (1989) o tipo selvagem mostrou um crescimento mais rápido do que os vermelhos. Para GALMAN (1987, 1988) a taxa de crescimento de tilápias vermelhas das Filipinas, usando o índice de crescimento indicado por MOREAU et alii (1986), quando comparado com outros estoques de *Oreochromis* foi similar àquelas de tilápias vermelhas de Taiwan. Estes resultados concordam com os achados por IVOJLOW (1988).

Em relação ao efeito do tipo de alimento e conteúdo protéico na produção de alevinos, CHANG et alii (1988) testaram três fontes de alimentos com diferentes níveis de proteína e verificaram que reprodutores com dietas de alto valor protéico resultaram em altas produções de alevinos (18 alevinos/m²/dia) e melhor crescimento quando comparados com outras dietas. Provavelmente, isto se deva ao fato de fêmeas que ingerem alimentos com maior teor de proteínas desovam com maior frequência, aumentando o número de ovos por fêmea a medida que o peso corporal aumenta.

Análises de características morfológicas, métricas e eletroforéticas de tilápias vermelhas provenientes das Filipinas e Taiwan comparadas com outras espécies de *Oreochromis* foram feitas por GALMAN & AVTALION (1983) corroboram a natureza híbrida das variedades vermelhas. A análise eletroforética de transferrinas e esterases revelou padrões que sugerem que as tilápias vermelhas das Filipinas e Taiwan são resultantes de diferentes hibridações de duas ou mais espécies de tilápias.

O desenvolvimento do cultivo de tilápias numa escala mais industrial em sistema superintensivo com altas densidades de estocagem tem levantado questões sobre o rendimento e qualidade da água em tais sistemas.

SURESH & LIN, (1992) estudaram o efeito da densidade e qualidade d'água em cultivos de tilápias vermelhas sexualmente revertidas em sistemas recirculados. Obtiveram-se valores para taxa de crescimento e eficiência de utilização dos alimentos inversamente proporcionais ao aumento da taxa de estocagem, não tendo sido constatadas diferenças significativas entre taxas de densidade média (100 peixes/m³) e alta (200 peixes/m³). Os níveis de estocagem não influenciaram na digestibilidade dos alimentos nem na composição da carcaça. Quanto a qualidade de água em sistemas fechados com altas densidades o experimento mostrou que 80% do nitrogênio consumido foi excretado na forma sólida ou solúvel. As taxas de consumo de oxigênio e produção de amônia não foram significativamente diferentes entre os tratamentos e o sistema usado para remoção dos metabólitos foi bastante eficiente.

4. PIGMENTAÇÃO EM TILÁPIA VERMELHA

A coloração em peixes de maneira geral é produzida pela interação entre as propriedades de absorção e reflexão de células pigmentares chamadas de Cromatóforos. Estas células localizadas nos *stratum spongiosum* da derme são classificadas conforme o pigmento que nelas ocorre: melanóforos (marrom ou preto), eritróforos (vermelho), xantóforos (amarelo) e estão distribuídas em todo o corpo dos peixes. Na parte ventral dos animais se concentram os leucóforos e iridóforos que são células sem pigmentos mas com cristais de guanina que dão as colorações branca e prateada desta região. Os leucóforos possuem cristais pequenos e móveis e os iridóforos cristais grandes e incapazes de movimentação no interior da célula. Muitas vezes pode-se encontrar mais de um pigmento em um mesmo cromatóforo (BULLOCK & ROBERTS, 1974).

As tilápias selvagens possuem todos os tipos de cromatóforos, com predominância de melanóforos responsáveis pela coloração escura da espécie. Em tilápias vermelhas ocorre uma grande variação de padrões de pigmentação. Estudos feitos por AVTALION & REICH, (1989) mostram que em dois tipos de tilápias vermelhas designadas como *Oreochromis mossambicus* vermelha e tilápia vermelha das Filipinas foram observadas células com pigmentação amarela, vermelha e marrom chamadas de "melanóforos vermelhos". Os melanóforos com pigmentação preta se mostraram totalmente ausentes na tilápia vermelha *O. mossambicus* e presentes em manchas existentes nas tilápias vermelhas das Filipinas.

Estudos histológicos realizados em *Oreochromis niloticus* vermelha por Mc-

ANDREW et alii (1988) mostraram uma quase completa ausência de grânulos de melanina na pele. Indivíduos apresentando áreas com melanina (manchados) mostraram partes da pele com características tanto do tipo vermelho como do normal, sendo que a falta de pigmentação escura era resultante do desenvolvimento incompleto dos melanóforos.

Trabalho realizado em Stirling com um tipo de tilápia proveniente de Bangcoc - Tailândia mostrou que a coloração chamada de vermelha, na verdade é caracterizada pela ausência de pigmentação preta a qual é dada predominantemente por melanóforos, e que devido a cor branca da carne e a irrigação sanguínea da derme conferia uma coloração avermelhada para rosa. Foi verificada uma baixa quantidade de eritróforos e xantóforos nesta variedade de tilápia vermelha (HILSDORF, 1990).

Em trabalhos como o de HUANG et alii (1988b) foram encontrados três tipos de tilápias: vermelha, rosa e preta. Porém, não há informações que mostrem as diferenças histológicas entre os três tipos citados.

Desta forma, o tipo vermelho em tilápias parece mais ser o resultado de uma falha durante o desenvolvimento dos melanóforos no período de desenvolvimento embrionário do que alguma deficiência na síntese de melanina nos melanossomos. Isto pode ser confirmado pela presença de melanina na retina, rins e baço, bem como, nas chamadas áreas manchadas presentes na pele de alguns tipos os quais mostram melanóforos maiores e mais difusos que os dos tipos selvagens (McANDREW et alii, 1988).

5. PADRÃO DE HERANÇA DA COLORAÇÃO EM TILÁPIAS VERMELHAS

Com o aumento do interesse comercial pelo cultivo de tilápias vermelhas, vários es-

tudos tem sido publicados no intuito de esclarecer os mecanismos básicos do padrão de

herança que regula a coloração das diversas variedades de tilápias vermelhas existentes no mundo.

O esclarecimento destes mecanismos permitiria se produzir através de programas de seleção, linhagens que sejam consideradas reprodutores verdadeiros, isto é, que possam produzir uma descendência constituída por 100% de exemplares com coloração vermelha.

BEHRENDIS et alii (1982) trabalhando com uma variedade chamada de "Red-gold Tilapia", que segundo os autores seria o resultado do cruzamento de um mutante vermelho de *O. mossambicus* com um tipo selvagem da espécie *O. hornorum*, descreveram seis tipos diferentes de fenótipos relacionados à coloração; baseados na segregação encontrada em F_2 sugeriram que 2 a 3 pares de genes dominantes controlariam a cor e a pigmentação nesta variedade. Em outro trabalho, BEHRENDIS & SMITHERMAN (1989) propôs que a coloração em híbridos seria devida a dois genes independentes, cada um controlando um fenótipo e exibindo dominância completa. No sistema descrito o gene M produz a melanina e o gene R produz a pigmentação vermelha.

McGINTY (1983) sugeriu que cruzamentos entre *O. niloticus* e *O. mossambicus* produzem uma população híbrida de coloração vermelha sendo esta característica controlada por um único par de alelos que quando em homozigose produziria os fenótipos selvagem e rosa e quando em heterozigose o fenótipo vermelho.

HALSTROM, (1984) propôs que em uma população híbrida entre *O. mossambicus* e *O. hornorum* a coloração vermelha seria controlada por dois genes com epistasia recessiva; o gene R controlaria a pigmentação vermelha e o M controlaria a produção de melanina sendo este o locus epistático.

KUO & TSAY (1984a,b; 1985a,b; 1986a,b; 1987; 1988) publicaram uma série de trabalhos

abordando diversos aspectos do desenvolvimento de tilápias vermelhas, todos em chinês e somente com o resumo em inglês. Nestes trabalhos os autores trabalhando com variedades provenientes de Taiwan chegaram a resultados diferentes. Nos trabalhos publicados em 1984 foi observada a segregação de quatro fenótipos: preto (P_1P_1), vermelho (P_1P_2), branco (P_2P_2) e marrom (P_1P_2). Os resultados correspondem a um padrão de herança com dominância incompleta, considerando que o fenótipo chamado de marrom é um desviante do fenótipo vermelho e o branco apresentou baixa viabilidade. Já na segunda série de trabalhos (KUO & TSAY 1985a,b; 1986a,b; 1987) os resultados obtidos não se enquadraram dentro do modelo de dominância incompleta, visto que, cruzamentos entre vermelho e branco segregaram em vermelho e preto e não em vermelho e branco como era esperado.

No trabalho publicado em 1988, KUO & TSAY realizaram onze cruzamentos e com exceção de dois deles, o modelo aceito foi o de dominância incompleta.

SCOTT et alii (1986) realizando experimentos com um estoque de *O. niloticus* identificaram um novo marcador genético relacionado a coloração de tilápias que foi designado como "blond". Este fenótipo é caracterizado por uma acentuada redução de melanina nos cromatóforos sendo possível identificá-lo durante os estágios embrionários. Com relação ao padrão de herança, segundo o trabalho, este fenótipo parece ser controlado por um locus autossômico recessivo.

GALMAN (1987) realizou cruzamentos envolvendo tilápias vermelhas de Taiwan. A coloração das tilápias foi descrita conforme sua intensidade: vermelho, rosa e branco. Vários cruzamentos entre vermelho e rosa foram feitos não tendo sido usados indivíduos brancos como reprodutores. A proporção segregante de aproximadamente 75% de ver-

melhos não corresponde aos genótipos: Rr para vermelho e rr para rosa. Sendo que em alguns casos eram observados indivíduos brancos entre a geração segregante.

PRUGININ (1987) efetuou cruzamentos utilizando *O. mossambicus* vermelhas e tilápias vermelhas de Taiwan. Na primeira série de cruzamentos a coloração vermelha mostrou um padrão de herança mendeliana simples controlada por um locus recessivo. Já no caso das tilápias vermelhas de Taiwan, o seu intercruzamento resultou na segregação de três fenótipos: tipo selvagem (preto), vermelho e branco, sendo que o fenótipo branco apresentou baixa sobrevivência. O autor comprovou que a menor viabilidade parece estar relacionada a ausência de bexiga natatória e menor crescimento, o que sugere o feito pleiotrópico dos alelos relacionados com a coloração. Desta forma, o modelo proposto através dos cruzamentos realizados é o de dominância incompleta.

MIRES (1988) estudou a pigmentação preta de duas variedades africanas de *O. niloticus* provenientes de Uganda e Gana. A variedade de Uganda que apresentou coloração escura pouco intensa, mostrando peritônio pouco pigmentado e falta das listras escuras transversais no corpo, típicas em tilápias. Esta variedade quando intercruzada produziu vários tipos de fenótipos, tais como: rosa (pink), vermelho (bright red), laranja (orange) e albino. O estoque proveniente de Gana apresentou coloração escura normal. A análise de cruzamentos entre as duas variedades levou o autor a concluir que a pigmentação externa e interna em *O. niloticus* é controlada por um gene com dois alelos que apresentam dominância completa. Já o padrão de listras transversais na nadadeira dorsal e caudal é devida a dois ou mais genes que controlam a produção da cor e sua distribuição.

McANDREW et alii (1988), trabalhando com uma variedade pura de *O. niloticus* originária do Egito, identificaram quatro prin-

cipais variedades de coloração em tilápias: normal (preto), vermelho (sem melanina evidente na derme, ou peritônio e com melanóforos vermelhos nas nadadeiras caudal e anal), manchado "blotch" com uma quantidade variável de manchas de pigmentação escura (até 24,6%) no corpo e "blond" com redução na melanização quando comparado com o normal.

Em relação ao padrão de herança foi demonstrado que o fenótipo vermelho em *O. niloticus* é controlado por um locus autossômico dominante o que também confirma os resultados de SCOTT et alii (1986) mostrando que o fenótipo "blond" é controlado por um alelo autossômico recessivo. Na análise das manchas escuras e melanóforos vermelhos é sugerido que ambos são hipostáticos em relação ao vermelho, podendo somente ser expressados em sua presença.

HUANG et alii (1988a, 1988b) selecionaram tilápias vermelhas híbridas de cruzamentos entre *O. mossambicus* e *O. niloticus*. O modelo de transmissão genética proposto foi de que a coloração vermelha é herdada através de um gene com dois alelos em dominância incompleta: RR - rosa, Rr - vermelho e rr - preto. O efeito pleiotrópico do alelo R que dá uma menor viabilidade para os indivíduos rosa foi também observado.

WOHLFARTH et alii (1990) investigaram a herança de tilápias vermelhas de Taiwan e observaram que a coloração vermelha nesta variedade era controlada por um genótipo heterozigótico com dominância incompleta, não sendo os reprodutores vermelhos considerados como "verdadeiros", pois os cruzamentos entre estes resultaram em indivíduos pretos. Em *O. mossambicus* o modelo confirmou o esperado, isto é, de uma herança mendeliana recessiva.

HILSDORF (1990) estudando uma variedade vermelha proveniente de Bangcoc (Tailândia) efetuou cruzamentos entre vermelhos e entre vermelhos e tipos selvagens e com

o auxílio de técnicas de manipulação cromossômica (triploidização e ginogênese) observou que para esta variedade o modelo de herança mais compatível com os resultados obtidos seria o de uma herança mendeliana com um locus e dois alelos, sendo a variedade vermelha controlada por um alelo dominante. Neste experimento não foram observados indivíduos rosa ou mesmo brancos. Desta forma, esta variedade pode ser considerada como um reprodutor verdadeiro já que cruzamentos entre vermelhos originam progênie 100% vermelha.

Em trabalho publicado em 1990, REICH et alii estudaram os mecanismos de herança para coloração em tilápias utilizando exemplares de *Sarotherodon galilaeus* (GAL), tilápia vermelha das Filipinas (PRT) apresentando dois tipos de fenótipos: vermelho (rPRT) e preto (bPRT), híbridos F_1 de GAL x rPRT, uma variedade de origem desconhecida de *O. mossambicus* (MRT), *O. aureus* (AU) e híbridos F_1 de AU x MRT. Cruzamentos efetuados entre rPRT forneceram uma geração segregante de 3 vermelhos para 1 preto. Quando o fenótipo rPRT foi cruzado com bPRT a segregação foi de 1 vermelho para 1 preto. Os cruzamentos da rPRT com *S. galilaeus* e *O. aureus* mostraram uma segregação entre vermelho e preto de 1:1, respectivamente. Sendo que entre animais pretos

(selvagens) resultou em 100% selvagens. Com estes resultados concluiu-se que o fenótipo vermelho para a variedade PRT é controlado por um alelo autossômico dominante em relação a coloração do tipo selvagem.

Nos cruzamentos efetuados com a PRT foi observado um fenótipo diferente que foi chamado de "albino com olhos pretos" numa proporção de 5 a 19,5%. As segregações resultantes do aparecimento deste fenótipo foram explicadas por um tipo de interação não alélica sendo que o fenótipo descrito seria controlado por 2 genes recessivos quando em homozigose, e sua expressão só se dá na presença de gene R que controla a coloração vermelha ($R_{i_1 i_2}$).

A análise da MRT mostrou que o fenótipo vermelho é controlado por um alelo recessivo (b) que está envolvido na inibição da síntese de melanina e o tipo selvagem por um alelo dominante (B) ambos em interação alélica tipo dominância completa.

Desta forma, o trabalho sugere a ocorrência dos seguintes genótipos para as diferentes espécies de tilápias: *O. aureus*: rrBB; *S. galilaeus*: rrBB; rPRT: RrB_; bPRT: rrBB; rMRT: rrrb; bMRT: rrB_, onde Rr e Bb são os genes que controlam as colorações vermelha e selvagem.

6. CONCLUSÃO

O interesse comercial pelo cultivo da Tilápia vermelha tem crescido enormemente em várias partes do mundo. Hoje já se conhece um grande número de variedades de tilápias vermelhas com padrões de herança diferentes quanto a expressão desta característica.

Um maior conhecimento desses padrões, através de cruzamentos dirigidos, uso de manipulação cromossômica e análises eletro-

foréticas, poderão fornecer subsídios para maiores estudos sobre os mecanismos que regem a transmissão desta importante característica. Estas informações constituem o primeiro passo para se estabelecerem linhagens de tilápias vermelhas puras e assim poder contribuir para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético que fixem a coloração vermelha juntamente com outras características de valor zootécnico.

HILSDORF, A.W.S. 1995 Genética e cultivo de tilápias vermelhas - uma revisão. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 22 (1): 73 - 84, jan./jun.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANON. 1984 Greeks buy Red Tilapia. *Fish Farming International*, 11 (9):3.
- AVTALION, R.R. & REICH, L. 1989 Chromatophore inheritance in red tilapia. *Bamidgeh*, 41 (3): 98-104.
- BALLARIN, J.D. & HATTON, J.P. 1979 *Tilapia: a guide to their biology and culture in Africa*. University of Stirling, Scotland, 147p.
- _____ 1979 Africa Tilapia farm shows profit potential. *Fish Farming International*, 6 (2): 16-8.
- BANASH, H. 1984 Growth rate of young tilapia fingerlings fed on commercial trout and eel diets. *Bamidgeh*, 36: 70-9.
- BARDACH, J.E.; RYTHYER, J.H.; McLARNEY, W.D. 1972 *Aquaculture - the farming and husbandry of freshwater and marine organisms*. Wiley - Interscience, New York, p. 350-84.
- BEHREND, L.L.; NELSON; R.G., SMITHERMAN, R.O.; STONE N.M. 1982 Breeding and culture of red-gold colour phase in tilapia. *J. World Mariculture*, 13: 210-20.
- _____ & SMITHERMAN, R.O. 1984 Development of a cold-tolerant population of red tilapia through introgressive hybridization. *J. World Mariculture*, 15: 172-8.
- _____ ; KINGSLEY, J.B.; PRICE III, H.A. 1987 Two-Stage Hybridization and Introgression for Improving Production Traits of Red Tilapia. In: GENETICS IN AQUACULTURE, NOAA Technical Report NMFS 92 - Proceedings of the Sixteenth U.S. - Japan Meeting on Aquaculture, Charleston, USA, p. 77-81.
- _____ & SMITHERMAN, R.O. 1989 Genetics and breeding of red Tilapia. In: SMITHERMAN, R.O. & TAVE, D. (Eds) *Proceedings Auburn Symposium on Fisheries and Aquaculture*, Agricultural Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA.
- BERGER, A. & ROTHBAR, S. 1987 Androgen induced sex-reversal of red tilapia fry stocked in cages within ponds. *Bamidgeh*, 39: 49-57.
- BULLOCK, A.M. & ROBERTS, R.J. 1974 The dermatology of marine teleost fish I, The normal integument. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 13: 383-411.
- CHANG, S.; HUANG, C. LIAO, I. 1988 The effect of various feeds on seed production by Taiwanese Red Tilapia. In: R.S.V. PULLIN, T. BHUUKASWAN, K. TONGUTHAI & J.L. MACLEAN (Eds). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, p. 319-22.
- FAO 1980 Report of the ad hoc consultation on Aquaculture research. *FAO Fish Rep.* 238, FAO, Rome, 26p.
- FAO 1987 *Yearbook of Fishery Statistics. Catches and Landings*. FAO, Rome, 64: 141.
- FITZGERALD, W.J. 1979 The red orange tilapia. *Fish Farming International*, 6 (1): 26-7.
- FRYER, G. & ILES, T.D. 1972 *The cichlid fishes of the Great Lakes of Africa: their biology and evolution*. Oliver and Boyd, Edingurgh. 642 p.
- GALBREATH, P.F. & BANNES, T.A. 1981 Consumer preference for colour and size of Tilapia sold in supermarkets. *Proceedings of the Third Annual Catfish Farmers of America, Research Workshop*, p. 47-8.
- GALMAN, O.R. & AVTALION, R.R. 1983 A preliminary investigation of the characteristics of red tilapia from Philippines and Taiwan. *Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 8-13 May 1983, Nazareth, Israel, p. 291-301.
- _____ 1987 *Le Tilapia rouge des Philippines (Oreochromis, Pisces: Cichlidae) Caracteres morphologiques genetiques et biologiques, consequences pour l'aquaculture*, 142 p. (Thèse de Doctorat. Inst. National Polytechnique de Toulouse).

HILSDORF, A.W.S. 1995 Genética e cultivo de tilápias vermelhas - uma revisão. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 22 (1): 73 - 84, jan./jun.

- _____; MOREAU, J.; AVTALJON, R.R. 1988 Breeding, characteristics, growth performance and implications for aquaculture of Philippines red tilapia. In: PULLIN, R.S.V., BHUUKASWAN, T., TONGUTHAI, K. & MACCLEAN, J.L. (Eds). *The Second International Symposium on Tilapia*. ICLARM Conference Proceedings 15, p. 169-75.
- GROVER, J.J.; OLLA, B.L.; WICKLUND, R.I. 1988 Food habits Florida Red Tilapia fry in manure seawater pools. In: R.S.V. PULLIN, T. BHUUKASWAN, K. TONGUTHAI & J.L. MACLEAN (Eds). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, p. 595 (resumo).
- HALSTROM, M.L. 1984 *Genetic studies of a commercial strain of red tilapia*. Auburn University, Alabama, USA, 75 p. (M. Sc. Thesis).
- HEPHER, B.; LIAO, I.C.; CHENG, S.H.; HSTEH, C.S. 1983 Food utilization by red tilapia effects of diet composition, feeding level and temperature on utilization efficiencies for maintenance and grown. *Aquaculture, Amsterdam*, 32: 255-75.
- HILSDORF, A.W.S. 1990 *Genetics and development of "Red" colour insome strains of Oreochromis niloticus*. Stirling, Scotland - UK, 93 p. (M.Sc. Thesis. University of Stirling).
- HUANG, C.M.; CHENG, H.J.; CHANG, S.L.; LIAO, I.C. 1988a Inheritance of body color in Taiwanese red Tilapia. In: R.S.V. PULLIN, T. BHUUKASWAN, K. TONGUTHAI & J.L. MACLEAN (Eds). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, p. 593 (resumo).
- _____; _____; _____; _____ 1988b Single gene inheritance of red body coloration in Taiwanese red Tilapia. *Aquaculture, Amsterdam*, 74: 227-32.
- IVOJLOW, A.A. 1988 Hybrid Tilapia as a new object of thermal culture closed recirculating system. *Vestn. Leningr. Univ. (Biol.)*, 1: 10-6.
- JARIPOMAS, P. 1986 Realized response of Thai red Tilapia to weight specific selection for growth. *Proceedings of the first Asian Fisheries Forum*, Philippines, 26-31 May 1986, p. 109-11.
- KORNFELD, I. 1984 *Descriptive genetics of Cichlid fishes*. In: TURNER, B.J. (Ed). *Evolutionary Genetics of Fishes*, Plenum Press, New York and London, p. 591-616.
- KUO, H. 1979 Notes on the development of red Tilapia in Taiwan. *Fish. Mag.*, 2(6): 35-8.
- _____; TSAY, T.T. 1984a The characteristic variation of red tilapia. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 36: 55-67.
- _____; _____ 1984b Study on the genetic improvement of red tilapia crossbreeding an its growth. *Bull. Taiwan Fis. Res. Inst.* 36: 69-92.
- _____; _____ 1985a Study on the genetic improvement of red tilapia and the characteristic variation of red tilapia hybrids. *Bull. Taiwan Fis. Res. Inst.* 38: 199-218.
- _____; _____ 1985b Study on the genetic improvement of red tilapia crossbreeding and its growth. *Bull. Taiwan Fis. Res. Inst.* 9: 1-14.
- _____; _____ 1986a Study on the genetic improvement of red tilapia and the characteristic variation of red tilapia hybrids. *Bull. Taiwan Fis. Res. Inst.* 40: 143-72.
- _____; _____ 1986b Study on the genetic improvement of red tilapia crossbreeding and its growth. *Bull. Taiwan Fis. Res. Inst.* 40: 173-85.
- _____; _____ 1987 Study on the genetic improvement of red tilapia crossbreeding and its growth. *Bull. Taiwan Fis. Res. Inst.* 42: 243-57.
- _____; _____ 1988 Study on the genetic improvement of red tilapia crossbreeding and its growth. *Bull. Taiwan Fis. Res. Inst.* 44: 151-65.
- _____. 1988 Progress in genetic improvement of red tilapia in Taiwan. In: PULLIN, R.S.V.; BHUUKASWAN, T.; TONGUTHAI, K.; MACLEAN, J.L. (Eds). *The second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM - Conference Proceedings 15, p. 63.
- LIAO, I.C. & CHEN, T.P. 1983 Status and prospects of tilapia culture in Taiwan. In: FISHELSON, L. & YARON, Z., *Proceedings of the International*

HILSDORF, A.W.S. 1995 Genética e cultivo de tilápias vermelhas - uma revisão. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 22 (1): 73 - 84, jan./jun.

- _____. *Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 8-13 May 1983, Nazareth, Israel, p. 588-98.
- LIAO, I.C. & CHEN, T.P. 1983 Status and prospects of tilapia culture in Taiwan. In: FISHELSON, L. & YARON, Z., *Proceedings of the international Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 8 -13 May 1983, Nazareth, Israel, p. 588 - 98.
- _____. & CHANG, S.L. 1983 Studies on the feasibility of red Tilapia culture in saline water. *Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 8 - 13 May 1983, Nazareth, Israel, p. 524 - 33.
- MATRICIA, T.; TALBOT, A.J.; DOYLE, R.W. 1989 Instantaneous growth rate of tilapia genotype in undisturbed aquaculture system I "Red" and "Grey" morphs in Indonesia. *Aquaculture*, Amsterdam, 77 : 195 - 306.
- McANDREW, B.J.; ROUBAL, F.R.; ROBERTS, R.J.; BULLOCK, A.M.; McEWEN, I.M. 1988 The genetics and histology of red, blond and associated variants in *Oreochromis niloticus*. *Genetica*, 76: 127 - 37.
- McGINTY, A.S. 1983 Genetics and breeding In: STICKNEY, R.R. (Ed) Southern Region Cooperative Research Project S - 168. *Annual Report* 1982. Puerto Rico, p. 13 Warmwater Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA.
- MIRES, D. 1988 The inheritance of black pigmentation in two african strains of *Oreochromis niloticus*. In: PULLIN, R.S.V.; BHUKASWAN, T.; TONGUTHAI, K.; MACLEAN, J.L. (Eds). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, 16 - 21 March 1987, Bangkok, Thailand, p. 219 - 21.
- MOREU, J.C.; BAMBINO, C.; PAULY, D. 1986 Indices of overall growth performance of 100 tilapia (Cichlidae) populations. In: MACLEAN, J.L.; DIZON, L.B.; HOSILLOS, L.V. (Eds). *The First Asian Fisheries Forum*. Asian Fisheries Society Manila, Philippines, p. 201 - 6.
- OKAMURA FISH FARMS, INC. 1990 Hawaiian Hybrid Red Tilapia - Anúncio Promocional. *Aquaculture Magazine*, Março/Abril, p. 52.
- PAYNE, A.I. & COLLINSON, R.I. 1983 A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L.) with those of *S. aureus* (Steindachner) and other tilapia of the delta and lower Nile. *Aquaculture*, Amsterdam, 30: 335 - 51.
- PERSCHBACHER, P.W. & McGEACHIN, R.B. 1988 Salinity tolerances of Red Hybrid Tilapia Fry, Juveniles and Adults. In: R.S.V. PULLIN, T. BHUKASWAN, K. TONGUTHAI & J.L. MACLEAN (Eds). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, p. 415 - 19.
- PHILIPPART, J. C. & RUWET, J. C. 1982 Ecology and Distribution of Tilapia. In: PULLIN, R.S.V. & LOWE, R.H. (Eds). *Proc. Inc. Conf. on the biology and culture of Tilapia*, 2 - 5 Sept. 1980, Bellagio, Italy, ICLARM, p. 15 - 50.
- PRUGININ, Y. 1987 *The possibility of intensive Tilapia culture using geothermal waters in Arava valley and various fish species*. 52 p. (M. Sc. Thesis, Telavivi University).
- PULLIN, R.S.V. 1982 *Genetic undervalued. conference Report on the International Symposium on Genetics in Aquaculture*. Galway, Ireland, Marine Policy, 5: 345 - 7.
- _____. 1988 Tilapia genetic resources for Aquaculture. *ICLARM Conference Proceedings*, p. 1 - 12.
- RADAN, R.R. 1979 Tilapia from nilotica and mossambica to a mutant called Flamingo. *Greenlands*, Philippines, 9 (10): 24 - 40.
- RANGASWAMI, G. 1988a "Golden Fish" culture in India. *NACA (ICLARM Quartely)*, 11 (1) : 24 - 5.
- _____. 1988b Golden fish under Indian conditions In: R.S.V. PULLIN, T. BUHUUKAWAN, K. TONGUTHAI & MACLEAN, J.L. (Eds) *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, p. 588. (resumo).
- REICH, L.; DONJ.; AVTALION, R.R. 1990 Inheritance of the red color in tilapias. *Genetica*, 80: 195 - 200.
- SCHOENEN, P. 1982 A bibliography of important

HILSDORF, A.W.S. 1995 Genética e cultivo de tilápias vermelhas - uma revisão. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 22 (1): 73 - 84, jan./jun.

Tilapia (Pisces : Cichlidae) for Aquaculture. *ICLARM*, Bibliographies 3, Manila, Philippines, 336 p.

SCOTT, A.G.; MAIR, G.C.; SKIBINSKI, D.O.F.; BEARMORE, J.A. 1986 Blond a useful new genetic markers in the Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *EIFAC/FAO Symp. selection and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish and shellfish for Consumption and Stocking*. Bordeaux, France, 27 - 30 May.

SIPE, M. 1977 Superfish breakthrough. *Farm Pond Harvest*, 11 (2): 12 - 3.

_____ 1979 Golden Perch Commercial. *Fish Farmer News*, 5(5): 56.

SURESH, A.V. & LIN C.K. 1992 Effect of stocking density on water quality and production of red tilapia in a recirculated water system. *Aquaculture Engineering*, 11: 1 - 22.

TREWAVAS, E. 1982 *Tillapines fishes of the genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. Henry Ling Ltd, The Dorset Press, Dorchester.

WATANABE, W.O.; FRENCH, K.E.; ELLINGSON, L.J.; WICKLUND, R.I.; OLLA B.L. 1988 The effects of salinity on growth, food consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida Red Tilapia. In: R.S.V. PULLIN, T. BHUKASWAN, K. TONGUTHAI & J.L. MACLEAN (Eds). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. *ICLARM Conference Proceedings*, 15, p. 515 - 23.

_____ ; _____ ; _____ ; _____ ; _____ 1988 Further investigations on the effects of salinity on growth in Florida Red Tilapia: Evidence for the influence of Behavior. In: R.S.V. PULLIN, T. BHUKASWAN, K. TONGUTHAI & J.L. MACLEAN (Eds). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. *ICLARM Conference Proceedings* 15, p. 525-30.

WOHLFARTH, G.W. & HULATA, G.I. 1981 *Applied genetics of Tilapias*. *ICLARM studies and Reviews* 6 *ICLARM*, Manila, Philippines.

_____ ; ROTHBARD, S.; HULATA, G.; SZWEIGMAN, D. 1990 Inheritance of red body coloration in Taiwanese Tilapias and in *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture*, Amsterdam 84: 219 - 34.