

## ÍNDICE DE RIGOR MORTIS DE TILÁPIAS DO NILO ABATIDAS DE DIFERENTES FORMAS APÓS CULTIVO EM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

Rafahel Marques Macedo Fontenele<sup>1</sup> Emanuel Soares dos Santos<sup>2</sup> Suetônio Mota<sup>3</sup>

### RESUMO

Compara-se o Índice de Rigor Mortis (IRM) da musculatura das tilápias do Nilo cultivadas em esgoto doméstico tratado, submetidas ou não a depuração antes do abate por imersão em solução com eugenol e por hipotermia, objetivando avaliar se há influência dos tratamentos na qualidade do pescado produzido. O experimento tem duração de 170 horas no qual são testados quatro diferentes tratamentos: DE, depuradas por cinco dias em água bruta e abatidas com eugenol; DH, depuração semelhante e abate por hipotermia; EE, sem depuração e abate com eugenol; e EH, sem depuração e abate por hipotermia. Os diferentes tratamentos provocam diferenças no tempo de início do *rigor mortis*. As duas técnicas de sacrifício são eficazes, porém o uso do eugenol apresenta melhor resultado, proporcionando maiores valores do índice no rigor pleno. Ao final do experimento observa-se que, apesar dos quatro tratamentos não apresentarem diferença estatisticamente significativa, o EE apresenta maior valor de IRM, seguido pelo EH, DH e DE. Não se observa diferença na evolução do *rigor mortis* entre as tilápias que são depuradas ou não. Os peixes sacrificados com eugenol alcançam maior valor de IRM no rigor pleno quando comparados aos que são sacrificados por hipotermia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação de frescor. Deterioração do pescado. Formas de abate. Piscicultura. Uso de efluentes.

### INDEX OF RIGOR MORTIS OF TILAPIA FELLED DIFFERENT FORMS AFTER GROWING IN TREATED DOMESTIC SEWAGE

### ABSTRACT

*It is conducted a comparative analysis of Rigor Mortis Index (IRM) on the flesh of the Nile tilapias cultivated in treated domestic sewage and submitted, or not, to depuration before slaughter by eugenol solution immersion and by hypothermia, aiming to evaluate if there is influence of the treatments in the quality of the fish produced. The experiment lasted 170 hours and four different kinds of treatments were tested: "DE", depuration in raw water for five days and slaughter by eugenol solution; "DH", the same depuration process and slaughter by hypothermia; "EE", no depuration and slaughter by eugenol solution; and "EH", no depuration and slaughter by hypothermia. The different kinds of treatments caused differences on rigor mortis start time. Both sacrifice techniques worked, however the use of eugenol presented a better result, providing higher values of the index on full rigor. In the end of the experiment, we observe that, although the four treatments do not present a statistically significant difference, the "EE" has higher IRM value, followed by "EH", "DH" and "DE". We do not observe differences in the rigor mortis evolution between the tilapias which go through the depuration process and the ones which do not. The fish sacrificed with eugenol reach higher IRM value on full rigor compared to the fish sacrificed by hypothermia.*

**KEYWORDS:** Evaluation of freshness. Deterioration of fish. Kinds of slaughter. Pisciculture: Use of effluents.

---

<sup>1</sup>Doutorando em Engenharia Civil na Área de Concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (2011, em curso), mestre (2011) em Engenharia Civil na Área de Concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará e bacharel em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (2008). E-mail: rafahelf@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) campus Acaraú, Doutor em Engenharia Civil na Área de Concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (2012), Mestre (2008) e Bacharel em Engenharia de Pesca (2005) pela mesma universidade. E-mail: emanuelaqua@yahoo.com.br.

<sup>3</sup>Engenheiro Civil, possui mestrado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (1974) e doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (1980). Atualmente é professor titular da Universidade Federal do Ceará. E-mail: suetonio@ufc.br.

## 1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade que demanda grande quantidade de água, sendo necessário buscar o desenvolvimento de soluções alternativas, das quais o uso de efluentes tratados é uma dessas possíveis práticas (SANTOS *et al.*, 2009a).

Em relação à produção de peixe utilizando efluentes, esgoto tratado em nível primário e secundário foi aplicado com sucesso no cultivo da tilápia do Nilo em diversos experimentos (BALASUBRAMANIAN *et al.* 1995; HOSETTI & FROST, 1995; GHOSH *et al.*, 1999; GHOSH, 2004; KHALLIL & HUSSEIN, 1997; PHAN-VAN *et al.* 2008; SANTOS *et al.*, 2009a; SANTOS *et al.*, 2009b). Porém, existe uma grande preocupação com a segurança alimentar, em virtude de peixes e plantas acumularem passivamente contaminantes microbianos em sua superfície (SANTOS *et al.*, 2009a).

Para tentar reduzir a carga microbiana presente tanto na superfície do pescado como em seu trato digestório pode ser realizada a depuração, a qual tem como objetivo retirar o excesso de um determinado composto ou contaminante indesejado do organismo do pescado. Esse processo é bastante utilizado para o combate do *off-flavor*, definido por Kubitza (1999) como sabores ou odores indesejáveis no pescado; assim como para a redução da contaminação por parasitas (OYOO-OKOTH *et al.*, 2012) e por cianotoxinas (MOHAMED; HUSSEIN, 2006).

É importante saber se a carga microbiana na superfície do pescado proveniente do ambiente de cultivo, principalmente quando este é realizado utilizando esgoto doméstico tratado, irá influenciar no frescor do pescado, pois sabe-se que o peixe *in natura* é um alimento altamente perecível.

É muito difícil prever o prazo de conservação de um pescado, pois inúmeros fatores interferem no processo de deterioração, como: a espécie (características anatômicas); o local da pesca (temperatura e poluição da água); o processo de pesca (exaustão das reservas de glicogênio); a manipulação (contaminação cruzada). Esses são alguns dos fatores que têm influência na resistência do produto à decomposição e ocorrem antes de ser iniciado o processo de conservação propriamente dito (RIEDEL, 2005).

Uma das maneiras de se avaliar o nível de frescor do pescado é através da avaliação do *rigor mortis*, que caracteriza-se pela perda da plasticidade e extensibilidade dos músculos como resultado da alteração dos ciclos de contração e relaxamento muscular (CONTRERAS, 1994). Esse fenômeno se inicia algum tempo após a morte, sendo a primeira transformação que ocorre no peixe, seguido pela ação autolítica das enzimas musculares e a ação dos micro-organismos, culminando com a total deterioração da qualidade do pescado. Neste sentido, observa-se que o retardo do início do *rigor mortis* é benéfico para manutenção do frescor do pescado.

O processo completo do *rigor mortis* passa por três fases: o período de pré-rigor, que ocorre antes do estabelecimento do *rigor mortis* propriamente dito, é o período em que está ocorrendo o enrijecimento muscular; o rigor pleno, período em que o *rigor mortis* está realmente estabelecido; e o pós-rigor, que é quando ocorre a resolução do *rigor mortis*, caracterizado pela perda da rigidez muscular.

São vários os fatores que influenciam a duração do *rigor mortis*, assim como o tempo necessário para seu início e fim. Estes fatores vão desde o tamanho do peixe, nível de gordura no corpo ou mesmo a espécie. O método utilizado para sacrificar o peixe pode acelerar ou atrasar o início do rigor (VIÉGAS; SOUZA, 2004).

O estresse *perimortem* pode levar a uma situação de pânico, medo e fuga, fazendo com que os peixes utilizem suas reservas energéticas, diminuindo os teores de glicose e ATP *post mortem* e, conseqüentemente, o encurtamento do tempo de *rigor mortis* (VIÉGAS *et al.*, 2012).

Segundo Viégas *et al.* (2012) o abate dos peixes é um processo que pode ser realizado em um ou dois estágios. No primeiro, os animais são atordoados e insensibilizados; e, no segundo, ocorre o sacrifício, que pode ser realizado por diversos métodos. No entanto, os dois processos podem acontecer simultaneamente, isto é, com uma mesma técnica.

Existem inúmeros modos de sacrificar o peixe, tais como: por asfixia em gelo, anestesiados em gelo e água e ou por destruição do cérebro (ALMEIDA *et al.*, 2005) entre outras técnicas. Segundo Kildea *et al.* (2004) o eugenol pode ser utilizado na eutanásia de peixes.

O eugenol (2-methoxy-4-(2-propenyl) phenol) é uma das moléculas ativas extraídas do óleo de cravo, *Eugenia aromatica* (GUÉNETTE *et al.*, 2007). Ele tem sido usado durante séculos por suas características medicinais. Atualmente é aplicado como substância atrativa em produtos inseticidas, como substância antisséptica para a conservação de alimentos, como perfume em cosméticos e na produção de vanilina (SLAMEOVA *et al.*, 2009).

Entre as características desejáveis do eugenol para utilização no sacrifício de peixes pode-se citar o baixo custo (RENAULT *et al.*, 2011) a não apresentação de efeitos deletérios aos tecidos (GUÉNETTE *et al.*, 2007) o que mantém a qualidade do produto; e a rápida indução a anestesia profunda (HAJEK *et al.*, 2006), o que reduz o estresse nos instantes antes da morte, desta forma atrasando o início do *rigor mortis*.

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa do Índice de Rigor Mortis (IRM) da musculatura das tilápias do Nilo cultivadas em esgoto doméstico tratado com e sem depuração. Paralelamente, verifica-se a influência de duas diferentes formas de abate, por imersão em solução com eugenol e por hipotermia, nos resultados do mesmo índice (IRM).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As tilápias do Nilo utilizadas na avaliação do Índice de Rigor Mortis (IRM) foram cultivadas por um período de 95 dias em tanques abastecidos com efluentes de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). A ETE utiliza tecnologia de Lagoas de Estabilização composta por uma lagoa anaeróbia, uma facultativa e duas de maturação, funcionando em série. Está localizada no Centro de Pesquisa sobre Tratamento de Esgotos e Reúso de Águas, situada no município de Aquiraz, Ceará, Brasil.

Na Figura 1, é possível observar uma imagem de satélite que mostra o sistema de tratamento de esgoto acima citado, o qual fornece o esgoto utilizado no cultivo das tilápias utilizadas nesta pesquisa.

**Figura 1 – Imagem de satélite que mostra a estação de tratamento de esgoto (ETE) que utiliza tecnologia de Lagoas de Estabilização localizada no município de Aquiraz-CE, a qual forneceu o efluente utilizado no cultivo das tilápias do Nilo utilizadas na avaliação do Índice de Rigor Mortis.**



Fonte: Google Earth

Após o período de cultivo uma amostra aleatória das tilápias foi retirada e utilizada para estocar dois tanques de 50 m<sup>3</sup> de volume, um abastecido com água bruta subterrânea e o outro com esgoto doméstico tratado na ETE anteriormente descrita. Nesses foram estocadas, igualmente, tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*, revertidas sexualmente para machos, em uma densidade de 3 peixes/m<sup>3</sup> (150 peixes/viveiro), as quais foram mantidas durante cinco dias sem fornecimento de alimentação artificial.

Ao colocar os peixes provenientes de esgoto doméstico tratado no tanque abastecido com água bruta e privados de alimentação, intencionou-se promover a depuração dos contaminantes microbiológicos presentes nos mesmos.

No entanto, é válido salientar que ao final do cultivo foram realizadas análises para atestar a qualidade microbiológica do pescado produzido com o uso de efluentes domésticos tratados. Para tal avaliou-se a contaminação por *Salmonella* spp., *Staphylococcus* coagulase positiva, e coliformes termotolerantes no músculo, pele e brânquias das tilápias amostradas.

Foram utilizados como valores de referência a Resolução RDC nº 12 da ANVISA (BRASIL, 2001) e as diretrizes propostas pela FDA, agência americana responsável por controlar medicamentos e alimentos (U.S. Food and Drugs Administration – USFDA, 2011) para *Salmonella* spp., *Staphylococcus* coagulase positiva; e as recomendações propostas pela Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (ICMSF, 1986) para coliformes termotolerantes.

No intuito de verificar a influencia da forma de abate no IRM, foram testadas duas metodologias diferentes de abate, conforme descrito na Tabela 1:

**Tabela 1 – Referência consultada, descrição do processo e a forma de abate das tilápias utilizadas nos tratamentos experimentais para avaliação do IRM.**

Forma de Abate	Descrição	Referência
Com Eugenol	Imersão por 600 segundos em solução com concentração de 300 mg/L	Vidal et al. (2008)
Por Hipotermia	Imersão em água gelada, com gelo ocupando ¼ do volume	Albuquerque et al. (2004)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para cada tratamento experimental foram utilizados 15 peixes e se testou quatro hipóteses diferentes para a avaliação do IRM, conforme o descrito na Tabela 2:

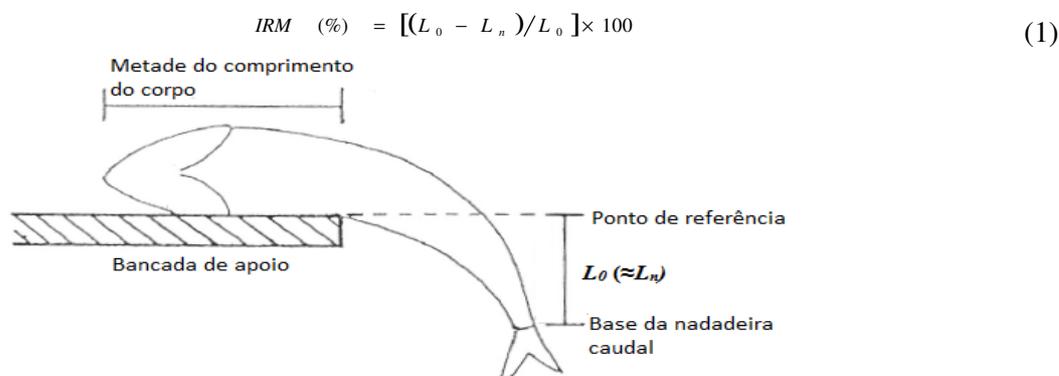
**Tabela 2 – Descrição dos quatro tratamentos experimentais utilizados para avaliação do IRM.**

Tratamento	Descrição	Forma de Abate
DE	Peixe depurado por 5 dias em água bruta	Com Eugenol
DH	Peixe depurado por 5 dias em água bruta	Por Hipotermia
EE	Peixe mantido no esgoto doméstico tratado	Com Eugenol
EH	Peixe mantido no esgoto doméstico tratado	Por Hipotermia

Fonte: Elaborada pelo autor.

O cálculo do IRM foi feito a partir da metodologia proposta por Bito *et al.* (1983) utilizando a Equação 1, de onde os valores utilizados na mesma são obtidos a partir da metodologia, ilustrada na Figura 2:

**Figura 2 – Ilustração da metodologia proposta pro Bito et al. (1983) para o cálculo Índice de Rigor Mortis (IRM).**



Fonte: Adaptado de Batista *et al.* (2004).

Legenda:  $L_0$  = leitura da distância inicial da base da nadadeira caudal a partir de linha horizontal do ponto de referência (mesa), medida tomada após a morte, e  $L_n$  = leitura da distância que separa a base da nadadeira caudal ao ponto de referência, a intervalos de tempos determinados.

Após a leitura inicial, os peixes foram identificados e acondicionados separadamente em quatro caixas isotérmicas (isopor), referentes a cada um dos tratamentos, devidamente identificados, contendo gelo, mantidos a temperatura média de  $4,2 \pm 1,1^\circ\text{C}$ .

Os valores do IRM foram submetidos à análise estatística e esta foi realizada com o *software BioEstat 5.0*, utilizando a Análise de Variância – ANOVA, e o teste de Tukey para significância de 5,0 % ( $p \leq 0,05$ ). Foram feitos os testes de *Lilliefors* e *Shapiro-Wilk* para a verificação da normalidade. Nas leituras em que os dados foram não paramétricos aplicou-se os testes de Kruskal-Wallis e Dunn.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, estão expostos os dados de peso médio (g) e comprimento total médio (cm) dos peixes usados na avaliação do IRM para os quatro tratamentos experimentais. Os resultados que apresentam a mesma letra entre os tratamentos experimentais não apresentaram diferença estatisticamente significativa para o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 3 – Peso médio (g) e comprimento total médio (cm) das tilápias do Nilo usadas na avaliação do IRM.**

Parâmetros Zootécnicos	DE	DH	EE	EH
Peso médio (g)	155,0±36,5a	150,8±36,6a	151,5±35,3a	148,0±37,5a
Comprimento médio (cm)	21,8±1,7a	20,4±1,4a	20,8±1,3a	19,9±1,7a

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 3, é possível observar os peixes utilizados no tratamento DE, o qual caracteriza bem todos os tratamentos testados, pois as tilápias do Nilo utilizadas no experimento apresentaram peso médio (g) e comprimento médio (cm) estatisticamente semelhante para os quatro tratamentos experimentais, como observado na Tabela 03. Essa condição é de grande importância, pois para garantir maior fidelidade nos valores do IRM torna-se necessário a medição em peixes de tamanho e peso semelhantes. Segundo Viégas e Souza (2004) os peixes menores dentro de uma mesma espécie apresentam o estado de *rigor mortis* mais cedo comparado aos peixes maiores.

**Figura 03 – Quinze tilápias do Nilo que compõem o espaço amostral do tratamento em que houve depuração e sacrifício com uso de eugenol (DE).**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação à contaminação microbiológica, não foi observada presença de *Salmonella* spp. (ausência/25g) em nenhum dos três tecidos analisados. Para *Staphylococcus* coagulase positiva todos os resultados foram abaixo de 3,0 UFC/g, sendo o valor de referência 10<sup>3</sup> UFC/g. Já para coliformes termotolerantes, cujo valor deve ser menor que 11,0 NMP/g, todas as amostras apresentaram valores menores que 10,0 NMP/g.

Desta forma, segundo os valores de referência da Resolução RDC nº 12 da Anvisa (BRASIL, 2001) e das diretrizes propostas pela FDA, agência (USFDA, 2011), e pela Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (ICMSF, 1986), o pescado utilizado no experimento apresentava condições sanitárias satisfatórias para o consumo humano.

El-Shafai *et al.* (2004) cultivando tilápias em águas residuárias obtiveram contaminação por coliformes termotolerantes entre 6,0 x 10<sup>2</sup> - 6,5 x 10<sup>3</sup> UFC/cm<sup>2</sup> para pele; 1,7 x 10<sup>3</sup> - 1,6 x 10<sup>4</sup> UFC/g para as brânquias, e <1,8-7,8 NMP/g para o músculo do pescado. Já Santos *et al.* (2009b), realizaram a alevinagem de tilápias em esgoto doméstico tratado, observaram contaminação por coliformes que variaram de 4,5 - 7,8 NMP g<sup>-1</sup> para pele, 14 - 24 NMP g<sup>-1</sup> e de 1,8 - 7,8 NMP g<sup>-1</sup> para o músculo, além de presença de *Salmonella* spp na brânquias e estafilococcus na pele (1,3x10<sup>3</sup> UFC/g). Esses resultados mostram que o pescado produzido neste experimento apresentou qualidade microbiológica superior, o que influencia positivamente na manutenção do frescor.

A morte dos peixes, tanto por hipotermia quanto por uso do eugenol, foi constatada com a observação da ausência plena de batimento do opérculo e do movimento da cauda. Após abatidos, os peixes permaneceram conservados em gelo até o final do experimento.

Quando os peixes são sacrificados por diferentes métodos levam a revelar diferentes IRM, alterando, assim, o tempo de entrada no *rigor mortis* (ROTH *et al.*, 2006).

Na Tabela 4 estão demonstrados os resultados das nove (09) medições do IRM feitas no decorrer das 170 horas do experimento. Resultados com mesma letra entre os tratamentos experimentais não apresentaram diferença estatisticamente significativa para o teste de Tukey (p ≤ 0,05).

**Tabela 4 – Valores de IRM e desvio padrão das nove leituras realizadas nos peixes dos quatro tratamentos durante as 170 horas de experimento.**

Hora da Leitura	IRM (%)			
	DE	DH	EE	EH
0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	16,6±13,3a	15,0±13,8 <sup>a</sup>	7,7±7,1a	12,6±8,4a
5	59,2±12,5a	50,5±18,2ab	30,1±11,8c	41,5±16,2bc
25	75,4±10,1a	81,2±10,5 <sup>a</sup>	77,7±10,1a	74,2±7,3a
77	90,0±6,7a	82,6±9,2b	94,8±5,3a	81,5±4,7b
97	80,8±3,7a	78,2±5,8 <sup>a</sup>	83,2±7,1a	81,5±3,9a
125	75,9±5,4a	78,4±11,6 <sup>a</sup>	81,5±6,6a	80,2±6,2a
147	73,1±8,4a	72,8±11,7 <sup>a</sup>	78,5±5,2a	75,7±4,4a
170	60,2±11,5a	63,6±11,0a	69,0±9,5a	65,7±9,2a

Fonte: Elaborada pelo autor.

DE: Depuração e abate com eugenol; DH: Depuração e abate por hipotermia; EE: Sem depuração e abate com eugenol; EH: Sem depuração e abate por hipotermia.

É possível observar que os resultados apresentaram diferença estatisticamente significativa apenas nas medições referentes às 05 e 77 horas de experimento. Às 05 horas observa-se que o DE apresentou resultado mais alto dentre os tratamentos ( $59,2 \pm 12,5$ ), porém não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparado ao DH ( $50,5 \pm 18,2$ ). Este último não se diferenciou estatisticamente do EH ( $41,5 \pm 16,2$ ), que por sua vez não foi estatisticamente diferente do EE ( $30,1 \pm 11,8$ ), o qual apresentou diferença estatisticamente significativa ao ser comparado com os dois primeiros.

Estes resultados mostram que as características próprias de cada tratamento provocaram diferenças no tempo de início do *rigor mortis*, desta forma podemos dizer que até 5 horas, após o abate, a tilápia mantida em esgoto tratado que foi sacrificada com o uso do eugenol se manteve com maior frescor.

Às 77 horas observa-se que os quatro tratamentos apresentaram o rigor mais alto registrado. O EE apresentou o valor mais alto entre os tratamentos ( $94,8 \pm 5,3$ ), porém, esse valor não foi estatisticamente diferente do DE ( $90,0 \pm 6,7$ ). Os resultados de DH ( $82,6 \pm 9,2$ ) e EH ( $81,5 \pm 4,7$ ) não apresentaram diferença significativa quando comparado entre eles, porém é diferente em relação aos dois primeiros. Assim, após 77 horas de armazenamento da tilápia em gelo, as amostras que foram provenientes do tratamento EE se encontravam em melhor estado de frescor.

É válido salientar que a medição de 77 horas foi a que apresentou os maiores valores de IRM obtidos no experimento, no entanto, é sabido que o rigor pleno é o valor de IRM de 100%. A medição exatamente posterior às 77 horas foi a de 97 horas, a qual apresentou valores de IRM menores que a anterior. Esse fato indica que o rigor pleno ocorreu pouco antes ou pouco depois das 77 horas, demonstrado pela tendência decrescente dos resultados após este ponto.

Para tambaqui, *Collossoma macropomum*, sacrificados por asfixia e mantidos em gelo, o rigor pleno aconteceu aos 30 minutos após a morte (ALMEIDA *et al.*, 2005). Para matrinxãs, *Brycon cephalus*, sacrificadas e mantidas em gelo, o rigor pleno aconteceu aos 75 minutos após a morte (LESSI *et al.*, 2004). Kirschnik *et al.* (2000 *apud* VIÉGAS; SOUZA, 2004) observaram que em tilápias abatidas com e sem estresse e conservadas a 0°C, o rigor pleno ocorreu às 12 e 14 horas, respectivamente. Oliveira (2007), avaliando a qualidade do pirarucu conservado em gelo, observou que o rigor máximo foi atingido 60 minutos após o abate dos peixes.

Esses resultados apontam que ambas as técnicas utilizadas no presente trabalho, para sacrifício das tilápias foram eficazes, conseguindo retardar o tempo necessário para chegada ao rigor máximo. Porém, o uso do eugenol apresentou o melhor resultado, pois os dois tratamentos, que o utilizaram (DE e EE) alcançaram os maiores resultados de IRM. De acordo com os autores

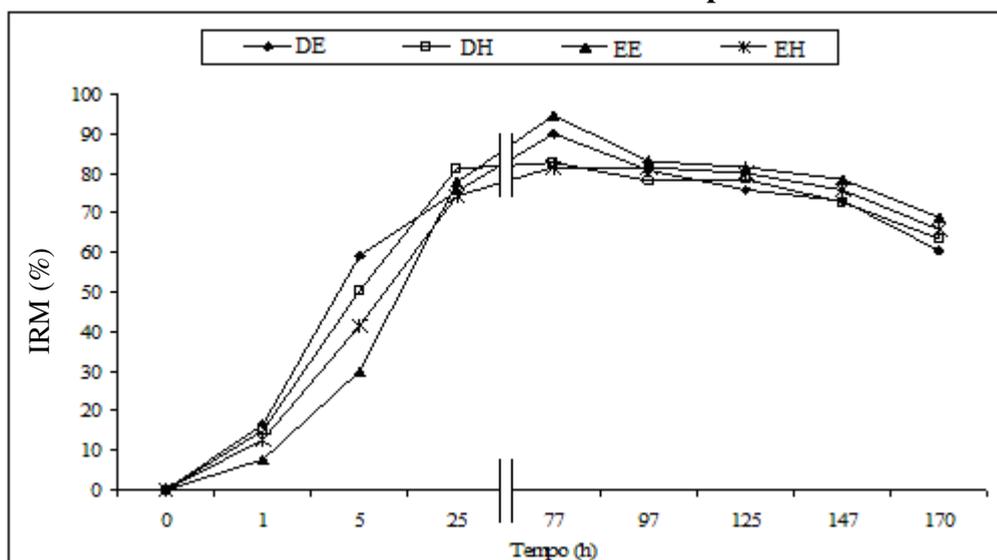
Soto e Burhanuddin (1995), Tort *et al.* (2002), Kildea *et al.* (2004) e Inoue *et al.* (2005), o eugenol pode reduzir o estresse em peixes, além de apresentar efeitos anti-sépticos.

Conhecer o tempo de *rigor mortis* da tilápia cultivada em esgoto doméstico tratado leva a conhecer o melhor manejo para o processamento desse pescado, principalmente na produção de filé do peixe, tendo em vista que a retirada de filés no período *pré-rigor* melhora significativamente a qualidade de atributos como textura e cor em filés frescos (SKJERVOLD *et al.*, 2001, RØRA *et al.*, 2004).

Um valor de IRM mais elevado ocasiona uma resolução de rigor mais demorada, mantendo o pescado com um maior grau de frescor por um período mais prolongado. Às 170 horas de experimento foi observado que, apesar de os quatro tratamentos não apresentarem diferença estatisticamente significativa, o EE apresentou o maior valor de IRM entre eles ( $69,0 \pm 9,5$ ) seguido pelo EH ( $65,7 \pm 9,2$ ), DH ( $63,6 \pm 11,0$ ) e por último o DE ( $60,2 \pm 11,5$ ).

A Figura 4 mostra as curvas de desenvolvimento do IRM, dos quatro tratamentos experimentais, durante as 170 horas de experimento.

**Figura 4 – Curvas de desenvolvimento do IRM medidas nas tilápias do Nilo dos quatro tratamentos durante as 170 horas de experimento.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: DE: Depuração e abate com eugenol; DH: Depuração e abate por hipotermia; EE: Sem depuração e abate com eugenol; EH: Sem depuração e abate por hipotermia.

Nos peixes não alimentados antes da captura, o tempo para o início do rigor é mais reduzido devido à falta de estoque de energia no músculo (VIÉGAS; SOUZA, 2004). Possivelmente, o período de depuração, 05 (cinco) dias sem receber alimentação artificial, tenha influenciado no tempo de entrada, saída e permanência do *rigor mortis*. Kubitza (1999) relata que para o bagre do canal *Ictalurus punctatus*, um período de 06 (seis) dias de depuração em temperatura de 26°C ocasiona perda de peso de 15%.

Por esse motivo o período de depuração deve ser estabelecido de forma a ser o menor possível, para isso deve ser levado em consideração o contaminante que se deseja depurar; as condições ambientais predominantes, principalmente temperatura da água; as condições nutricionais do peixe e a espécie que se está trabalhando.

#### **4 CONCLUSÕES**

Não se observou diferença na evolução do *rigor mortis* entre as tilápias que foram sacrificadas diretamente ao sair do esgoto doméstico tratado e as que passaram pelo período de 05 (cinco) dias de depuração. Os peixes sacrificados com o uso de eugenol (300 mg/L) alcançaram um maior valor do IRM quando comparados aos que foram sacrificados por hipotermia. Ao final do experimento, os peixes retirados dos quatro tratamentos experimentais apresentavam valores de IRM sem diferença estatisticamente significativa. Porém, o tratamento que utilizou o eugenol para sacrificar os peixes, retirados diretamente do esgoto doméstico tratado, foi o que apresentou maior valor de IRM. Isso aconteceu pela junção da ação anestésica e antisséptica do eugenol, que tanto diminuiu o estresse antes da morte como proporcionou diminuição da carga microbiana no pescado.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem aos Programas Prosab / Finep, ao CNPq, e à Cagece (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) pelo apoio para realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N.M. *et al.* Determinação do índice de *rigor-mortis* e sua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (*Colossoma macropomum*), de piscicultura e conservados em gelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 698-704, mai-jun, 2005.
- BALASUBRAMANIAN, S., PAPPATHI, R., RAJ. S.P. An energy budget and efficiency of sewage-fed fish ponds. **Bioresource Technology**, v. 52, n. 2, p. 145-150, 1995.
- BATISTA, G.M., LESSI, E., KODAIRA, M., FALCÃO, P.T. Alterações bioquímicas *post-mortem* de matrinxã *Brycon cephalus* (GÜNTHER, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 573-581, out-dez, 2004.
- BITO, M. *et al.*, Studies on rigor mortis of fish – I, Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified Cutting’s method. **Bull Tokai Reg. Fish. Res. Lab.**, n. 109, p. 89-96, 1983.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2001). Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 jan. 2001.
- CONTRERAS, E.S.G. **Bioquímica de Pescados e Derivados**. FUNEP, Jaboticabal, 1994.
- EL-SHAFI, S. A.; GIJZEN, H. B.; NASR, F. A.; EL-GOHARY, F. A. Microbial quality of tilapia reared in fecal-contaminated ponds. **Environmental Research**, v. 95, n. 2, p. 231–238, jun, 2004.
- FDA - Food and Drug Administration. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance; Fourth Edition, April 2011. 476 p.
- GUÉNETTE, S.A.; UHLAND, F.C.; HÉLIE, P.; BEAUDRY, F.; VACHON P. Pharmacokinetics of eugenol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 266, n. 1, p. 262–265, jun, 2007.
- GHOSH, C.; FRIJNSB, J.; LETTINGA. G, Performance of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) dominated integrated post treatment system for purification of municipal waste water in a temperate climate. **Bioresource Technology**, v. 69, n. 3, p. 255-262, set, 1999.
- GHOSH, C. Integrated vermin-pisciculture – an alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. **Bioresource Technology**, v. 93, n. 1, p. 71-75, mai, 2004.
- HAJEK, G.J.; KLYSZEJKO, B.; DZIAMAN, R, The anaesthetic effect of clove oil on common carp. *Cyprinus carpio* L, **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 36, n. 2, p. 93-97, 2006.
- HOSSETTI, B.B.; FROST, S. A review of the sustainable value of effluents and sludges from wastewater stabilization ponds. **Ecological Engineering**. Local, v. 5, n. 4, p. 421-431, dez, 1995.
- ICMSF. International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1986, Micro-organisms in Foods 2 –Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific. 2<sup>nd</sup> Edition, Blackwell Scientific Publications. Available at: <http://www.icmsf.org/pdf/icmsf2.pdf>; Accessed on: Feb. 11, 2012.
- INOUE, L.A.K.A. *et al.* Efeito do óleo de cravo na resposta de estresse do matrinxã (*Brycon cephalus*) submetido ao transporte. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 289-295, abr-jun, 2005.
- KHALIL, M.T.; HUSSEIN, H.A. Use of waste water for aquaculture: an experimental field study at a sewage-treatment plant, Egypt. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 28, n. 11, p. 859 – 865, nov, 1997.
- KILDEA, J. *et al.* Accumulation and clearance of the anesthetics clove oil and Aqu-S<sup>TM</sup> from the edible tissue of silver perch (*Bidyanus bityanus*). **Aquaculture**. Amsterdam, v. 232, n. 1-4, p. 265-277, jun, 2004.
- KUBITZA, F. “Off-flavor”, nutrição, manejo alimentar e manuseio pré-abate afetam a qualidade do peixe destinado à mesa. **Panorama da Aqüicultura**, v. 09, n. 54, p. 39-49, jul-ago, 1999.
- MOHAMED, Z.A.; HUSSEIN, A.A. Depuration of microcystins in tilapia fish exposed to natural populations of toxic cyanobacteria: A laboratory study. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 63, n. 3, p. 424–429, mar, 2006.
- VIÉGAS, E.M.M.; SOUZA, M.L.R. Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO, J.E.P. *et al.* (Ed.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004, p. 405-481.

- VIÉGAS, E.M.M. *et al.* Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. **Arch. Zootec.**, v. 61 (R), p. 41-50, 2012.
- OLIVEIRA, P.R. **Qualidade do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) procedente de piscicultura, estocado em gelo, congelado e de seus produtos derivados.** 2007. 130f. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais da Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2007.
- OYOO-OKOTH, E.; ADMIRAAL, W.; OSANO, O.; KRAAK, M.H.S.; WERE-KOGOGO, P.J.A.; GICHUKI, J.; NGURE, V.; MAKWALI, J.; OGWAI, C. Dynamics of metal uptake and depuration in a parasitized cyprinid fish (*Rastrineobola argentea*). **Aquatic Toxicology**, v. 124–125, n.?, p. 34–40, nov, 2012.
- PHAN-VAN. M.; ROUSSEAU, D.; DE PAUW. N, Effects of fish bioturbation on the vertical distribution of water temperature and dissolved oxygen in a fish culture-integrated waste stabilization pond system in Vietnam. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 281, n. 1-4, p. 28-33, set., 2008.
- RENAULT, S.; DAVERAT, F.; PIERRON, F.; GONZALEZ, P.; DUFOUR, S.; LANCELEUR, L.; SCHÄFER, J.; BAUDRIMONT, M. The use of Eugenol and electro-narcosis as anaesthetics: Transcriptional impacts on the European eel (*Anguilla anguilla* L.). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 6, p. 1573–1577, set, 2011.
- RIEDEL, G. **Controle Sanitário dos Alimentos**. São Paulo, 3.ed. 2005.
- RØRA, A.M.B. *et al.* Salt diffusion in pre-rigor filleted Atlantic salmon. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 232, n. 1-4, p. 255 – 263, abr, 2004.
- ROTH, B.; SLINDER, E.; ARILDSEN, J. Pre or post mortem muscle activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*), The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 257, n. 1-4, p. 504 – 510, jun, 2006.
- SANTOS, E.S. *et al.* Cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado, com diferentes taxas de alimentação. **Revista DAE**, v. 180, p. 4-11, mai, 2009a.
- SANTOS, E.S. *et al.* Crescimento e qualidade dos alevinos de tilápia do Nilo produzidos em esgoto doméstico tratado. **Revista Ciência Agronômica**. v. 40, n. 2, p. 232-239, abr-jun, 2009b.
- SKJERVOLD, P.O. *et al.* Effects of pre- in- or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 194, n. 3-4, p. 315–326, mar, 2001.
- SLAMEOVA, D., HORVATHOVA, E., WSOLOVA, L., SRAMKOVA, M., NAVAROVA, J., Investigation of anti-oxidative, cytotoxic, DNA-damaging and DNA-protective effects of plant volatiles eugenol and borneol in human-derived HepG2, Caco-2 and VH10 cell lines. **Mutat. Res.: Genet. Toxicol. Environ. Mutagenes.**, v. 677, n. 1–2, p. 46-52, jun-jul, 2009.
- SOTO, C.; BURHANUDDIN, G. Clove oil as a fish anaesthetic for measuring length and weight of rabbitfish (*Siganus lineatus*). **Aquaculture**, Amsterdam. v. 136, n. 1-2, p. 149-152, nov, 1995.
- TORT, L. *et al.* Cortisol and haematological response in sea bream and trout subjected to the anesthetics clove oil and 2-phenoxyethanol. **Aquaculture Research**, Oxford. v. 33, n. 11, p. 907-910, set, 2002.